

# Kansen voor Duurzaam Zuidbroek fase 2

Eindrapport

1 juni 2018



WEERBOUY XATCH

## Colofon

|                |   |   |
|----------------|---|---|
| Titel          | . | Kansen voor Duurzaam Zuidbroek fase 2   |
| Client         | . | Gemeente Wierden  |
| Status         | . | Eindrapport   |
| Date           | . | 1 juni 2018   |
| Project number | . |   |
| Project team   | . | Jaap de Boer – duurzame energie expert<br>Hans Scholten – duurzame energie expert |
| Contact        | . | <a href="http://www.energy-watch.nl">www.energy-watch.nl</a>                      |

## Disclaimer

Report: No rights can be derived from this report. The authors are not responsible for possible errors or consequences. Additions or corrections are welcome at [info@energy-watch.nl](mailto:info@energy-watch.nl)

# Inhoudsopgave

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Inleiding</b> .....  | <b>4</b>  |
| <b>2</b> | <b>Beschrijving Zuidbroek, deelgebied 2</b> .....                         | <b>5</b>  |
| <b>3</b> | <b>Trends en ontwikkelingen van energie in de gebouwde omgeving</b> ..... | <b>7</b>  |
| 3.1      | Ontwikkeling energieprijzen .....   | 7         |
| 3.2      | Elektriciteitsverbruik van huishoudens in Nederland .....                 | 8         |
| 3.3      | Gasverbruik van huishoudens in Nederland .....                            | 9         |
| 3.4      | Bouwnormen in relatie tot energieverbruik .....                           | 10        |
| 3.4.1    | EPC.....  | 10        |
| 3.4.2    | BENG.....   | 11        |
| 3.4.3    | NOM .....   | 11        |
| 3.5      | Bruto energieverbruik van nieuwbouwwoningen .....                         | 12        |
| 3.6      | Aardgasvrije wijken .....   | 13        |
| 3.7      | Wetgeving betreffende gasaansluiting .....                                | 14        |
| 3.8      | Warmtenetten.....   | 15        |
| 3.9      | Warmtepompen.....   | 15        |
| 3.10     | Opkomst zonne-energie.....  | 18        |
| 3.11     | Elektrisch vervoer.....   | 21        |
| <b>4</b> | <b>Bouwstenen voor een duurzame energievoorziening</b> .....              | <b>23</b> |
| 4.1      | Bouwstenen passend bij Zuidbroek fase 2.....                              | 23        |
| 4.1.1    | Zon-thermisch .....   | 23        |
| 4.1.2    | Zon-PV .....  | 24        |
| 4.1.3    | Warmtepompen.....   | 26        |
| 4.1.4    | Warmte uit het riool (riothermie).....                                    | 27        |
| 4.2      | Overige bouwstenen .....  | 28        |
| 4.2.1    | Windturbines.....   | 28        |
| 4.2.2    | Smart grids .....   | 28        |
| 4.2.3    | Infraroodpanelen .....  | 28        |
| 4.2.4    | Waterstofgas .....  | 29        |
| 4.2.5    | Pelletkachels.....  | 30        |
| 4.2.6    | Thuisbatterij (opslag elektriciteit) .....                                | 31        |
| 4.2.7    | Groen gas .....   | 32        |
| <b>5</b> | <b>Scenario's voor een duurzame energievoorziening</b> .....              | <b>33</b> |
| 5.1      | Uitgangspunten scenario's.....  | 33        |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 5.2      | Beoordelingscriteria voor de scenario's.....                               | 33        |
| 5.3      | Definitie van de scenario's .....  | 35        |
| 5.3.1    | Scenario 0: Basis.....   | 36        |
| 5.3.2    | Scenario 1a: Zuinig met gas: Warmte van de zon .....                       | 36        |
| 5.3.3    | Scenario 1b: Zuinig met gas: Hybride warmtepomp.....                       | 36        |
| 5.3.4    | Scenario 1c: Zuinig met gas: Warmte van de zon en hybride warmtepomp ..... | 37        |
| 5.3.5    | Scenario 2: Collectieve warmte: Riolthermie.....                           | 37        |
| 5.3.6    | Scenario 3a: Alles elektrisch: Beperkte investeringen .....                | 38        |
| 5.3.7    | Scenario 3b: Alles elektrisch: Laag verbruik.....                          | 39        |
| 5.3.8    | Scenario 3c: Alles elektrisch: Klaar voor de toekomst .....                | 40        |
| 5.3.9    | Samenvatting scenario's .....  | 40        |
| <b>6</b> | <b>Analyse van de scenario's .....</b>                                     | <b>41</b> |
| 6.1      | Duurzaamheid.....  | 41        |
| 6.2      | Kosten / economische haalbaarheid.....                                     | 45        |
| 6.3      | Organiseerbaarheid.....  | 50        |
| 6.4      | Comfort .....  | 53        |
| 6.5      | Samenvatting van de beoordeling .....                                      | 54        |
| <b>7</b> | <b>Afwegingen en aanbevelingen .....</b>                                   | <b>55</b> |
| 7.1      | Afwegingen van de scenario's.....  | 55        |
| 7.1.1    | Scenario 0: Basis.....   | 55        |
| 7.1.2    | Scenario's 1a, 1b en 1c: Zuinig met gas.....                               | 55        |
| 7.1.3    | Scenario 2: Riolthermie .....  | 56        |
| 7.1.4    | Scenario's 3a, 3b en 3c: Alles elektrisch.....                             | 56        |
| 7.1.5    | Combinatie van scenario's .....  | 57        |
| 7.2      | Aanbevelingen.....   | 58        |
| 7.2.1    | Energie-infrastructuur.....  | 58        |
| 7.2.2    | Energie-systemen.....  | 59        |
| 7.2.3    | Overig .....   | 59        |
| <b>8</b> | <b>Bibliografie.....</b>   | <b>61</b> |

# 1 Inleiding

De Gemeente Wierden heeft in september 2017 hernieuwd beleid vastgesteld voor de periode 2018-2022 op het gebied van Duurzame Energie, zoals beschreven in het beleidsdocument 'Beleidsbijstelling Duurzame Energie in Wierden 2011-2020, augustus 2017'. Hierbij heeft de raad gekozen voor scenario C: 'Volop Zon, Ruimte voor Wind'. Om hier invulling aan te geven is ook het 'Uitvoeringsprogramma Duurzame Energie Wierden 2018-2022' vastgesteld. Hierin wordt een groot aantal actiepunten opgesomd, om de doelstellingen te bereiken. Enkele van deze actiepunten zijn van toepassing op de nieuwbouw van woningen.

De Gemeente Wierden staat nu voor de opgave om concrete invulling te geven aan de nieuwe te bouwen wijk Zuidbroek, deelgebied 2. Bij de ontwikkeling hiervan heeft Wierden de ambitie om dit zo duurzaam mogelijk te doen, en zo mogelijk zonder aardgasaansluiting. Om dit te bereiken zijn er voor de energievoorziening van deze wijk een aantal keuzes te maken. In onderliggend document worden deze keuzemogelijkheden in kaart gebracht, in de vorm van een aantal scenario's. Deelgebied 2 bestaat uit drie fasen. In dit document staat fase 2 centraal.

Voor deze scenario's wordt ook gebruik gemaakt van het werk van medewerkers van Tauw, die de lokale mogelijkheden voor warmte in kaart hebben gebracht, en de mogelijkheden van een collectief systeem voor warmtevoorziening hebben onderzocht.

In hoofdstuk 2 wordt een beschrijving gegeven van de wijk Zuidbroek, deelgebied 2.

In hoofdstuk 3 worden een aantal relevante trends en ontwikkelingen beschreven op energiegebied in de gebouwde omgeving.

Op basis hiervan worden in hoofdstuk 4 bouwstenen beschreven die gebruikt kunnen worden voor de energievoorziening van de wijk.

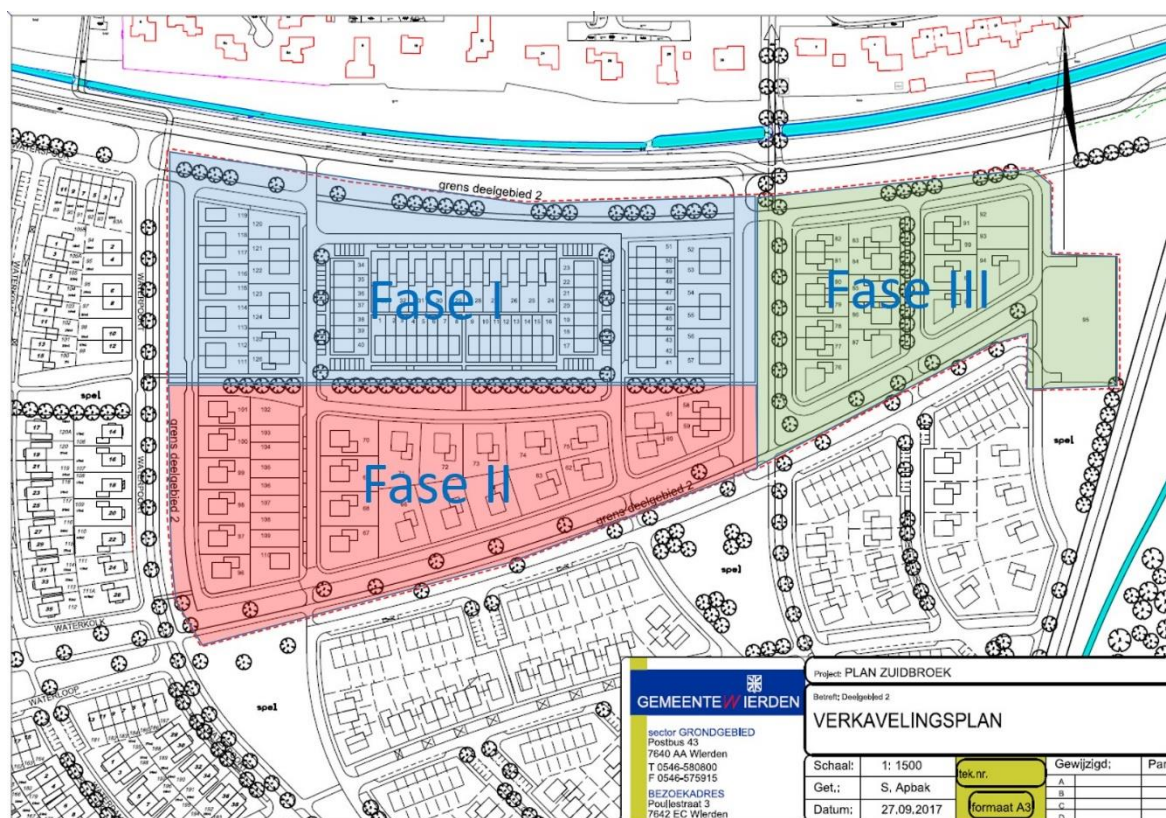
Deze bouwstenen worden verwerkt in hoofdstuk 5 in een aantal realistische scenario's, die de basis zijn voor de keuzemogelijkheden.

Hoofdstuk 6 geeft een analyse van de scenario's.

Afwegingen en aanbevelingen worden beschreven in hoofdstuk 7.

# 2 Beschrijving Zuidbroek, deelgebied 2

De wijk Zuidbroek bestaat uit drie deelgebieden, waarvan deelgebied 1 aan de westzijde enkele jaren geleden is gerealiseerd. Deelgebied 2 is in ontwikkeling en deelgebied 3 komt in een later stadium aan de orde. In dit document gaat het om deelgebied 2. Deelgebied 2 is opgedeeld in fasen I, II en III. Een kaart van deelgebied 2 is opgenomen in Figuur 2-1.



Figuur 2-1: Zuidbroek deelgebied 2, fasen I, II en III

## Fase 1

Fase 1 bestaat uit 73 woningen. Hiervan is een deel vrijstaand, een deel half-vrijstaand en een deel woningen in een rij. Een groot deel van de woningen is reeds verkocht. De start van de bouw staat gepland voor april 2018. Het ontwerp van de wijk en van de huizen ligt grotendeels vast. De huizen worden gebouwd volgens de huidige bouwnormen, d.w.z. met een EPC lager of gelijk aan 0,4 (zie ook paragraaf 3.4.1). Voor fase 1 is reeds een gasnet aangelegd waar de huizen op aangesloten zullen worden. De planning voor fase 1 biedt geen ruimte meer voor verschillende energie-scenario's.

### *Fase 2*

Fase 2 bestaat uit circa 33 woningen, waarvan een groot deel (23) vrijstaand en 2 half-vrijstaand. De resterende 8 woningen zijn nog niet ingevuld. Dit gebied is bouwrijp gemaakt, waarbij ook reeds een gasnet is aangelegd. De start van de bouw staat gepland voor 2020 of 2021. Voor fase 2 is nog ruimte in de planning voor verschillende energiescenario's.

In dit document staat fase 2 centraal in alle scenario's en analyses.

### *Fase 3*

Fase 3 bestaat uit 19 kavels voor vrijstaande of half-vrijstaande woningen. Daarnaast is aan de oostkant ruimte gereserveerd voor een appartementencomplex van circa 40 appartementen. Dit gebied is nog niet bouwrijp gemaakt. Fase 3 wordt ontwikkeld na fase 2. Er is ruimte voor verschillende energiescenario's.

# 3 Trends en ontwikkelingen van energie in de gebouwde omgeving

De gebouwde omgeving is verantwoordelijk voor 40% van de energieconsumptie en CO<sub>2</sub>-productie van Nederland en speelt dus een grote rol spelen in de energietransitie en het oplossen van het klimaatprobleem. De realisatie van de gestelde doelstellingen op dit gebied blijft echter achter. Dit heeft verschillende oorzaken. Technisch is al veel mogelijk, maar echte opschaling vergt een combinatie van urgentie, het aandragen van doeltreffende, rendabele oplossingen die aansluiten bij sociale en maatschappelijke ontwikkelingen en het nemen van (moeilijke) beslissingen.

In dit proces wordt vaak de nadruk gelegd op veelbelovende innovaties die een radicale verandering teweeg kunnen brengen en waarbij aandacht wordt gegeven aan veelbelovende, maar onzekere claims die ver in de toekomst liggen. De realiteit is echter dat het overgrote deel van de succesvolle oplossingen van morgen, vandaag al bestaan, maar nog onvoldoende schaalgrootte hebben om ook als zodanig te worden herkend. Vaak vergt succesvol vooruitkijken slechts het doortrekken van huidige trends en het analyseren van de mogelijke gevolgen.

In dit hoofdstuk worden de ontwikkelingen en trends geschetst rondom energie in de gebouwde omgeving.

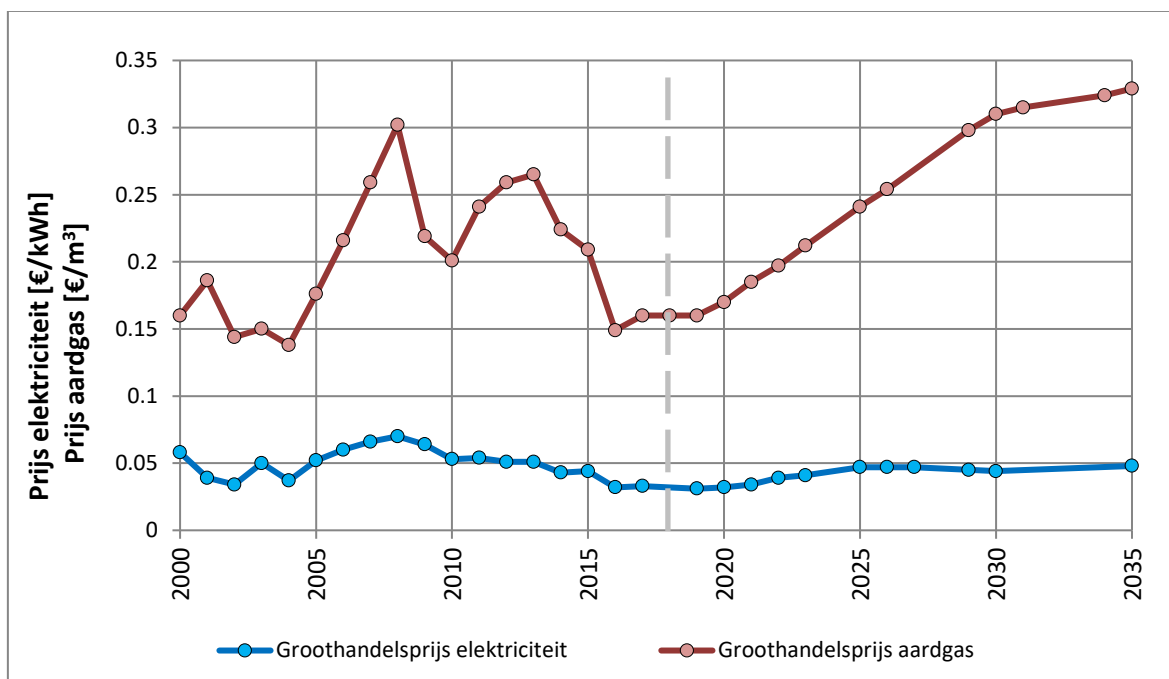
## 3.1 Ontwikkeling energieprijzen

Een groot aantal factoren beïnvloeden de elektriciteits- en gasprijs, zoals bijvoorbeeld de brandstofprijzen, het opgestelde vermogen, veranderingen in de vraag en het energiebeleid in de ons omringende landen. De Nationale Energieverkenning 2017 [1], heeft onderzoek gedaan naar hoe de groothandelsenergieprijzen zich hebben ontwikkeld sinds 2000, hoe ze nu zijn en wat ze naar verwachting zullen worden tot 2035.

De eerstkomende jaren blijft de groothandelsprijs voor elektriciteit in het vooruitzicht relatief laag, vanwege aanhoudend lage brandstofprijzen, overcapaciteit in het aanbod en groei van de productie van hernieuwbare energie in Nederland en Duitsland. Na 2020 is de verwachting dat de elektriciteitsprijs zal stijgen onder invloed van de stijgende brandstofprijzen en afname van de overcapaciteit.

In verband met de aardbevingsproblematiek is de gaswinning in het Groningerveld tussen 2013 en 2017 met bijna de helft teruggeschoefd. Daarbij is ook de prijs voor aardgas op de markt sterk gedaald. De daling van de gasprijzen werd veroorzaakt door de lage olieprijs en door een beperkte groei van de wereldwijde gasvraag, in combinatie met een ruim aanbod uit het buitenland. De verwachting is echter dat de bodem van de gasprijs is bereikt. Omdat gas een relatief schone en goedkope brandstof is, zal de vraag naar verwachting weer gaan groeien. Deze groei zal waarschijnlijk minder sterk zijn dan we in de afgelopen decennia gezien hebben, Figuur 3-1.





Figuur 3-1: Ontwikkeling marktprijs elektriciteit en aardgas. Bron: NEV 2017

Echter, de voorziene fluctuaties in de groothandelsprijzen zullen slechts beperkt doorwerken in de uiteindelijke consumentenprijzen voor elektriciteit en gas. Ten opzichte van de groothandelsprijzen liggen de consumentenprijzen gemiddeld 5 keer hoger door toevoeging van netbeheerkosten, BTW, belastingen, Opslag Duurzame Energie (ODE) en marges van energieleveranciers.

Voor huishoudens die nog aangesloten zijn op gas is de verwachting dat de energienota vanaf 2020 zal meestijgen met de verwachte stijging in gasprijzen.

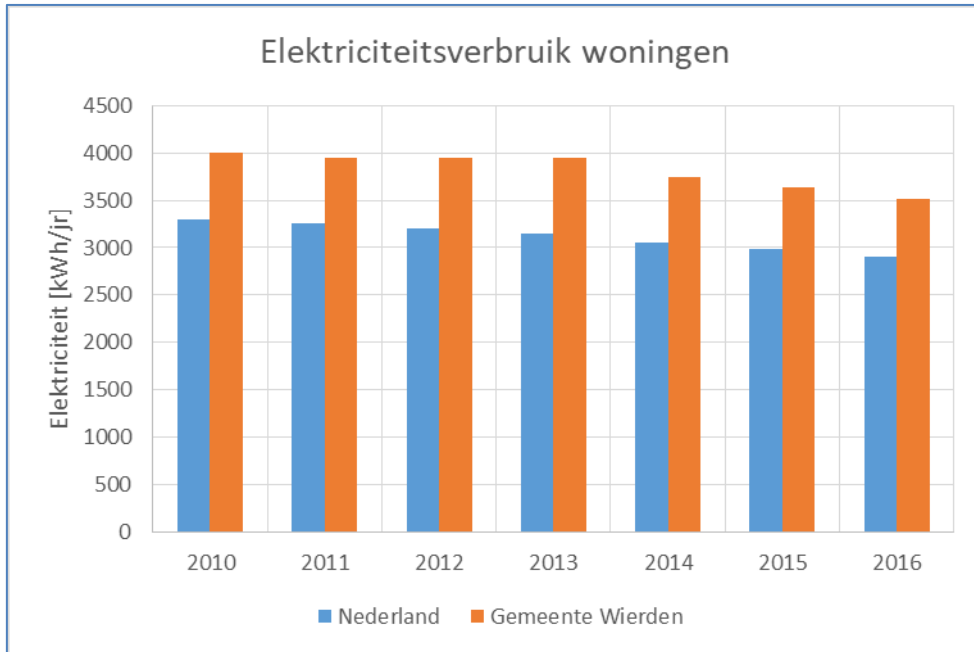
### 3.2 Elektriciteitsverbruik van huishoudens in Nederland

In Figuur 3-2 is het gemiddelde elektriciteitsverbruik per huishouden van 2010 t/m 2016 weergegeven. Hieruit blijkt dat de laatste jaren het elektriciteitsverbruik per huishouden in Nederland geleidelijk afneemt, van circa 3300 kWh naar 2900 kWh per jaar, vooral veroorzaakt doordat huishoudelijke apparaten zoals koelkasten en wasmachines zuiniger zijn geworden.

Figuur 3-2 geeft naast het gemiddelde in Nederland, ook het gemiddelde elektriciteitsverbruik per huishouden in de gemeente Wierden. Het gemiddelde in de gemeente ligt iets hoger dan in Nederland, vooral veroorzaakt door de relatief grotere woningen ten opzichte van het gemiddelde in Nederland. Ook in de gemeente neemt het elektriciteitsverbruik geleidelijk af.

Een tegengestelde trend is de opkomst van elektrische ruimteverwarming (warmtepompen) en elektrische auto's. Hiermee wordt het gebruik van aardgas resp. diesel en benzine (deels) vervangen door het gebruik van elektriciteit. Het is de verwachting dat deze zogenoemde elektrificatie er toe leidt dat het gemiddelde elektriciteitsverbruik per huishouden over een aantal jaar weer zal stijgen<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Bron: Nationale Energieverkenning, ref. [1].



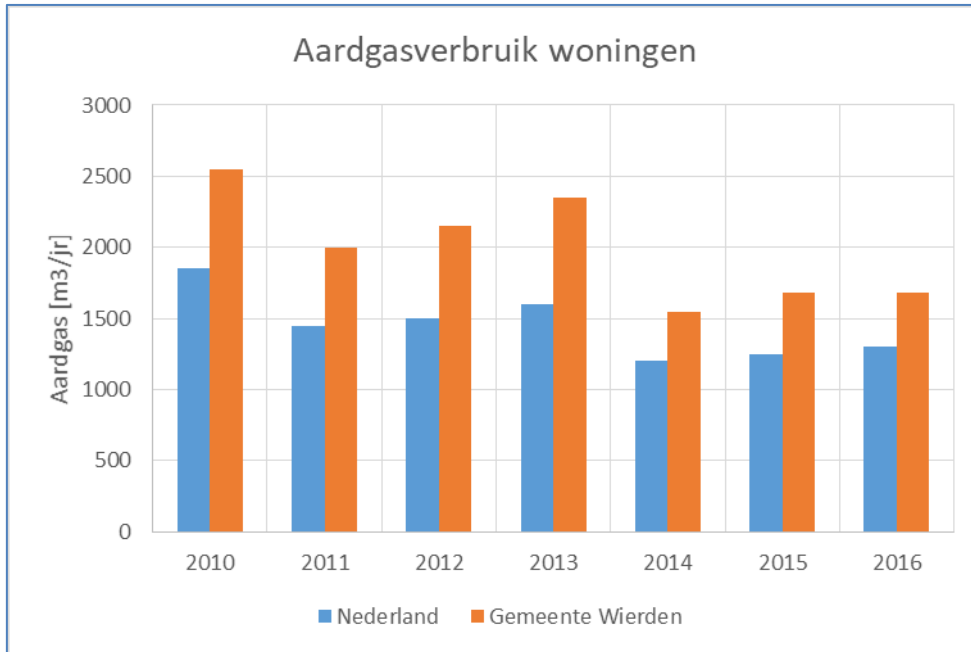
Figuur 3-2 Trend van elektriciteitsverbruik woningen in Nederland en gemeente Wierden. Bron: CBS Statline.

### 3.3 Gasverbruik van huishoudens in Nederland

In Figuur 3-3 is het gemiddelde aardgasverbruik per huishouden van 2010 t/m 2016 weergegeven. Hieruit het aardgasverbruik per huishouden in Nederland afneemt, van circa 1850 m<sup>3</sup> in 2010 naar 1300 m<sup>3</sup> per jaar in 2016. Naast een duidelijk dalende trend is ook een variatie te zien, veroorzaakt door de afwisseling van koudere en zachtere winters. De dalende trend wordt vooral veroorzaakt door goed-geïsoleerde nieuwe woningen die slecht-geïsoleerde oude woningen vervangen, en door isolerende maatregelen in de bestaande bouw.

Figuur 3-2 geeft naast het gemiddelde in Nederland, ook het gemiddelde aardgasverbruik per huishouden in de gemeente Wierden. Het gemiddelde in de gemeente ligt hoger dan in Nederland, vooral veroorzaakt door de relatief grotere woningen ten opzichte van het gemiddelde in Nederland. Ook in de gemeente neemt het elektriciteitsverbruik geleidelijk af.

Een versterkende trend is de opkomst van elektrische ruimteverwarming (warmtepompen) waarmee het gebruik van aardgas wordt vervangen het gebruik van elektriciteit. Het is de verwachting dat deze trend pas over een aantal jaar zichtbaar zal zijn in de gemiddelde cijfers.



Figuur 3-3: Trend van aardgasverbruik woningen in Nederland en gemeente Wierden. Bron: CBS Statline.

### 3.4 Bouwnormen in relatie tot energieverbruik

De bouwnormen spelen een belangrijke rol in het terugdringen van energieverbruik. In de afgelopen decennia zijn de normen voor nieuwbouw voortdurend aangescherpt, wettelijk vastgelegd in het Bouwbesluit.

#### 3.4.1 EPC

Een belangrijk kernbegrip daarbij is de Energieprestatiecoëfficiënt, ofwel EPC. Dit begrip is in de jaren negentig geïntroduceerd als methode om energieprestatie van woningen (en andere gebouwen) te karakteriseren. Uitgangspunt daarbij was het gemiddeld energieverbruik van een gemiddelde nieuwbouwwoning uit 1990. Een EPC van 0,5 betekent dus een energieverbruik van 50% ten opzichte van deze 'modelwoning'.

De rekenmethode van de EPC ligt vast in de bouwnorm NEN 7120, ref. [2], en is ook verwerkt in diverse softwarepakketten om de EPC van gebouwen te bepalen. Bij dit energieverbruik gaat het om het gebouw-gebonden energieverbruik, zoals verwarming, koeling, ventilatie, verlichting en ook warm water. Het energieverbruik van huishoudelijke apparaten, zoals wasmachines en vaatwassers, en entertainment, zoals televisies en computers, is daarbij niet inbegrepen. Als er ook energie wordt opgewekt, bijvoorbeeld door middel van PV-panelen, wordt deze energie weer van het verbruik afgetrokken.

Het netto energieverbruik wordt berekend per vierkante meter verbruiksoppervlak. Verder wordt rekening gehouden met verschillende typen woningen, zoals tussenwoningen, hoekwoningen en vrijstaande woningen.

In de afgelopen jaren is de maximaal toegestane EPC-waarde steeds verder gedaald. Dit is weergegeven in referentie [3] **Error! Reference source not found.**

| Ingangsdatum   | Max. EPC-waarde |
|----------------|-----------------|
| 1 januari 1996 | 1,4             |
| 1 januari 1998 | 1,2             |
| 1 januari 2000 | 1,0             |
| 1 januari 2006 | 0,8             |
| 1 januari 2011 | 0,6             |
| 1 januari 2015 | 0,4             |

Tabel 3-1: Ontwikkeling van EPC-eis. Bron: Wikipedia<sup>2</sup>

Het netto energieverbruik van een nieuwbouwwoning, die gebouwd is naar de huidige norm met EPC 0,4, is dus ongeveer 50% lager dan van een vergelijkbare woning uit 2008, die gebouwd is naar de toen geldende norm van EPC 0,8. Op deze wijze heeft de systematiek van de EPC-eis belangrijk bijgedragen aan het verminderen van het energieverbruik van nieuwbouwwoningen. Hier wordt in paragraaf 3.2 verder op ingegaan.

Het was oorspronkelijk de bedoeling om de EPC-eis in twee stappen verder aan te scherpen naar EPC 0,0 in 2020, maar de EPC norm wordt vanaf 2020 vervangen door de BENG norm.

### 3.4.2 BENG

Voor nieuwbouw geldt dat aanvragen van de omgevingsvergunning vanaf 1 januari 2020 moeten voldoen aan de eisen voor bijna-energie-neutrale gebouwen, ofwel BENG. Zie ref [3]. De BENG-eisen bestaan uit drie indicatoren:

1. De energiebehoefte is maximaal 25 kWh per m<sup>2</sup> gebruiksoppervlak per jaar  
*Het gaat hier om de energiebehoefte voor verwarming en koeling.*
2. Het primair fossiel energieverbruik is maximaal 25 kWh per m<sup>2</sup> gebruiksoppervlak per jaar  
*Het gaat hier om het primair energieverbruik voor verwarming, koeling, warm water en ventilatoren.*
3. Het aandeel hernieuwbare energie is minimaal 50%  
*Het gaat hier om de hoeveelheid energie die verbonden aan de woning duurzaam wordt opgewekt, zoals bijvoorbeeld van zonnepanelen of uit de bodem (door warmtepompen).*

Met deze drie indicatoren kijkt deze BENG-norm breder dan de EPC-norm. De BENG-norm kijkt naast een laag energieverbruik ook nadrukkelijk naar het aandeel eigen duurzame opwek.

Deze norm sluit aan op Europese regelgeving en op uitgangspunten in het Energieakkoord.

### 3.4.3 NOM

De normen van een nul-op-de-meter-woning (of NOM-woning) gaan nog een stap verder. Zoals de naam al suggereert wordt het jaarlijkse energieverbruik volledig gecompenseerd door de jaarlijkse energie-opwek door vooral zon-PV, zodat het netto energieverbruik tot nul is gereduceerd. Anders dan bij de EPC-norm en de BENG-norm, gaat het hier om het gehele energieverbruik, inclusief het energieverbruik van huishoudelijke apparatuur, zoals wasmachines en vaatwassers, en entertainment, zoals televisies en computers.

De NOM-norm is geen wettelijke eis, maar vormt wel de basis van de zogenoemde Stroomversnelling. Stroomversnelling is in 2013 begonnen als convenant tussen vier grote bouwbedrijven, een aantal woningcorporaties en het Rijk om bestaande sociale huurwoningen te

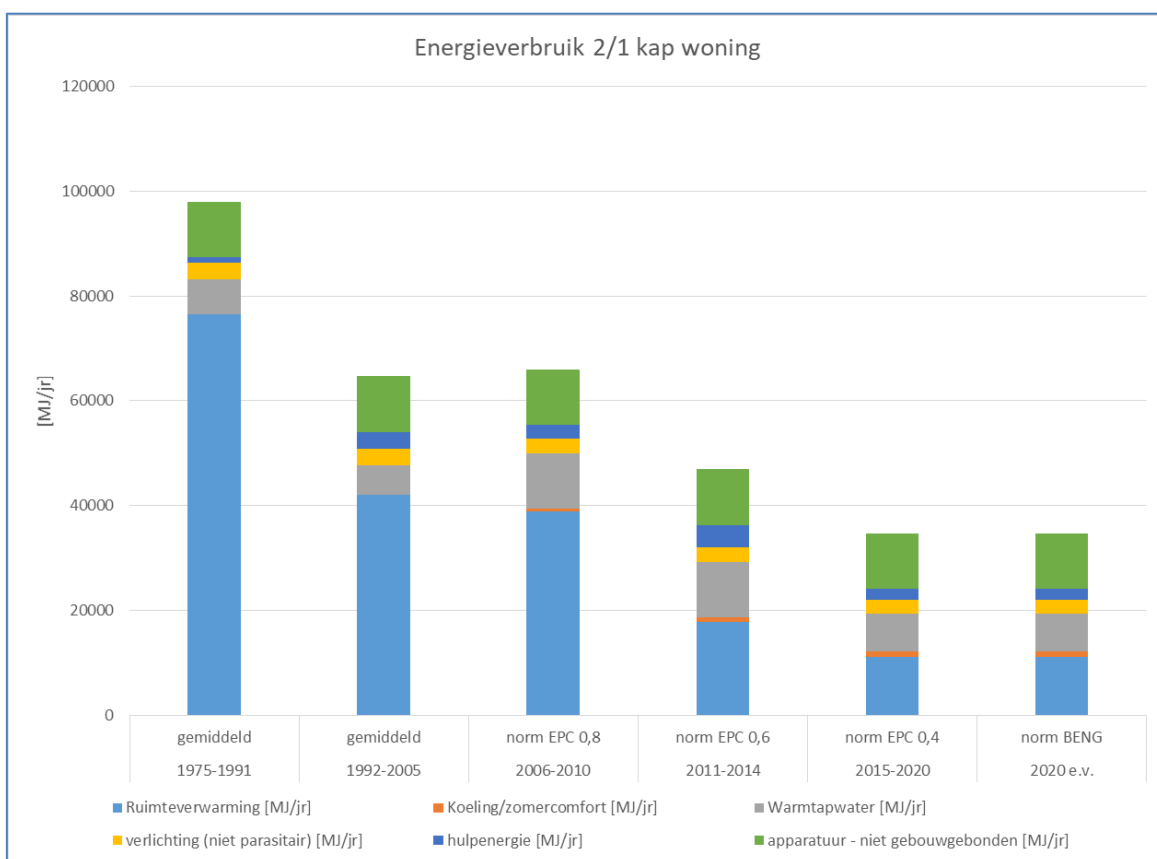
<sup>2</sup> wikipedia.org/wiki/Energieprestatiecoëfficiënt

verduurzamen. Inmiddels is dit verbreed tot een grotere groep partijen, en wordt ook gekeken naar koopwoningen. Er zijn circa 1500 NOM-woningen gerealiseerd (ref [4]).

### 3.5 Bruto energieverbruik van nieuwbouwwoningen

De bouwnormen, zoals beschreven in de vorige paragraaf, hebben een belangrijke bijdrage geleverd aan de vermindering van het energieverbruik van nieuwbouwwoningen.

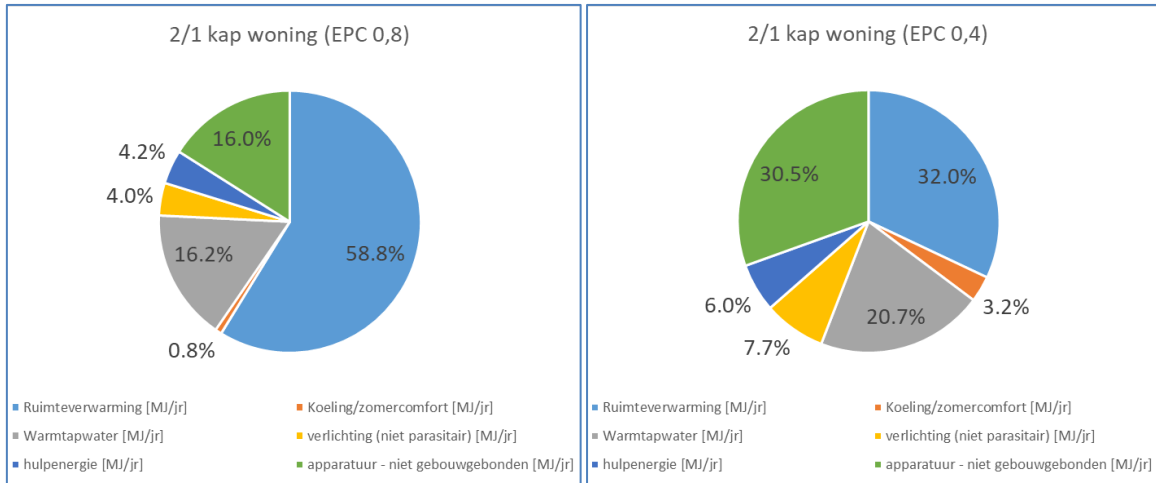
Ter illustratie hiervan is in Figuur 3-4 het bruto energieverbruik (dus zonder eigen energieopwek) weergegeven van een 2-onder-1-kap woning, gebouwd in verschillende tijdspannen, op basis van referentiewoningen van RVO (ref. [5]). De eerste twee perioden geven het gemiddelde verbruik van de woning uit betreffende periode, de laatste vier perioden geven de bovengrens volgens de geldende norm in betreffende periode.



*Figuur 3-4: Dalend energieverbruik nieuwbouwwoning (2 onder 1 kap) onder invloed van de bouwnormen*

In Figuur 3-4 is duidelijk zichtbaar dat de aanscherping van de EPC heeft geleid tot vermindering van het bruto energieverbruik, waarbij de winst vrijwel geheel gehaald werd door vermindering van energie voor ruimteverwarming (lichtblauw). Dit is vooral bereikt met verbeterde isolatie.

Als gevolg hiervan is ruimteverwarming bij een nieuw huis verantwoordelijk voor een veel kleiner deel van het totale bruto energieverbruik, in vergelijking met een ouder huis. Ter illustratie is in Figuur 3-5 de verdeling van het bruto energieverbruik van een nieuw huis (2 onder 1 kap) met EPC 0,4 vergeleken met een huis uit bijvoorbeeld 2008, met EPC 0,8. Hieruit blijkt dat het aandeel voor ruimteverwarming is gedaald van 58,8% naar 32 %.



Figuur 3-5: Verdelingen van het bruto energieverbruik van een 2 onder 1 kap woning met EPC 0,8 en met EPC 0,4.

Verdere verbetering van de isolatie kan nog enige besparing opleveren, maar dat is beperkt. Er zal immers altijd enige energie nodig blijven voor ruimteverwarming, vanwege ventilatie en opengaande deuren. Tegen die achtergrond is het begrijpelijk dat in de BENG-norm de nadruk niet ligt op verdere vermindering van het bruto energieverbruik, maar op het opwekken van duurzame energie.

### 3.6 Aardgasvrije wijken

Nadat in 1959 het gasveld in Slochteren werd gevonden, werd in de jaren daarna het gasnet uitgerold, waarbij vrijwel alle woningen in Nederland een aardgasaansluiting kregen. Ook nu nog heeft de overgrote meerderheid van de woningen een aardgasaansluiting. Slechts 8,6% van de woningen hebben geen aardgasaansluiting. Hiervan wordt 2,3% voorzien van warmte door een gasegestookt warmtenet. De overige circa 6% wordt niet verwarmd met aardgas. In Tabel 3-2 wordt aangegeven hoe deze woningen wel verwarmd worden.

| Verwarmingsbron van woningen  | Percentage van woningen in Nederland |
|---|--------------------------------------|
| Individuele elektrische warmtepomp  | 1.3% <sup>3</sup>                    |
| Overige individuele CV, niet op aardgas (bv. olie, biomassa of elektrische luchtverwarming) | 1.3%                                 |
| Individuele lokale verwarming, niet op aardgas (bv. hout of propaan)                        | 0,3%                                 |
| Blok- en wijkverwarming zonder aardgas (bv. houtpellets of collectieve warmtepomp)          | 1,1%                                 |
| Stadsverwarming, niet op gas (bv. industriewarmte)  | 1,8%                                 |
| <b>Totaal woningen, niet verwarmd op aardgas</b>  | <b>5,8%</b>                          |

Tabel 3-2: Verwarmingsbron van woningen, anders dan aardgas. Bron: ECN e.a., ref [6].

Uit de tabel blijkt dat in ongeveer de helft van de gevallen dit woningen zijn met een individuele verwarming. Dit kan bijvoorbeeld een ouderwetse propaangaskachel of biomassa-cv zijn, of juist een moderne warmtepomp.

<sup>3</sup> Gecorrigeerd t.o.v. ECN-cijfers, omdat hier ten onrechte airco's in zijn meegenomen. Cijfer gecorrigeerd van 1,8% naar 1,3%.

Een blok- en wijkverwarming met een collectieve verwarming is vaak nog relatief kleinschalig, bijvoorbeeld ten behoeve van een flat, met een centrale verwarmingsunit in de kelder.

Warmtenetten met restwarmte van de industrie zijn vaak grootschaliger, waarbij grote wijken of zelfs hele plaatsen worden voorzien van warmte. Op deze wijze wordt ‘afvalwarmte’ van industrie nuttig gebruikt.

In de Energieagenda van eind 2016, ref. [7], geeft de Rijksoverheid aan dat het aardgasverbruik zo veel mogelijk moet worden teruggebracht. Een citaat hieruit: *“Om deze uitdaging niet nog groter te maken, is het noodzakelijk dat voor nieuwbouwwijken in beginsel geen nieuwe gasinfrastructuur wordt aangelegd.”*

In maart 2017 tekenden 31 gemeenten<sup>4</sup> en anderen met de rijksoverheid de Green Deal Aardgasvrije Wijken, ref. [8], met als doel om de realisatie van aardgasvrije wijken te bespoedigen.

Uit een onderzoek van Natuur en Milieu uit mei 2017, ref. [9], blijkt echter dat tot 2021 nog 64%<sup>5</sup> van de nieuwe woningen een gasaansluiting krijgen. In 25% van de gevallen wordt gekozen voor een warmtenet en in 12% van de gevallen voor een warmtepomp (met of zonder WKO).

De wens om het verbruik van aardgas te reduceren en uiteindelijk helemaal te beëindigen, wordt versterkt door de aardbevingsproblematiek in Groningen.

### 3.7 Wetgeving betreffende gasaansluiting

Een groot deel van de energievoorziening van Nederland is nog steeds gebaseerd op aardgas. Dat geldt zeker ook voor woningen, waarvan circa 94% zijn aangesloten op het aardgasnet.

Volgens de huidige wetgeving (tot 1 juli 2018) heeft ook iedereen recht op een aansluiting op het gasnet. Voor de beheerder geldt een aansluitplicht: De beheerder is verplicht om een gasaansluiting te verstrekken aan iedereen die dat verzoekt. Dit is verankerd in de gaswet<sup>6</sup>.

De gaswet wordt op dit punt gewijzigd. In de nieuwe situatie is de aansluitplicht in twee situaties niet meer geldig<sup>7</sup>:

- Voor nieuwbouw, tenzij het college van burgemeester en wethouders “zwaarwegende redenen van algemeen belang” heeft waardoor de aanwezigheid van een gasnet wel “strikt noodzakelijk” is. Hiervoor wordt een ministeriële regeling opgesteld.
- In gebieden waar een gasnet aanwezig is, indien het college van burgemeester en wethouders het gebied hebben aangewezen voor een warmtenet, of andere energie-infrastructuur die kan voorzien in de verwachte warmtebehoefte.

Deze wetwijziging is op 30 januari 2018 aangenomen door de Tweede Kamer en op 3 april 2018 aangenomen door de Eerste Kamer. Op 8 mei is deze in de Staatscourant verschenen. De datum van inwerkingtreding is 1 juli 2018.

<sup>4</sup> Uit de omgeving hebben de gemeenten Enschede, Hengelo, Oldenzaal en Twenterand zich hierbij aangesloten.

<sup>5</sup> Dit betreft 150.000 woningen met gasaansluiting van alle 240.000 woningen nieuwe woningen tot en met 2021.

<sup>6</sup> Gaswet, artikel 10 lid 6.

<sup>7</sup> Stukken Eerste Kamer, 34627, Wijziging van de Eletriciteitswet 1998 en van de Gaswet (voortgang energietransitie), Onderdeel N, punt 2 en 4.

### 3.8 Warmtenetten

Eén van de mogelijkheden om een wijk zonder aardgasansluitingen te realiseren, is het aanleggen van een warmtenet. Het aantal woningen dat in Nederland is aangesloten op een warmtenet, is gegroeid van 4,6% in 2010 tot 5,5% in 2016<sup>8</sup>. Dit betreft circa 420 duizend woningen.

De meest gebruikte energiebron voor warmtenetten is industriële restwarmte van bijvoorbeeld een energiecentrale of afvalverbrandingscentrale. Een voorbeeld van een grootschalig warmtenet is in Tilburg, Breda en omgeving, waarbij 33.000 woningen worden voorzien van warmte van de Amercentrale in Geertruidenberg<sup>9</sup>. Een kleiner voorbeeld is in Almelo, Windmolenbroek, waarbij circa 800 woningen door Cogas van warmte worden voorzien<sup>10</sup>,

Een alternatieve mogelijkheid is de toepassing van (diepe) geothermie. Hierbij wordt warmte gewonnen van een diepte van circa 2 kilometer, met een relatief hoge temperatuur van circa 70°C tot 90°C. In Nederland zijn een aantal geothermie-projecten waarbij kassen van warmte worden voorzien. Toepassing voor verwarming van woningen staat in de kinderschoenen. De eerste toepassing was in Den Haag, waarbij de eerste woningen in 2011 van warmte werden voorzien<sup>11</sup>. Dit project kende de nodige problemen, waardoor de beoogde 4000 aansluitingen nog niet zijn gehaald.

Een andere mogelijkheid is de aanleg van een warmtenet, waarbij de warmte wordt gegenereerd uit laag-temperatuurbronnen, zoals bijvoorbeeld uit het riool (riothermie). Deze warmtebron is in een aantal projecten toegepast voor de verwarming van bijvoorbeeld zwembaden. Een aantal projecten zijn in ontwikkeling waarbij een appartementencomplex met riothermie geheel of gedeeltelijk worden verwarmd. Woonwijken kunnen in principe ook met riothermie worden verwarmd, maar hiervan zijn nog geen voorbeelden in Nederland.

### 3.9 Warmtepompen

Door de steeds verder aangescherpte eisen in de bouwregelgeving voor de energieprestaties van gebouwen en door continue technologische ontwikkelingen, worden warmtepompen als de logische opvolger van de HR-ketel, op voorwaarde dat de woning voldoende is geïsoleerd. De beweging om de aardgaswinning in Groningen eerst te verminderen en uiteindelijk in 2030 geheel te beëindigen, draagt bij aan de groeiende belangstelling voor warmtepompen. Daarbij is warmtepomp-technologie de enige verwarmingstechnologie die aantoonbaar energetische prestaties kan leveren die beter zijn dan wat met aardgas gestookte HR-ketels mogelijk is.

In tegenstelling tot HR-ketels, zijn warmtepompen echter nog steeds geen massaproduct en de perceptie van warmtepompen als "een premium product, met bijbehorende prijs" lijkt nog steeds geldig, zie ook Tabel 3-3. Hiertegenover staat dat de meeste warmtepompen<sup>12</sup> in aanmerking komen voor een investeringssubsidie duurzame energie (ISDE), waarbij de hoogte van het subsidiebedrag afhankelijk is van de soort warmtepomp en de energieprestatie.

---

<sup>8</sup> Bron: CBS Statline

<sup>9</sup> Bron: <http://energiekaart.net/initiatieven/restwarmte-amercentrale/>

<sup>10</sup> Bron: <https://www.cogas.nl/stadsverwarming-almelo/>

<sup>11</sup> Bron: RVO – Den Haag primeur met aardwarmte-woning

<sup>12</sup> Lucht-luchtwarmtepompen zijn uitgesloten van ISDE subsidie omdat dit feitelijk airconditioning systemen zijn die niet hoofdzakelijk voor verwarmingsdoeleinden ingezet (kunnen) worden.



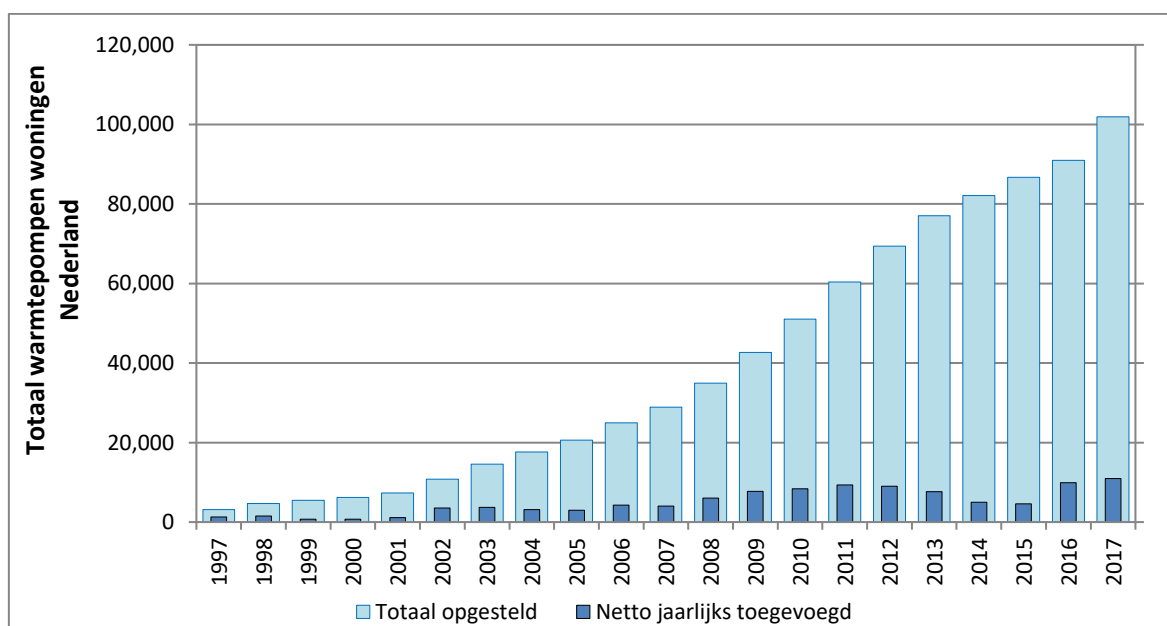
In principe zijn daarmee de totale kosten voor een warmtepompinstallatie beschouwd over de gehele levensduur, vanwege de lagere energieverbruikskosten, gelijkwaardig en dikwijls lager dan die van een HR-ketel.

| Verwarmingsinstallatie         | Gemiddelde prijs, incl. BTW en installatiekosten <sup>1</sup> | Investeringssubsidie duurzame energie (ISDE) <sup>2</sup> |
|--------------------------------|---|---|
| HR-ketel met rookgasafvoer     | € 2200,-  | € 0,-   |
| Hybride met ketel              | € 3600 - 5500,-   | € 1000 - 1500,-   |
| Hybride excl. ketel            | € 2500 - 4500,-   | € 1000 - 1500,-   |
| Lucht/Water-warmtepomp         | € 6.500 - 14.500,-  | € 2150 - 3400,-   |
| Grond (Brine)/Water-warmtepomp | € 10.000 - 21.000,-   | € 2800 - 4000,-   |

<sup>1</sup><https://warmtepomp-weetjes.nl/extra/warmtepomp-prijs/>  
<sup>2</sup>De subsidiebedragen voor warmtepompen zijn gebaseerd op het thermische vermogen

Tabel 3-3: Prijzen warmtepompen in vergelijking met HR-ketel

Volgens het Planbureau voor de Leefomgeving wordt 82% van de Nederlandse woningen verwarmd door individuele cv-ketels, 9% door lokale verwarming, bijvoorbeeld van een blok huizen of een wijk, en 4% procent door stadsverwarming. In 2017 werden ruim 100.000 woningen verwarmd met een warmtepomp. Dat is slechts 1,3% van alle huishoudens, maar het aantal warmtepompen stijgt met gemiddeld 13% per jaar, terwijl de verkoop van HR-ketels per jaar 5% afneemt. In 2017 zijn er in Nederland 393.000 HR-ketels voor woningen verkocht tegenover 11.000 warmtepompen, zie ook Figuur 3-6.



Figuur 3-6: Ontwikkeling warmtepompen Nederlandse woningen. Bron: CBS & EHPA

Het technisch potentieel in toepasbaarheid van warmtepompen varieert per woningtype. Daarin wordt het potentieel voor warmtepompen in meergezinswoningen geraamd op ca. 50% van het Nederlandse woningbouwareaal, oplopend tot ca. 95% voor de vrijstaande woningen. In totaal is

het technisch potentieel becijferd op ca. 5,4 miljoen woningen, overeenkomend met ca. 74% van het totale woningbouwareaal<sup>13</sup>.

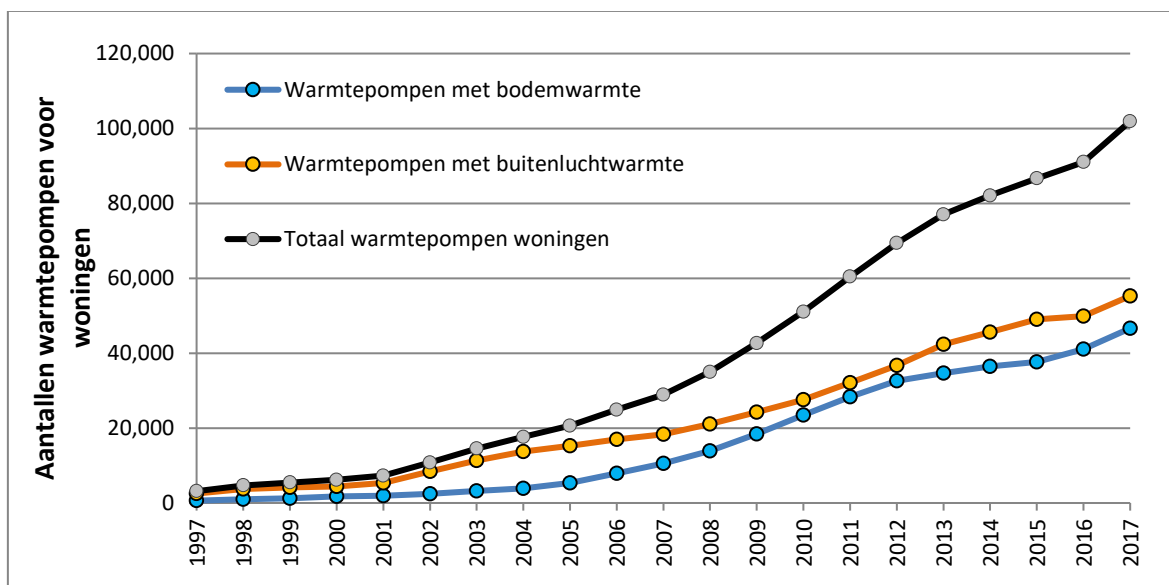
Echter, in de bestaande woningbouw betreft een groot deel van de markt de individuele woningeigenaar. Het zal niet meevallen om die doelgroep te bereiken met hernieuwbare verwarmingstechnieken. Immers, de consument en ook haar leverancier blijft altijd zoeken naar de meest goedkope en eenvoudige oplossingen. Het is daarom van belang dat de innovaties en ontwikkelingen op het gebied van warmtepompen aansluiten op het karakter van de traditionele gasmarkt.

Op productniveau zijn er nu vier belangrijke trends gaande, die kunnen bijdragen aan een snellere implementatie van warmtepompen dan tot nu toe is gerealiseerd:

1. Verbeteringen in rendementen en stillere buitenlucht-units bij lucht/water-warmtepompen. Bij buitenluchttemperaturen van -10°C kunnen moderne lucht/water-warmtepompen nog voldoende warmtecapaciteit en prestaties leveren. Met de grotere potentiële markt (nieuwbouw en bestaande woningvoorraad) valt er een verder groei te verwachten van het aantal warmtepompen met lucht als bron van duurzame omgevingswarmte, zie ook Figuur 3-7.
2. De ontwikkeling van de compacte hybride (lucht/water) warmtepomp met gas-bijstook door middel van een HR-ketel om bij te kunnen springen op piekmomenten van warmtevraag. Dit concept past goed in de renovatiemarkt en bestaande woningvoorraad, als opvolger van de HR-ketel.
3. Het toepassen van aparte warmtepompen voor tapwater om het ruimteverwarmingssysteem te ontlasten of een beter rendement te behalen dan bijvoorbeeld een elektrische boiler.
4. Het combineren van warmtepompen met zon-PV installaties. In landen als Duitsland, waar de saldering van zonnestroom beëindigd is, verdringen tapwater-warmtepompen in combinatie met zon-PV, de traditionele zon-thermische systemen uit de markt. Ook voor koeling wordt steeds vaker de combinatie van warmtepompen en zon-PV gemaakt, omdat de koelbehoefte een gelijktijdigheid kent met veel zoninstraling.

---

<sup>13</sup> Positioning paper 'Warmtepompen en economie' -Peter Wagener, Dennis Mosterd MSc. – Harderwijk juli 2013, rapportage in opdracht van AgNL.



Figuur 3-7: Aantal warmtepompen voor woningen per type. Bron: CBS & EHPA

Uit de praktijkervaringen uit voorgaande jaren blijkt dat warmtepompen prima functioneren onder de juiste randvoorwaarden, zoals goede isolatie van de gebouwschil, een zorgvuldige afstemming ten aanzien van warmtebehoefte, tapwater en koelbehoefte en integratie met andere systemen in het installatieconcept, zoals zon-PV en/of zon-thermische opwek. Aan al deze voorwaarden kan relatief eenvoudig worden voldaan in een nieuwbouwsituatie zoals in de wijk Zuidbroek.

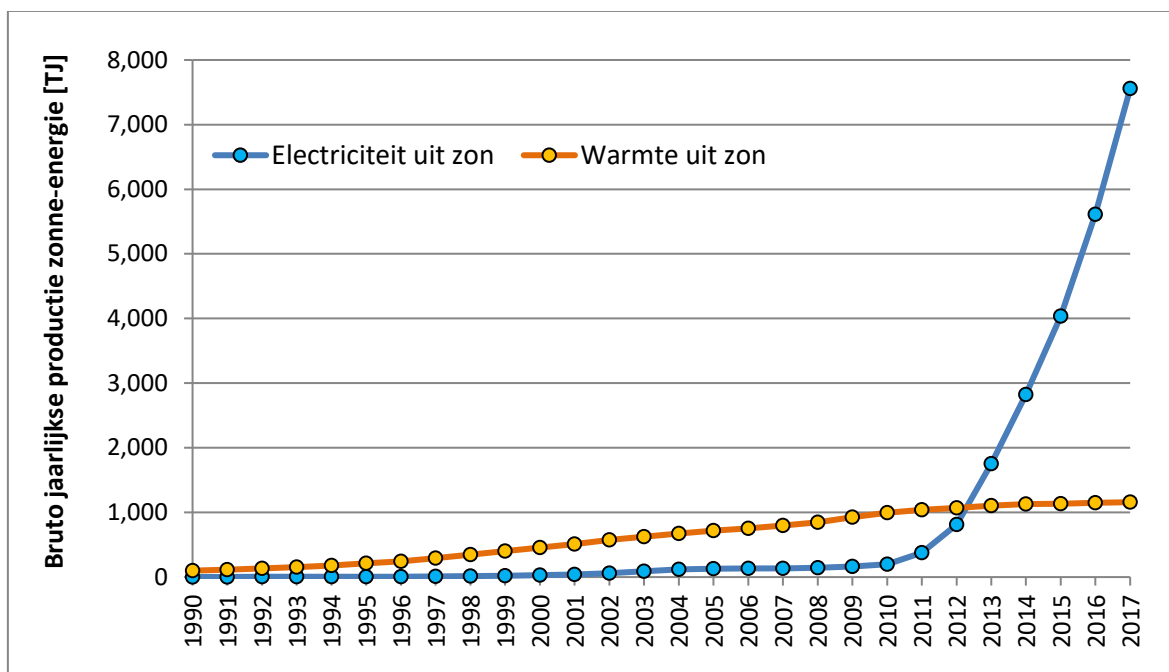
De warmtepomp kan daarmee een centrale rol vervullen in de diverse scenario's voor een duurzaam Zuidbroek en zal daarom worden meegenomen als een van de centrale bouwstenen voor een duurzame energievoorziening.

### 3.10 Opkomst zonne-energie

Zonlicht is zonder twijfel de grootste en belangrijkste energiebron op aarde. De zon straalt energie uit in alle kleuren en in het (voor de mens onzichtbare) infrarood en ultraviolet. Alles warmt op in de zon en in enkele materialen maken zonnestrallen ook elektrische lading vrij. Zowel de warmte van de zon als opgewekte elektriciteit zijn duurzaam van karakter en nuttig inzetbaar in de gebouwde omgeving.

Zonnewarmtesystemen worden al heel lang toegepast in Nederland. Een grote doorbraak is echter tot op heden uitgebleven. De prijsdalingen van deze systemen zijn lang niet zo sterk als bij zonnestroom. Sinds 2012 heeft elektriciteit, die in Nederland met zonnepanelen is opgewekt, een lagere kostprijs dan elektriciteit uit het stroomnet<sup>14</sup>. Het aantal zonnepanelen (ook wel zon-PV systemen) in Nederland is dan ook sinds 2012 wel sterk gegroeid, zie Figuur 3-8.

<sup>14</sup> Dit begrip heet Netpariteit



Figuur 3-8: Ontwikkeling zonne-energie in Nederland. Bron: CBS

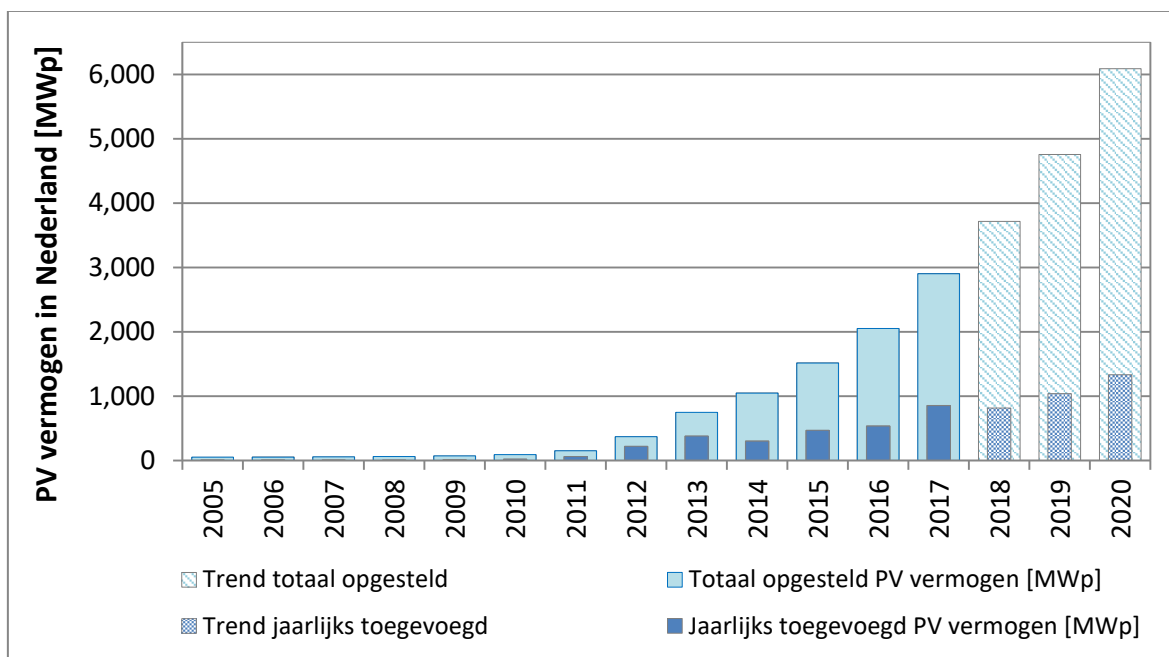
Eind 2017 stond er 2,9 GW aan opgesteld zon-PV vermogen in Nederland, waarmee 2099 GWh elektriciteit werd opgewekt. Dit komt overeen met 1,9 %<sup>15</sup> van het landelijk elektriciteitsverbruik, zie ook Figuur 3-9. Ongeveer de helft van het totaal opgestelde vermogen in Nederland staat op particuliere daken, de andere helft zijn bedrijfsmatige installaties.

Volgens de Nationale Energieverkenning<sup>16</sup> 2017 (zie ref. [1]) is de verwachting dat er in 2020 in Nederland ruim 6 GW aan zon-PV staat opgesteld, waarmee ongeveer 4,5% van het verwachte elektriciteitsverbruik zou kunnen worden opgewekt.

Voor 2035 is de prognose zelfs dat 20 GW aan opgesteld vermogen wordt bereikt, waarmee 16% van het verwachte elektriciteitsverbruik zou kunnen worden opgewekt.

<sup>15</sup> 2099 GWh = 7556 TJ in 2017; <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2018/09/meer-stroom-uit-wind-en-zon>

<sup>16</sup> De Nationale Energieverkenning 2017 (NEV) is opgesteld door het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) samen met het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) en met bijdragen van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl). <https://www.ecn.nl/nl/energieverkenning/>



Figuur 3-9: Groei van zon-PV in Nederland. Bron: CBS & NEV

Deze hoge verwachtingen zijn gebaseerd op de verdergaande prijsdalingen van zonnepanelen, de continue verbeteringen die bereikt worden in de omzettingsrendementen van zonlicht naar elektriciteit, en ontwikkelingen in toepassingen om tot een betere benutting van het beschikbare buitenoppervlak te komen.

De groei van zonnearmtesystemen laat daarentegen in Nederland (en Europa<sup>17</sup>) juist een stagnatie zien, zie Figuur 3-8, en is op dit moment slechts ongeveer 1% per jaar. Hoewel moderne zonnearmtesystemen in principe efficiënt zonnestraling kunnen omzetten in nuttig bruikbare warmte voor verwarming en tapwater blijft de inzet, benutting en rol van zonnearmte in Nederland tot nu toe zeer beperkt.

De voornaamste reden hiervoor is de relatief lage prijs van aardgas en de volwassenheid, verkrijgbaarheid en betaalbaarheid van hoog rendement CV-keteltechniek voor het invullen van de huishoudelijke warmtevraag in Nederland.

De indirecte concurrentie van zon-PV systemen, die een beduidend kortere terugverdientijd kennen, ook een negatieve invloed gehad op de markt voor zonnearmtesystemen.

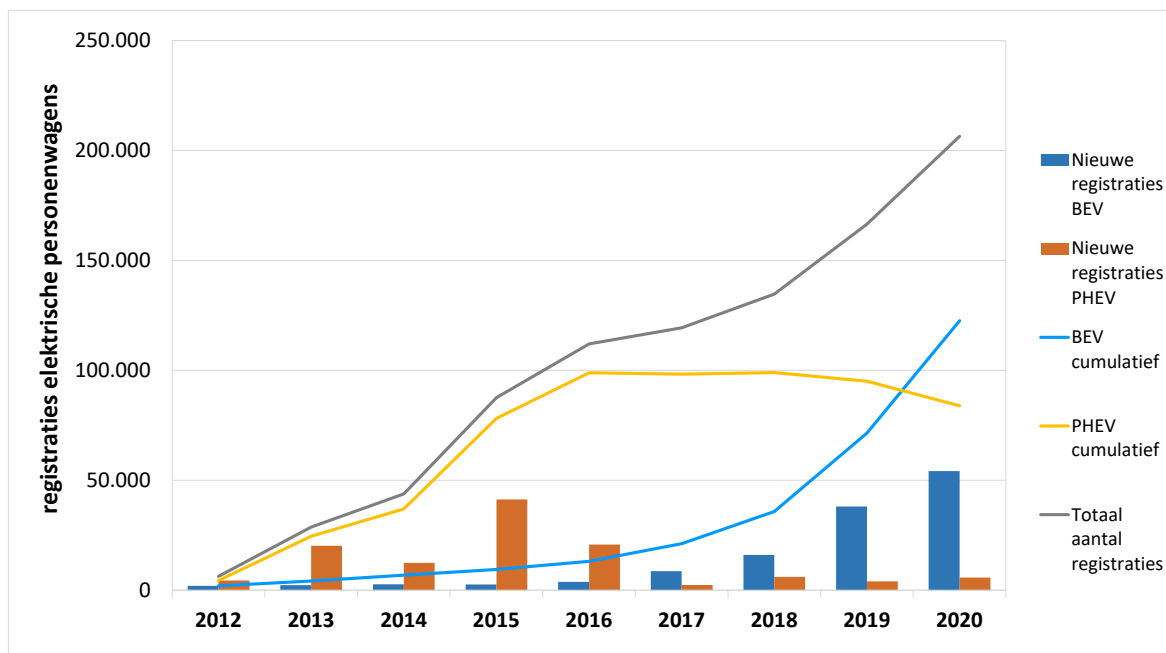
Met de uitgesproken ambitie van de regering om de Groningse aardgaswinning in 2030 tot nul te reduceren, zou er mogelijk een hernieuwde interesse kunnen ontstaan in zon-thermische systemen. Daarbij hanteert de overheid sinds begin 2016 ook een relatief gunstige aanschafsubsidie op zon-thermische installaties.

De verwachting is echter, dat de relatief hoge aanschaf- en installatiekosten van zon-thermische systemen nog niet significant minder zullen worden. Daarbij zal het succes van PV-panelen, die op het beschikbare dakoppervlak concurreren met zon-thermische systemen, ook in de komende jaren ten koste gaan van de groei van zonnearmte waardoor de markt en toepassing hiervan voorlopig beperkt blijft.

<sup>17</sup> <https://www.eurobserv-er.org/solar-thermal-and-concentrated-solar-power-barometer-2017-3/>

### 3.11 Elektrisch vervoer

Het wegvervoer in Nederland is goed voor een derde van de nationale oliebehoefte. Met de overgang naar elektrisch wegvervoer zal de behoefte aan energiedragers op basis van fossiele brandstoffen zoals benzine en diesel steeds kleiner worden. Het kabinet stimuleert de ontwikkeling van elektrisch vervoer in Nederland. In het regeerakkoord zijn afspraken gemaakt over de ambities in 2030 en 2050 ten aanzien van emissieloos rijden. Zo is de ambitie dat in 2030 alle nieuw verkochte auto's in staat zijn om emissieloos te rijden. Voor 2050 is de ambitie dat alle auto's in staat zijn om emissieloos te rijden.



Figuur 3-10: Ontwikkeling elektrische personenwagens in Nederland. Bron: RVO

Aan het eind van 2017 reden er in Nederland 21.115 volledig elektrische voertuigen (BEV<sup>18</sup>) rond en 98.217 plug-in hybride voertuigen (PHEV<sup>19</sup>). Daarmee komt het totaal aantal voertuigen met een (deels) elektrische aandrijving op 119.332. De aantallen BEV personenauto's vertonen per saldo een stijgende trend tegenover een sterk afnemende trend voor PHEV personenauto's vanwege de toegenomen bijtelling op dit type voertuigen, zie Figuur 3-10.

Ook het aantal laadpalen is de afgelopen jaren sterk gegroeid. Begin 2018 stonden er in Nederland bijna 115.000 oplaadpunten voor elektrische auto's. Het overgrote deel hiervan (70%) zijn privé laadpalen geplaatst op eigen terrein<sup>20</sup>.

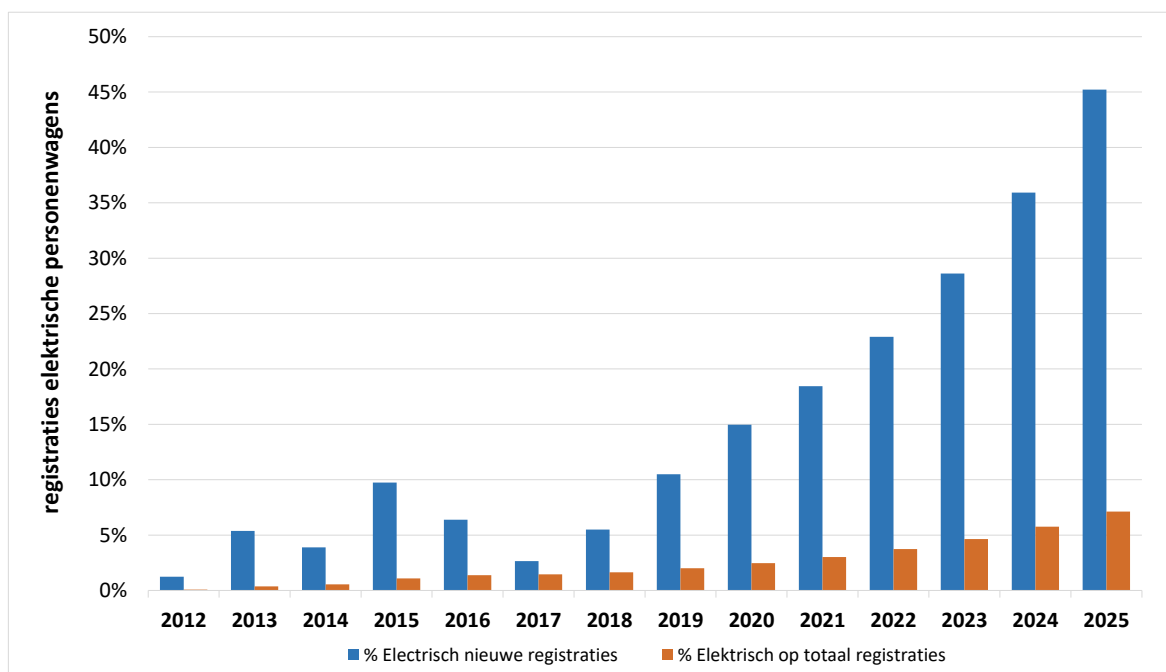
De korte afstanden en dichtbevolkte Randstad maken Nederland bijzonder geschikt voor elektrisch rijden. Er komen steeds meer betaalbare modellen met grotere actieradius op de markt. Mits ook het overheidsbeleid ter stimulering van elektrisch vervoer gehandhaafd blijft, is het goed mogelijk dat de uitgesproken ambities ten aanzien van emissieloos rijden gehaald worden. Dat zou

<sup>18</sup> BEV = Battery Electric Vehicle

<sup>19</sup> PHEV = Plug-in Hybrid Electric Vehicle

<sup>20</sup><https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/energie-en-milieu-innovaties/elektrisch-rijden/stand-van-zaken/cijfers>

betekenen dat in 2025 bijna de helft van alle nieuw verkochte auto's elektrisch is en dat 7% van alle Nederlandse personenauto's (geschat op meer dan 8.7 miljoen) een stekker hebben.



Figuur 3-11: Verwachte toename registraties elektrische auto's

Vanwege de samenstelling van wijk Zuidbroek ligt het voor de hand dat het percentage gezinnen met een lease-auto<sup>21</sup> of tweede auto relatief hoog zal zijn. Voor een toekomstgerichte wijk lijkt het daarom goed om rekening te houden met een snellere invoer van elektrisch rijden dan het landelijke gemiddelde. Dit betekent dat voor de meeste gezinnen op termijn de energiebehoefte van mobiliteit zal verschuiven van fossiele dragers naar elektriciteit.

<sup>21</sup> Bij instandhouding van de fiscale voordelen voor elektrische auto's zullen lease maatschappijen een beweging maken richting elektrische auto's.

# 4 Bouwstenen voor een duurzame energievoorziening

## 4.1 Bouwstenen passend bij Zuidbroek fase 2

In aansluiting op de trends en ontwikkelingen die hiervoor beschreven zijn, worden in de volgende paragrafen de bouwstenen voor een duurzaam Zuidbroek beschreven en van kentallen voorzien. De nadruk is gelegd op bouwstenen die gebaseerd zijn op bewezen technieken, die ruim verkrijgbaar zijn, waarvan de eigenschappen bekend zijn en de opbrengsten verifieerbaar zijn.

Op basis van deze bouwstenen worden in het volgende hoofdstuk praktisch bruikbare scenario's opgesteld voor de realisatie van een duurzame nieuwbouwwijk in Wierden.

### 4.1.1 Zon-thermisch

Bij zon-thermie wordt zonnewarmte gebruikt om een deel van de totale warmtevraag in een woning te dekken. Op het dak wordt een zonnecollector geplaatst waar een vloeistof (water, water met antivries of synthetische vloeistoffen) doorheen stroomt. Deze vloeistof wordt door de warmte van de zon opgewarmd. De warmte wordt vervolgens gebruikt voor de verwarming van de woning en/of het tapwater. Er is een buffervat aanwezig om de warmte eventueel in op te slaan.

Een zonneboiler is bedoeld voor het maken van warm tapwater of voor het leveren van ruimteverwarming in combinatie met het maken van warmtapwater. In dat laatste geval is het collectoroppervlakte over het algemeen groter en spreekt men over een zonneboilercombi. Door de ongelijktijdigheid van aanbod van zonne-energie en vraag naar ruimteverwarming kan zonne-energie slechts een kleine bijdrage aan de warmtevraag voor ruimteverwarming leveren (ca. 10 tot 20%).

Een zonneboiler wordt altijd gecombineerd met een naverwarmingstoestel. Er zijn namelijk momenten dat de zon onvoldoende warmte kan leveren. Vrijwel ieder type opwekkingstoestel voor warm(tap)water komt hiervoor in principe in aanmerking. In veel gevallen is dit een CV-ketel, maar dit kan ook een warmtepomp zijn.

Zonnecollectoren zijn er in verschillende verschijningsvormen. Bekend is de vlakke plaat die in een schuin dakvlak is geïntegreerd of met behulp van een hulpconstructie op een plat dak wordt geplaatst.

#### ***Rendement en Duurzaamheid***

Het bepalen van het opwekkingsrendement van een zonnecollector of zonneboilercombisysteem is complex. Dit rendement wordt bepaald door het optische rendement, warmteverlieswaarden, buitentemperatuur, bestralingssterkte en het warmtevraagprofiel van de gebruiker. De



hoeveelheid zon die op de collector valt hangt af van de oriëntatie (liefst zuid-gericht), de hellingshoek van de collector en eventuele belemmeringen. De energieprestatie van een zonnethermisch systeem wordt uitgedrukt in [kWh] of [GJ] op jaarbasis. Een gemiddeld collectorpaneel heeft een vermogen van ongeveer 0,6 [kW/m<sup>2</sup>] wat per jaar 2 [GJ/m<sup>2</sup>] oplevert. Voor de specifieke warmtevraag van een consument kan dit worden omgerekend naar een jaarlijkse besparing in m<sup>3</sup> gas of besparing gaskosten.

### Kosten

Een zonneboiler kost gemiddeld tussen de €2.500 (1 collector) en € 3.500 (2 collectoren) excl. montage (€1.000) en inclusief BTW. De overheid verstrekt een eenmalige ISDE subsidie (Investeringssubsidie Duurzame Energie) op de investeringskosten van het systeem, waarbij de hoogte van het subsidiebedrag afhankelijk is van het soort apparaat en de energieprestatie. Per 1 januari 2018 is het subsidiebedrag voor zonneboilers vastgesteld op 0,68 [€/kWh]<sup>22</sup>. Voor een zonneboiler met 1 collector bedraagt de subsidie gemiddeld €800 en met 2 collectoren ongeveer €1200. De verwachting is dat de subsidie na 2020 wordt gestopt en dat de toepassing van zonnethermisch zal worden gestimuleerd door een gasprijsverhoging. De levensduur van een zonneboiler is ongeveer 25 tot 30 jaar. De onderhoudskosten zijn laag.

| Zonnecollectoren / zonneboiler      |  |
|-------------------------------------|--|
| <b>Toepassing</b>                   | Ondersteuning tapwater en eventueel ruimteverwarming                         |
| <b>Capaciteit / Opbrengst</b>       | 2,4 m <sup>2</sup> , 4,8 GJ/jr   |
| <b>Eigen verbruik</b>               | 87 MJ/jr, hulpenergie pomp   |
| <b>Levensduur</b>                   | 25 jaar  |
| <b>Indicatieve kosten incl. BTW</b> | Investering €2.500, €3.500 incl. montage en installatie, onderhoudskosten €0 |
| <b>Indicatieve subsidie</b>         | €800 (ISDE)  |

Tabel 4-1: kentallen zonnecollectoren

#### 4.1.2 Zon-PV

Een PV-systeem zet zonne-energie om in elektriciteit. De term PV is afkomstig uit het Engelse Photo (= licht) en Voltaic (= elektriciteit). Zonnestroom komt tot stand door een fysisch proces in een PV-cel. PV-cellen leveren gelijkstroom. Ze worden in serie aan elkaar gekoppeld en ondergebracht in een PV-paneel. PV-panels worden samen met de overige benodigde onderdelen zoals omvormers, bekabeling en bouwkundige voorzieningen een PV-systeem genoemd.

PV-systemen leveren dankzij de omvormer(s) wisselstroom en kunnen daardoor aan het normale elektriciteitsnet gekoppeld worden. Boven de 600 Wp (Watt-piek) vermogen (> circa 4 m<sup>2</sup> PV-panels), heeft een systeem een eigen groep in de meterkast nodig, kleinere systemen mogen aan een willekeurig stopcontact in de woning worden verbonden.

In Nederland worden in de woningbouw vrijwel altijd netgekoppelde PV-systemen toegepast. Er vindt (dus) geen opslag in accu's plaats zoals in autonome systemen bij bijv. volkstuinhuisjes, parkeermeters, jachten en lichtboeien voor de scheepvaart. De opgewekte energie bij

<sup>22</sup> 1 kWh (kiloWattuur) = 0,0036 GJ (GigaJoules)

netgekoppelde systemen wordt (deels) in de betreffende woning gebruikt indien er een gelijktijdige vraag naar elektriciteit is. Het eventuele overschot wordt aan het net teruggeleverd.

### Rendement

De opbrengst van een PV-systeem hangt af van:

- Het rendement van het PV-systeem;
- Oppervlakte van het PV-systeem (vermogen);
- De hoeveelheid opvallende zonneshijn.

PV-panelen hebben meestal een oppervlakte van 1,6 m<sup>2</sup>, en een piekvermogen van circa 300W. Als kengetal voor de berekeningen in dit rapport wordt een gemiddelde opbrengst van 833 kWh/kWp gehanteerd, waarbij rekening wordt gehouden met de praktijk waarin de panelen niet altijd in een optimale stand gemonteerd kunnen worden. Dit komt overeen met 250 kWh per paneel per jaar. Een oppervlak van 10 á 15 zonnepanelen is over het algemeen voldoende om in de elektriciteitsbehoefte van een huishouden te voorzien.

De kosten van PV-systemen zijn de laatste jaren sterk gedaald, zie [10]. Sinds 2015 zijn de wereldwijde inkooprijzen voor polykristallijn silicium modules (93% van de totale zon-PV markt) gedaald met ruim 35%. Daarbij is de efficiëntie van de silicium modules continue verbeterd. Voor commercieel verkrijgbare zonnepanelen is het omzettingsrendement in de afgelopen 10 jaar toegenomen van ongeveer 12% tot ruim 17%, zie [11]. Het resultaat is dat de totale kosten per kWh opgewekte elektriciteit sterk zijn gedaald en dat zon-PV inmiddels een substantieel lagere kostprijs heeft dan de consumentenprijs van elektriciteit uit het elektriciteitsnet.

### Saldering

Huishoudens en andere kleinverbruikers die op kleine schaal zonnestroom opwekken, kunnen 'salderen'. Dit betekent dat aan het net (terug)geleverde elektriciteit verrekend wordt met verbruikte elektriciteit voor dezelfde prijs (incl. belastingen). Dit is wettelijk vastgelegd. Wordt er op jaarbasis netto meer teruggeleverd, dan kan dat door het energiebedrijf ingekocht worden tegen een onderling af te spreken vergoeding. De salderingsregeling voor zonnepanelen wordt naar verwachting vanaf 2020 omgezet in een nieuwe (soberder) regeling<sup>23</sup>.

De kentallen voor PV-systemen zijn samengevat in Tabel 4-2.

| Zonnepanelen (zon-PV)               |  |  |   |
|-------------------------------------|--|--|---|
| <b>Toepassing</b>                   | Eigen elektriciteitsopwekking  |  |   |
| <b>Opbrengst</b>                    | Situatieafhankelijk: 0,8-1 kWh/Wp per jaar; waarde gebruikt voor berekeningen 0,833 kWh/Wp       |  |   |
| <b>Eigen verbruik</b>               | Systeemverliezen verdisconteerd in opbrengst   |  |   |
| <b>Levensduur</b>                   | 20 jaar  |  |   |
| <b>Indicatieve kosten incl. BTW</b> | <b>Klein: 4 panelen - 1200 Wp</b><br>Investering 1,40 €/Wp                                       | <b>Middel: 12 panelen - 3600 Wp</b><br>Investering 1,27 €/Wp | <b>Groot: 24 panelen - 7200 Wp</b><br>Investering 1,15 €/Wp |
|                                     | Inclusief montage en installatiekosten (gem. 0,26 €/Wp), onderhoudskosten €0                     |  |   |
| <b>Indicatieve subsidie</b>         | Teruggave van 21% BTW op aanschaf en installatie; Saldering van opgewekte kWh met eigen verbruik |  |   |

Tabel 4-2: Kentallen zon-PV

<sup>23</sup> Brief van minister Kamp (EZ) aan de Tweede Kamer over het vervolg van de salderingsregeling - [kamerbrief 12-07-2017 Salderingsregeling](#)

### 4.1.3 Warmtepompen

In een warmtepomp wordt warmte van een laag temperatuurniveau naar een hoger temperatuurniveau gebracht. Omdat de hiervoor benodigde energie lager is dan de geleverde (verpompte) energie dragen warmtepompen bij aan vermindering van de CO<sub>2</sub>-uitstoot. Een warmtepomp heeft altijd een bron met een bepaald (laag) temperatuurniveau nodig die kan worden gebruikt als beginpunt van het proces. Bronnen met een relatief laag temperatuurniveau waaruit warmte kan worden onttrokken zijn natuurlijke bronnen zoals buitenlucht, oppervlaktewater, grondwater (aquifer) of bodem. Ook kan restwarmte worden benut uit bijvoorbeeld afvalwater en ventilatieretourlucht. Warmte uit retourlucht wordt meestal alleen voor tapwaterverwarming gebruikt, maar kan eventueel in combinatie met een ander verwarmingstoestel ook voor ruimteverwarming worden gebruikt. Bij de overige bronnen wordt de warmte met name ten behoeve van het verwarmen van een woning gebruikt en eventueel ten behoeve van tapwaterverwarming.

Er zijn inmiddels verschillende systemen op de markt: sommige systemen maken gebruik van een verticale bodemwisselaar, andere systemen plaatsen de bodemwisselaar juist horizontaal in de grond. Ook bestaan er systemen die de warmte uit een zonnecollector gebruiken als bron. Wanneer de warmtepomp de warmte op het juiste temperatuurniveau heeft gebracht, kan deze warmte direct worden gebruikt voor de verwarming van de woning of tijdelijk in een buffervat worden opgeslagen. Daarnaast kan nog het onderscheid collectieve / individuele warmtepompsystemen worden gemaakt. Onder een collectieve warmtepomp wordt in dit geval een warmtepomp verstaan die voor meerdere woningen gebruikt wordt (bijvoorbeeld in een woongebouw). Om de investeringskosten bij woningen te beperken, kan gekozen worden voor een collectieve warmtepomp. In Nederland worden warmtepompsystemen ten behoeve van het verwarmen van woningen nog niet uitgebreid toegepast, zoals beschreven in hoofdstuk 3.9. In het buitenland zoals Zweden en Denemarken waar geen dominante gas-infrastructuur aanwezig is, is dit veel gebruikelijker.

#### **Rendement**

Het opwekkingsrendement van warmtepompen wordt meestal aangegeven met de COP-waarde (Coefficient of Performance). Dit is de verhouding tussen de afgegeven energie en de opgenomen (elektrische) energie. Afhankelijk van het type warmtepomp, de gebruikte warmtebron en het toepassingsgebied ligt deze COP voor verwarming tussen 3 en 6 [-]. Ter illustratie, bij een COP van 2,7 is aardgas in verbruikskosten energie net zo duur als elektriciteit voor een warmtepomp<sup>24</sup>. Wordt het COP van de warmtepomp hoger dan 2,7 dan wordt het energieverbruik van de warmtepomp goedkoper dan een HR ketel, bij gelijkblijvend verwarmingsvermogen. Het rendement is hoger naarmate het temperatuurverschil tussen de gebruikte warmte (bron) en de geproduceerde warmte (afgifte) kleiner is. Een warmtepompinstallatie voor toepassing van ruimteverwarming vereist daarom een LT afgiftesysteem.

---

<sup>24</sup> Uitgaande dat 1 kWh de consument € 0,20 kost en dat 1 m<sup>3</sup> aardgas de consument € 0,65 kost.

### Relaties met andere installaties

Het is mogelijk om een warmtepomp te combineren met een ander (niet preferent) verwarmingstoestel, bijvoorbeeld een HR-ketel. In de meeste nieuwbouwsituaties zal hier niet voor worden gekozen vanwege de noodzaak van een gasaansluiting in woningen met een elektrische warmtepomp. Voor warmtapwater behoren combinaties met een zonneboiler, een warmtepompboiler of een elektro-boiler tot de mogelijkheden. Een warmtepomp wordt gebruikt bij lage temperatuurverwarmingssystemen ( $LTV T_{aanv} \leq 45^{\circ}C$ ). Voor koeling kan de warmtepomp in zomerbedrijf worden geschakeld.

De kentallen voor warmtepompen die in dit document worden gebruikt, zijn weergegeven in Tabel 4-3.

| Warmtepompen                          | Hybride/lucht-warmtepomp                                     | Lucht/water-warmtepomp  | Bodem/water-warmtepomp  |
|---------------------------------------|--|---|---|
| Toepassing                            | HTV/LTV, tapwater  | LTV, tapwater, koeling  | LTV, tapwater, koeling  |
| Thermisch vermogen<br>Rendementen/COP | 5 kW<br>ruimteverw. 3,1 [-]<br>tapwater o.b.v. gas 0,889 [-] | 5 kW<br>ruimteverw. 3,1 [-],<br>tapwater 2,4 [-], koeling 4 [-] | 5 kW<br>ruimteverw. 3,1 [-],<br>tapwater 2,4 [-], koeling 4 [-] |
| Eigen verbruik                        | afh. van COP en scenario                                     | afh. van COP en scenario  | afh. van COP en scenario  |
| Levensduur                            | 15 jaar  | 15 jaar   | 15 jaar   |
| Indicatieve kosten<br>incl. BTW       | €6.000, incl. installatie<br>Onderhoud €50/jaar              | €6.000, incl. installatie<br>Onderhoud €50/jaar                 | €9.680, incl. installatie<br>Onderhoud €50/jaar                 |
| Indicatieve subsidie                  | €1.700 (ISDE)  | €1.700 (ISDE)   | €2.500 (ISDE)   |

Tabel 4-3: Kentallen warmtepompen

#### 4.1.4 Warmte uit het riool (riothermie)

Riothermie is een methodiek waarmee thermische energie uit het afvalwater kan worden teruggewonnen. Deze energie kan gebruikt worden voor het verwarmen of koelen van gebouwen of installaties, die in de nabijheid van de riolering staan.

Hiertoe wordt een warmtewisselaar in contact gebracht met het afvalwater waarmee warmte of koude wordt gewonnen. Het afvalwater stroomt over de warmtewisselaar en geeft haar warmte hieraan af. Door de warmtewisselaar stroomt een transportvloeistof die de warmte opneemt en deze via een leiding transporteert naar de afnemer. De temperaturen zijn dan nog relatief laagwaardig (afhankelijk van het seizoen tussen ongeveer 8° en 23°C) en meestal nog niet direct bruikbaar. Door middel van een warmtepomp wordt de temperatuur naar een bruikbaar niveau gebracht.

Riothermie kan toegepast worden op locaties waar voldoende aanbod en vraag naar thermische energie is. Het ontwerpen van een geschikte verwarmingsinstallatie op basis van riothermie is maatwerk, waarbij de kentallen m.b.t. benodigde apparatuur, infrastructuur en investeringen sterk afhankelijk zijn van de lokale situatie.

Tauw B.V. heeft een quickscan uitgevoerd naar de mogelijkheden voor combinaties van riothermie, asfaltcollectoren en WKO's voor een duurzame energievoorziening van Zuidbroek. De specifieke kentallen en kosten worden in deze notitie nader toegelicht, zie [12].

## 4.2 Overige bouwstenen

In de onderstaande hoofdstukken worden de bouwstenen behandeld die mogelijk een goede bijdrage kunnen bieden aan een duurzame energievoorziening voor de gebouwde omgeving, maar die in de specifieke situatie voor wijk Zuidbroek minder goed inpasbaar zijn, of (nog) geen echte meerwaarde hebben.

### 4.2.1 Windturbines

Windenergie op land is nog altijd de goedkoopste vorm van duurzame energie, gegeven dat er een gunstig windklimaat heerst. Op 120 meter hoogte boven het maaiveld geldt voor grote delen van Nederland (ook Oost Nederland<sup>25</sup>) dat er voldoende wind staat om rendabel energie op te wekken. Hiervoor is het wel nodig dat er een moderne turbine op een hoge mast met een grote rotordiameter wordt geplaatst.

Vanwege die noodzakelijk schaalgrootte is windenergie in- of dichtbij de gebouwde omgeving vaak een minder ideale combinatie, ten gevolge van het beeldbepalende karakter en het risico dat een groter aantal inwoners overlast ervaart in de vorm van geluidhinder of slagschaduw.

Het plaatsen van kleinere windturbines kan dan misschien wel rekenen op een groter draagvlak onder de bevolking, maar vormt in Wierden geen rendabele energiebron. Op 20 meter hoogte is de gemiddelde windsnelheid in Zuidbroek slechts 4,2 meter per seconde. Een kleine windmolen van 15kW op een mast van 20 meter hoog, geplaatst binnen de grenzen van de wijk, zal bij deze windomstandigheden geen significante bijdrage kunnen leveren aan de energievoorziening van de wijk.

Het onderzoeken van de mogelijkheid om een grote turbine te plaatsen op enige afstand in de omgeving valt buiten de kaders van dit rapport.

### 4.2.2 Smart grids

Een smart grid is een energiesysteem dat gebruikmaakt van informatie, tweerichtingsverkeer, communicatietechnologieën en computerintelligentie om de energieopwekking, -distributie en –consumptie te reguleren. Smart grids hebben een toegevoegde waarde waar knelpunten in het net door middel van regulering zouden kunnen worden opgevangen. Voorbeelden waarin deze beperkingen zichtbaar worden zijn bijvoorbeeld wijken waarin het elektrische net zwak is en waar iedereen gelijktijdig zijn elektrische auto wil opladen of wijken waar veel meer energie (d.m.v. zonnepanelen) opgewekt wordt dan er gelijktijdig verbruikt wordt. In de wijk Zuidbroek lijkt daar voorlopig geen sprake van te zijn.

### 4.2.3 Infraroodpanelen

Een infraroodpaneel, IR-paneel of warmtepaneel is een paneel dat aan het plafond of de muur bevestigd kan worden en door het uitstralen van infraroodstraling dient als een warmtebron. Een infraroodpaneel verwarmt in principe niet de lucht (convectie), maar verwarmt voorwerpen direct door straling. Dit is te vergelijken met straling van de zon. Over het algemeen wordt warmtestraling door bewoners als aangenaam ervaren. Infraroodpanelen zetten via een weerstandselement alle elektriciteit om in warmte. Ongeveer de helft van de warmte wordt uitgestraald in de vorm van

---

<sup>25</sup> [http://windviewer.rvo.nl/windviewer/Index.html?viewer=wind\\_viewer](http://windviewer.rvo.nl/windviewer/Index.html?viewer=wind_viewer)

infraroodstraling. De andere helft van de warmte wordt via convectie (verwarming van lucht) en geleiding afgevoerd.

Infraroodpanelen kunnen tegemoetkomen aan de mogelijke nadelen van energiezuinige lage temperatuurverwarming (LTV). Bij een LTV wordt de hele ruimte op temperatuur gebracht en dit wordt zo constant mogelijk gehouden. Het gevoel van comfort en behaaglijkheid verschilt echter per persoon, van dag tot dag en zelfs met het moment van de dag. LTV verwarming kan echter slecht meebewegen met de warmtebehoefte van bewoners; het realiseren van een gewenste temperatuurverandering duurt lang. Infraroodpanelen zijn daarentegen snel regelbaar, en zijn in te zetten als er gedurende korte tijd of alleen lokaal warmte nodig is. Door te variëren met de afmetingen, plaats, aantal en het afgegeven vermogen van de panelen kan voorzien worden in de individuele warmtebehoefte van bewoners.

Een nadeel van infraroodpanelen is dat de warmte alleen ervaren wordt als de huid direct binnen bereik van de straling van het warmtepaneel ligt. Net als bij de zon is er sprake van een schaduweffect: lichaamsdelen die in de schaduw zitten worden niet opgewarmd. Dit effect kan worden ondervangen door extra panelen aan te brengen, bijvoorbeeld onder een bureau.

Als hoofdverwarming zal infraroodverwarming zo'n 35 W per m<sup>2</sup> woonoppervlak vereisen om een ruimte effectief te kunnen verwarmen. In principe wordt elke watt elektrische energie omgezet in straling en warmte en heeft een infraroodpaneel een energetisch rendement van 100%. Elektrische verwarming met stralingspanelen als hoofdverwarming is echter af te raden. Per eenheid warmte is elektriciteit ongeveer drie keer zo duur als aardgas<sup>26</sup>. In vergelijking met een elektrische warmtepomp is het energetische rendement ook ongeveer 3 keer minder per verbruikte kWh.

Stralingspanelen kunnen wel een comfortabele oplossing bieden als bijverwarming in combinatie met bijvoorbeeld een LT verwarming. Vanwege de bovengenoemde eigenschappen zal er voor de duurzame scenario's voor Zuidbroek geen ruimteverwarming op basis van infraroodpanelen als hoofdverwarming worden opgenomen.

#### 4.2.4 Waterstofgas

In de Energieagenda 'Naar een CO<sub>2</sub>-arme energievoorziening' [7] uit 2016 wordt het concept van 'Power-to-Gas' als interessante innovatie geïntroduceerd. Hierbij zouden eventuele overschotten aan wind- en zonne-energie gebruikt kunnen worden om duurzaam waterstof te produceren. In het rapport 'Een klimaat-neutrale warmtevoorziening voor de gebouwde omgeving - update 2016' [13] is een beeld geschetst welke rol dit hernieuwbaar<sup>27</sup> gas in een klimaat-neutrale gebouwde omgeving kan spelen, ter vervanging van aardgas. Partijen uit o.a. de gasector pleiten er voor om de bestaande gasinfrastructuur in ieder geval te behouden om toekomstige ontwikkelingen op gasgebied mogelijk te maken.

Hoewel waterstof in principe een belangrijke rol kan spelen in de energietransitie, zijn er echter nog een groot aantal praktische uitdagingen ten aanzien van productie, verbruik en kosten:

1. De huidige productie van waterstof is nog niet duurzaam. Meer dan 90% van het huidig geproduceerde waterstof wordt uit aardgas gemaakt.

<sup>26</sup> Uitgaande dat 1 kWh de consument € 0,20 kost en dat 1 m<sup>3</sup> aardgas de consument € 0,65 kost en dat Nederlands aardgas een verbrandingswaarde heeft van 35,17MJ (=9,77 kWh) komt men voor aardgas op een energie-inhoud van 15 kWh/€ en elektriciteit (weerstandverwarming) op een energie-inhoud van 5 kWh/€.

<sup>27</sup> Onder hernieuwbaar gas wordt verstaan: alle gassen die worden geproduceerd door middel van overschotten van hernieuwbare elektriciteit en omgezette biomassa

2. Voor grootschalige duurzame waterstofproductie met elektriciteitsoverschotten zijn er nog belangrijke infrastructurele en technische problemen op te lossen. Elektrolyse vergt veel water (9 liter voor 1 liter H<sub>2</sub>) en veel energie (55 kWh/kg H<sub>2</sub>). Bovendien is extreem zuiver water nodig om vervuiling van systeemcomponenten te voorkomen en is de levensduur van de kostbare electrolyzers (die stroom kunnen omzetten in waterstof) nu nog beperkt.
3. De consumentenprijs voor waterstof uit aardgas via de huidige stoomreforming-route kost nu ongeveer 10 euro/kg en is met betrekking tot de verbrandingswaarde ruim 3,5 keer duurder dan aardgas. Productie van waterstof via de elektrolyse-route zal in eerste instantie zelfs nog kostbaarder zijn, zelfs als elektriciteit gratis zou zijn vanwege overschotten.
4. Waterstof kan maar beperkt in de huidige infrastructuur worden toegepast. In het geval het waterstofpercentage hoger ligt dan 20%, zijn er extra kosten en uitdagingen verbonden aan het transporteren en verbruiken van dit gas (aanpassingen aan leidingen en apparatuur).
5. Er is in Nederland maar één aanbieder<sup>28</sup> van HR-ketels die op een mengsel van aardgas en waterstof kunnen functioneren. Deze hybride CV installaties produceren lokaal waterstof met behulp van een electrolyser, zuiver water en elektriciteit en mengen dit vervolgens met aardgas. Vanwege de hoge investeringen zijn dit grote installaties vanaf 100 kW voor bedrijfsmatige toepassingen.

Vanwege het feit dat verwarmingsinstallaties op basis van waterstof nog niet marktrijp zijn wordt deze innovatie niet als bouwsteen meegenomen in de scenario's voor een duurzame energievoorziening in Zuidbroek.

#### 4.2.5 Pelletkachels

De pelletkachel is een kachel waarin houtpellets verbrand worden. De pellets zijn over het algemeen gemaakt zijn van houtzaagsel en snippers die onder hoge druk samen worden geperst tot ronde staafjes. Pelletkachels hebben een ingebouwd reservoir voor pellets, die mechanisch naar de vuurkorf getransporteerd worden. In de vuurkorf worden de pellets automatisch ontstoken met behulp van een gloeispiraal en gedoseerde luchttoevoer. Afhankelijk van de gevraagde warmte regelt de pelletkachel automatisch het verbrandingsproces waardoor de pelletkachel relatief schoon brandt. Het rendement van een pelletkachel ligt tussen de 80-97%, en is beduidend hoger dan een traditionele houtkachel of open haard. De rookgassen worden met een ventilator naar buiten geblazen.

Verbranding van hout is in principe CO<sub>2</sub>-neutraal, omdat de hoeveelheid CO<sub>2</sub> die bij verbranding vrij komt, overeenkomt met datgene de boom tijdens zijn leven uit de lucht heeft opgenomen. Wel moet rekening worden gehouden met additioneel energieverbruik en uitstoot betreffende de fabricage, transport en het elektriciteitsverbruik van de installatie en de fabricage en het transport van de pellets.

Een blijvend nadeel van het verbrandingsproces in pelletkachels is dat er, ondanks een optimaal geregelde verbranding, nog steeds in beperkte mate (giftige) afvalstoffen worden uitgestoten. In Nederland is dit onderwerp van discussie. Het ministerie van Infrastructuur en Milieu erkent dat

<sup>28</sup> Tieluk Heating B.V.

het stoken van hout in houtkachels, haarden en open vuur lokaal kan leiden tot problemen met de luchtkwaliteit<sup>29,30</sup>. De hoofdlijn van het Nederlandse beleid<sup>31</sup> is dat nieuwe kachels alleen met een typekeuring op de markt mogen komen, maar dat bestaande kachels in gebruik mogen blijven en dat geen beperkende maatregelen worden genomen betreffende het stookgedrag, afgezien van de geldende milieuregel dat het verboden is om iets anders dan schoon hout te verbranden.

Het gebruik van individuele pelletkachels voor de huishoudelijk warmtebehoefte wordt vaak pas economisch rendabel als deze ook ingezet worden voor de levering van warm tapwater. Een nadeel is dat de pelletkachels dan tijdens de zomer ook werkzaam zijn. In die tijdsperiode zijn mensen meer buiten en is de rook/geuroverlast ook navenant groter. Tenslotte ervaren consumenten een lager gebruikscomfort ten opzichte van de bekende gasgestookte CV, vanwege de noodzaak om regelmatig de asla te legen en pellets te kopen.

Voor de mogelijke scenario's van een nieuw te bouwen wijk lijken pelletkachels op basis van de bovengenoemde nadelen dus een minder geschikte bouwsteen voor de energievoorziening en worden deze niet meegenomen in de mogelijke scenario's.

#### 4.2.6 Thuisbatterij (opslag elektriciteit)

Een thuisbatterij is een batterij met een grote opslagcapaciteit, die alle elektrische apparatuur in een woning enkele uren tot dagen van energie kan voorzien. De meeste thuisbatterijen zijn gebaseerd op Lithium-Ion-technologie, die voornamelijk met zonnestroom worden opgeladen. Pas wanneer de thuisbatterij leeg is, zal weer stroom van het elektriciteitsnet worden gehaald.

De reden waarom de thuisbatterij in Nederland nog niet interessant is, komt met name door de salderingsregeling. Deze regeling houdt in dat alle opgewekte zonnestroom over een geheel jaar verrekend mag worden met de stroom die verbruikt is op de momenten waarop geen stroom opwekt werd. Hierbij vervult het elektriciteitsnet dus de functie van een (ideale) batterij. Als de salderingsregeling voor zonnepanelen in Nederland wordt omgezet in een nieuwe (soberder) regeling, worden thuisbatterijen sneller economisch interessant. Huishoudens met zonnepanelen kunnen dan voor een groot deel van hun eigen energievoorziening overstappen op een thuisaccu.

Op dit moment zijn de kosten van de thuisbatterij nog relatief hoog. Afhankelijk van de gewenste opslagcapaciteit, bedragen de kosten tussen 3.000 en 9.000 euro, met een gemiddelde prijs per kWh van 480 euro (excl. BTW). De Tesla PowerWall 2.0 is de meest voordelige met een prijs van 416 euro/kWh. De terugverdientijd bedraagt ongeveer 15 jaar voor een huishouden met een gemiddeld stroomverbruik. De levensduur van een thuisbatterij bedraagt ook ongeveer 15 jaar. Factoren die de terugverdientijd van een thuisaccu verkorten zijn:

- Mogelijk stijgende energietarieven
- Afschaffen salderingsregeling voor zonnepanelenbezitters
- Dalende prijzen van accu's, gedreven door de opkomst van elektrische auto's.

<sup>29</sup> [GGD eindrapport, oktober 2015, Overlast door houtrook](#)

<sup>30</sup> [Kamerbrief aan de regering, nummer 30175-2206, datum 6 juli 2015](#)

<sup>31</sup> In Duitsland, waar pelletkachels veel populairder zijn, gelden vanaf 1 januari 2018, strenge grenswaarden voor de uitstoot, zoals vastgelegd in de *Bundesimmissionsschutz-verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen* ([https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv\\_1\\_2010/BJNR003800010.html](https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_1_2010/BJNR003800010.html)). Pelletkachels met een vermogen groter dan 4 [kW] mogen een fijnstofgrens van 20-30 [mg/m<sup>3</sup>] en een koolmonoxidegrens van 250 [mg/m<sup>3</sup>] niet overschrijden. Dit ligt in dezelfde grootteorde als de huidige Europese emissiestandaard Euro 6 voor personenvoertuigen.



Bij een woning voorzien van voldoende zonnepanelen en een gemiddeld consumptieprofiel van de bewoners, wordt ongeveer 33% - 40% van de zelf opgewekte elektriciteit meteen verbruikt (de momentane energie opwek valt dan samen met de momentane energie vraag). Het resterende elektriciteitsoverschot wordt teruggeleverd aan het elektriciteitsnet. Met behulp van een batterijopslagsysteem, kan een gemiddeld huishouden over het hele jaar beschouwd, tussen de 75% en 80% van de zelf opgewekte elektriciteit van de zonnepanelen gebruiken. In principe is het mogelijk om in de lente en zomermaanden (als zonnepanelen veel energie opwekken) zelfs volledig onafhankelijk van het elektriciteitsnet te zijn. In de wintermaanden, als de zonnepanelen weinig opwekken en er dus zelden een overschot aan elektriciteit is om op te slaan in de batterij, wordt de elektriciteit hoofdzakelijk uit het net betrokken.

Als de salderingsregeling verdwijnt of sterk wordt versoerd, kunnen thuisbatterijen een goede aanvulling zijn op PV-panelen. Vooral nog is dit niet het geval, en worden thuisbatterijen buiten de scope de energie-scenario's gehouden.

#### 4.2.7 Groen gas

De chemische samenstelling van Groen gas is (vrijwel) identiek aan de samenstelling van aardgas. In het gebruik is het dus een volwaardig alternatief voor aardgas, en het kan ook in het normale gasnet worden bijgeleverd. Groen gas wordt gemaakt door biogas uit bijvoorbeeld afvalstortplaatsen of boerderijen (mestvergisting) op te waarderen<sup>32</sup>.

Als Groen gas in het gasnet wordt bijgeleverd komt dit ten goede aan de verduurzaming van de totale gasmix, en niet specifiek aan de verduurzaming van de energievoorziening van Zuidbroek. Als deze vergistingsinstallatie ook qua locatie niet direct gekoppeld is aan Zuidbroek, is de bijdrage aan de verduurzaming ook vanuit die optiek niet direct gekoppeld aan Zuidbroek.

Deze benadering is analoog aan bijvoorbeeld de introductie van windturbines op de Noordzee, waarvan de elektriciteit wordt geleverd aan het elektriciteitsnet, en waardoor de totale elektriciteitsmix iets verder wordt verduurzaamd. Ook deze verduurzaming komt niet één-op-één ten goede aan één bepaalde plaats.

Het is een denkbare optie om een woonwijk te voorzien van een eigen gasnet, en deze van gas te voorzien vanuit een nabijgelegen vergistingsinstallatie. Lastig punt hierbij is dat de goede werking van vergistingsinstallaties gebaat is bij een stabiele afname van het biogas, terwijl de gasbehoefte van een woonwijk sterk varieert over het jaar. De fysieke één-op-één koppeling van een woonwijk met een nabijgelegen vergistingsinstallatie ligt daarom niet voor de hand.

Daarnaast is er in de directe nabijheid van Zuidbroek (nog) niet een vergistingsinstallatie die met zekerheid gas voor de wijk zou kunnen leveren.

Samengevat kan Groen gas een goede bijdrage leveren voor de verduurzaming van de gasmix, maar dit is niet speciaal gekoppeld aan Zuidbroek. Om deze reden wordt groen gas niet als bouwsteen meegenomen in de scenario's voor Zuidbroek.

---

<sup>32</sup> Bron: <https://www.cogas.nl/duurzame-energie/groen-gas/>

# 5 Scenario's voor een duurzame energievoorziening

## 5.1 Uitgangspunten scenario's

Uitgangspunt voor de scenario's is dat gebruik gemaakt wordt van bewezen technologieën, die reeds worden toegepast bij andere projecten in Nederland.

Uiteraard wordt verder ervan uitgegaan dat de woningen voldoen aan het Bouwbesluit. In de huidige situatie (tot 1 januari 2020) betekent dit dat de huizen moeten voldoen aan de EPC-eis van 0,4. Onderdeel van deze eis is dat de huizen goed geïsoleerd zijn, in vergelijking met oudere huizen. De ontwikkeling van de bouwnormen is beschreven in paragraaf 3.4. Dit betekent dat de warmtevraag van de huizen relatief gering is.

Voor de berekeningen wordt uitgegaan van referentiewoningen zoals geformuleerd in de Uniforme Maatlat, ref. [5]. Hierin worden voor verschillende woningtypen een aantal standaard parameters gegeven, zoals gebruiksoppervlak, isolatiewaarden en ook energiebehoefte. Voor deze studie zijn de vrijstaande woningen en 2-onder-1-kap-woningen relevant. De waardes zijn vermeld in bijlage A.

In alle scenario's wordt voor de warmteafgifte vloerverwarming toegepast. Dit is in nieuwbouw nog niet strikt noodzakelijk, maar wordt vanwege de comfortabele eigenschappen wel vaak gekozen. In de praktijk kan dit als standaard worden beschouwd. Dit is dus niet onderscheidend tussen de scenario's.

In alle scenario's wordt ook douche-waterwarmteterugwinning toegepast. In het geval van verwarming met gas, bespaart dit circa 50 tot 100 kuub per jaar. Ook hiervoor geldt dat dit bij nieuwbouw nog niet strikt noodzakelijk is, maar in de praktijk wel steeds meer standaard wordt. Dit is dus niet onderscheidend tussen de scenario's.

De scenario's zijn realistisch, maar zoveel mogelijk ook onderscheidend gedefinieerd, zodat de verschillende eigenschappen goed tot uiting komen. Uiteraard kunnen ook andere combinaties van eigenschappen leiden tot een realistisch scenario. In het hoofdstuk 7 wordt hierop ingegaan.

## 5.2 Beoordelingscriteria voor de scenario's

De scenario's worden beoordeeld aan de hand van een aantal criteria de categorieën Duurzaamheid, Kosten en economische haalbaarheid, Organiseerbaarheid en Comfort.

## **Duurzaamheid**

Het gaat hierbij om de volgende criteria:

1. Energieverbruik
2. CO<sub>2</sub>-emissie
3. Gasaansluiting

Bij de criteria 1 en 2 gaat het om het energieverbruik resp. de CO<sub>2</sub>-emissie van de gehele wijk.

Bij het criterium 'gasaansluiting' gaat het om de vraag of de wijk wel of niet op het gasnet is aangesloten. Vanuit een duurzaamheidsgedachte en vanuit de gedachte van de aardbevingsproblematiek is het immers wenselijk dat woningen geen aardgas meer verbruiken. Dit past ook in de recente ontwikkelingen van het landelijk beleid.

## **Kosten / economische haalbaarheid**

De criteria zijn:

4. Energie-gerelateerde investeringen per woning
5. Energie-gerelateerde jaarlasten per woning
6. Economische haalbaarheid van de collectieve voorziening

Criterium 4, 'Energie-gerelateerde investeringen', is van belang in verband met financierbaarheid voor de koper van de woning. Optioneel is dat deze investeringen worden gedaan door een collectieve partij, maar dit is geen direct onderdeel van de scenario's.

Criterium 5, 'Energie-gerelateerde jaarlasten', is van belang in verband met de betaalbaarheid voor de koper/bewoner van de woning. Hierin zijn ook de jaarlasten meegenomen die zijn gerelateerd aan de investering. Dit op basis van annuïteiten, uitgaande van een duur die is gekoppeld aan de levensduur, en een rente van 4%.

Bij criterium 6 staat de collectieve voorziening centraal. Dit criterium is van toepassing op de scenario's met een warmtenet.

## **Organiseerbaarheid**

De criteria zijn:

7. Realiseerbaarheid
8. Complexiteit van de organisatievorm

Bij criterium 7, 'Realiseerbaarheid', gaat het om de juridische afdwingbaarheid en/of om afspreekbaarheid van het scenario. Dit is relevant omdat woningeigenaren vanuit de wetgeving bepaalde rechten hebben om aangesloten te worden op het gasnet of een warmtenet.

Bij criterium 8, 'Complexiteit van de organisatievorm', gaat het om de complexiteit van partijen waarmee een individuele bewoner/eigenaar te maken heeft voor de energievoorziening. Dit sluit aan op een aantal behoeftes die veel mensen ervaren:

- Transparantie: duidelijke afspraken met 'logische' partijen voor de energievoorziening.
- Keuzevrijheid: de mogelijkheid om naar een andere leverancier te gaan.
- Zelfstandigheid: de behoefte om niet afhankelijk te zijn van externe partijen voor de energievoorziening.

## Comfort

Een comfortabel binnenklimaat wordt beïnvloed door een groot aantal parameters, zoals de luchttemperatuur, de gemiddelde stralingstemperatuur, de relatieve luchtvochtigheid en de lichtsnelheid in de binnenruimte. Een thermisch behaaglijk binnenklimaat ontstaat als mensen geen behoefte hebben aan een hogere of lagere temperatuur. Daarom is een snelle regelbaarheid van temperatuur vaak ook een belangrijk aspect van comfort.

Warmte kan op hoge en lage temperatuur afgegeven worden. Hierbij geldt dat hoe lager de afgiftetemperatuur is, des te hoger zal het rendement van de opwekker zijn. Dat geldt vooral voor warmtepompen, en in mindere mate ook voor gasgestookte HR-ketels. Het toepassen van lage temperatuursystemen (LT-systemen) is daarom vaak een randvoorwaarde voor een energie-efficiënte woning.

In alle scenario's voor Zuidbroek wordt voor de warmteafgifte vloerverwarming toegepast. Vloerverwarming onderscheidt zich van verwarming door middel van radiatoren door een gelijkmatiger temperatuurverdeling, een relatief grote mate van warmteoverdracht door straling en lagere luchttemperaturen. Bij toepassing van HR++ of drievoudig-glas en zelfregelende ventilatieroosters blijft koudeval en luchtverplaatsing beperkt, zodat het comfort niet nadelig wordt beïnvloed. Een nadeel van vloerverwarming is de traagheid waarmee de temperatuur regelbaar is.

Aangezien alle scenario's voor Zuidbroek uitgaan van vloerverwarming, zijn de bovengenoemde aspecten met betrekking tot een comfortabel binnenklimaat voor elk scenario gelijk en zijn dus niet onderscheidend ten opzichte van elkaar. Tenslotte wordt ervan uitgegaan dat andere aspecten met betrekking tot comfort, zoals bijvoorbeeld ventilatie en luchtverversing, ook niet onderscheidend zijn. Een goede ventilatie is immers voorwaarde voor alle woningen en alle scenario's.

Het aspect 'koeling' is van toenemend belang op comfort. Bij een goed geïsoleerde woning kan het gedurende een warme zomerperiode lastig zijn om de warmte af te voeren. Dit aspect is wel onderscheidend voor de verschillende scenario's. Daarom beperkt de beoordeling van het comfortaspect tussen de verschillende scenario's zich tot het criterium van zomerkoeling.

### 9. Koeling

## 5.3 Definitie van de scenario's

De scenario's zijn verdeeld in drie categorieën, gebaseerd op de energienetten waarop de woningen worden aangesloten.

In het basis-scenario wordt uitgegaan van een aansluiting op gas en elektriciteit. Dat geldt ook voor de scenario's 1a, 1b en 1c, waarbij op verschillende manieren wordt geprobeerd om het gasverbruik te reduceren.

In het scenario 2 wordt de gasaansluiting vervangen door een aansluiting op een warmtenet.

In de scenario's 3a en 3b is geen sprake van een gas- of elektriciteitsaansluiting. De gehele energiebehoefte wordt met behulp van elektriciteit ingevuld.

### 5.3.1 Scenario 0: Basis

Het basis-scenario is gebaseerd op woningen zoals die nu nog gebouwd worden. Uiteraard wordt voldaan aan de huidige bouwnormen, maar er zijn daarnaast geen extra maatregelen genomen om energie te besparen of om op te wekken.

De eigenschappen van het basisscenario worden samengevat in Tabel 5-1.

|                         | <b>0 Basis</b>               |
|-------------------------|------------------------------|
| <b>Aansluiting</b>      | Gas en elektriciteit         |
| <b>Bouwschil</b>        | Conform bouwnorm (EPC ≤ 0,4) |
| <b>Ruimteverwarming</b> | HR-ketel                     |
| <b>Tapwater</b>         | HR-ketel                     |
| <b>Koeling</b>          | Nee                          |
| <b>Zon-PV</b>           | Nee                          |
| <b>Zon-thermisch</b>    | Nee                          |

Tabel 5-1: Eigenschappen van Scenario 0: Basis

### 5.3.2 Scenario 1a: Zuinig met gas: Warmte van de zon

In dit scenario wordt het gasverbruik gereduceerd door voor het tapwater een zonneboiler toe te passen (zon-thermisch). Hiermee wordt het gasverbruik voor tapwater met circa 50% gereduceerd. De HR-ketel springt bij als dat nodig is.

De eigenschappen van dit scenario worden samengevat in Tabel 5-2.

|                         | <b>1a Warmte van de zon</b>  |
|-------------------------|------------------------------|
| <b>Aansluiting</b>      | Gas en elektriciteit         |
| <b>Bouwschil</b>        | Conform bouwnorm (EPC ≤ 0,4) |
| <b>Ruimteverwarming</b> | HR-ketel                     |
| <b>Tapwater</b>         | ZonT, HR-ketel               |
| <b>Koeling</b>          | Nee                          |
| <b>Zon-PV</b>           | Nee                          |
| <b>Zon-thermisch</b>    | Ja                           |

Tabel 5-2: Eigenschappen van Scenario 1a: Zuinig met gas: Warmte van de zon

### 5.3.3 Scenario 1b: Zuinig met gas: Hybride warmtepomp

In dit scenario wordt het gasverbruik gereduceerd door voor de ruimteverwarming een hybride warmtepomp toe te passen. Dit is een lucht-gebaseerde warmtepomp, met een gas-unit. Meestal wordt de warmte met de warmtepomp uit de buitenlucht gehaald, waarbij de gas-unit bijspringt als het buiten te koud is of de warmtevraag te hoog is. Het gasverbruik voor ruimteverwarming wordt hiermee met circa 90% gereduceerd.

De gas-unit wordt ook gebruikt voor het tapwater.

De eigenschappen van dit scenario worden samengevat in Tabel 5-3.

|                         | <b>1b Hybride warmtepomp</b> |
|-------------------------|------------------------------|
| <b>Aansluiting</b>      | Gas en elektriciteit         |
| <b>Bouwschil</b>        | Conform bouwnorm (EPC ≤ 0,4) |
| <b>Ruimteverwarming</b> | Hybride warmtepomp           |
| <b>Tapwater</b>         | Gas-unit                     |
| <b>Koeling</b>          | Nee                          |
| <b>Zon-PV</b>           | Nee                          |
| <b>Zon-thermisch</b>    | Nee                          |

Tabel 5-3: Eigenschappen van Scenario 1b: Zuinig met gas: Hybride warmtepomp

#### 5.3.4 Scenario 1c: Zuinig met gas: Warmte van de zon en hybride warmtepomp

In dit scenario worden beide voorgaande scenario's gecombineerd: Een hybride warmtepomp zorgt voor de ruimteverwarming, en zonneboiler zorgt (deels) voor warm tapwater. De gas-unit van de hybride warmtepomp springt bij als het nodig is.

De eigenschappen van dit scenario worden samengevat in Tabel 5-4.

|                         | <b>1c Warmte van de zon &amp; Hybride warmtepomp</b> |
|-------------------------|--|
| <b>Aansluiting</b>      | Gas en elektriciteit                                 |
| <b>Bouwschil</b>        | Conform bouwnorm (EPC ≤ 0,4)                         |
| <b>Ruimteverwarming</b> | Hybride warmtepomp                                   |
| <b>Tapwater</b>         | ZonT, gas-unit                                       |
| <b>Koeling</b>          | Nee  |
| <b>Zon-PV</b>           | Nee  |
| <b>Zon-thermisch</b>    | Ja   |

Tabel 5-4: Eigenschappen van Scenario 1c: Zuinig met gas: Warmte van de zon & Hybride warmtepomp

#### 5.3.5 Scenario 2: Collectieve warmte: Riothermie

In dit scenario wordt een collectief warmtenet aangelegd, gebaseerd op warmte van het riool. Dit wordt beschreven in een quickscan van Tauw, ref. [12]. Figuur 5-1 geeft een schematische weergave van een mogelijke invulling hiervan. In de rioolleiding wordt een warmtewisselaar geplaatst, waarbij warmte wordt overgedragen op een transportleiding naar de wijk. Hiervoor komt de hoofd-rioolleiding richting de rioolwaterzuiveringsinstallatie in Almelo (Almelo Sumpel) in aanmerking. Deze heeft een capaciteit van circa 220kW, voldoende voor circa 55 gemiddelde woningen<sup>33</sup>.

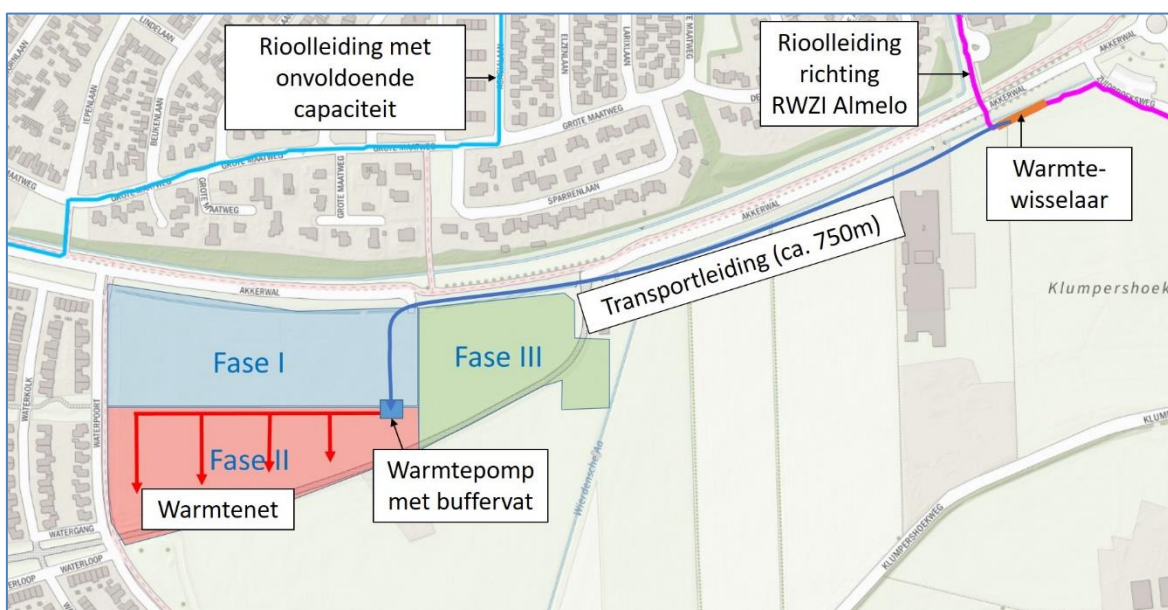
De andere, meer nabij gelegen rioolleiding is te klein en heeft te weinig capaciteit voor dit doel. De transportleiding heeft een geschatte lengte van circa 750 m.

In of nabij de wijk wordt een warmtepomp met buffervat geplaatst. Vanaf dat punt wordt een warmtenet aangelegd, waarmee woningen worden voorzien van warmte met een temperatuur van circa 45°C.

Een mogelijkheid is om de riothermie-installatie aan te vullen met een warmte-koudeopslag. Dit wordt beschreven als de tweede optie in de quickscan van Tauw, ref. [12]. Het voordeel van deze optie is dat de hogere zomertemperatuur van het riool in de zomer beter benut wordt door het

<sup>33</sup> Info: op basis van warmte-kansenkaart van Tauw.

opwarmen van de warmte-koudeopslag. Hierdoor kan de warmtepomp in de winterperiode, als de hoogste warmtevraag ontstaat, met iets hoger rendement functioneren. Het nadeel is dat dit gepaard gaat met additionele investeringen voor de warmte-koudeopslag. Om deze reden is deze aanvullende optie niet nader uitgewerkt in een individueel scenario.



Figuur 5-1: Schematische kaart van een warmtenet op basis van Riothermie

Iedere woning wordt voorzien van een afleverset. In de woning wordt de ruimteverwarming hiermee gerealiseerd, en het tapwater hiermee voorverwarmd. Het warmtenet dekt circa 60% van de energievraag voor het tapwater af. Het tapwater wordt met behulp van een elektrische boiler verder verwarmd tot de gewenste 55°C tot 65°C.

De eigenschappen per woning voor dit scenario worden samengevat in Tabel 5-5.

|                         | <b>2 Riothermie</b>          |
|-------------------------|------------------------------|
| <b>Aansluiting</b>      | Warmte en elektriciteit      |
| <b>Bouwschil</b>        | Conform bouwnorm (EPC ≤ 0,4) |
| <b>Ruimteverwarming</b> | Warmtenet                    |
| <b>Tapwater</b>         | Warmtenet, boiler            |
| <b>Koeling</b>          | Nee                          |
| <b>Zon-PV</b>           | Nee                          |
| <b>Zon-thermisch</b>    | Nee                          |

Tabel 5-5: Eigenschappen van Scenario 2: Riothermie

### 5.3.6 Scenario 3a: Alles elektrisch: Beperkte investeringen

In dit scenario wordt geen gasnet of warmtenet aangelegd. De energievoorziening van de woningen is uitsluitend via het elektriciteitsnet. Er worden moderne, relatief energiezuinige technologieën toegepast, maar wel met beperkte investeringen.

Voor ruimteverwarming en voor tapwater wordt een lucht/water warmtepomp toegepast, waarbij warmte uit de buitenlucht wordt gehaald. Ook als het buiten koud is, heeft een dergelijke

warmtepomp voldoende capaciteit. Wel daalt dan de efficiëntie van deze warmtepomp (COP), waardoor het energieverbruik toeneemt.

Een bijkomend voordeel van een dergelijke warmtepomp is dat deze ook kan koelen. Opmerking daarbij is dat de buitenunit enig geluid geeft, hetgeen op warme dagen tot enige hinder kan leiden.

De eigenschappen woning voor dit scenario worden samengevat in Tabel 5-6 Tabel 5-4.

|                         | <b>3a Beperkte investeringen</b> |
|-------------------------|----------------------------------|
| <b>Aansluiting</b>      | Elektriciteit                    |
| <b>Bouwschil</b>        | Conform bouwnorm (EPC ≤ 0,4)     |
| <b>Ruimteverwarming</b> | Lucht/water WP                   |
| <b>Tapwater</b>         | Lucht/water WP                   |
| <b>Koeling</b>          | Lucht/water WP                   |
| <b>Zon-PV</b>           | Nee                              |
| <b>Zon-thermisch</b>    | Nee                              |

Tabel 5-6: Eigenschappen van Scenario 3a: Alles elektrisch: Beperkte investeringen

### 5.3.7 Scenario 3b: Alles elektrisch: Laag verbruik

In dit scenario wordt ook geen gasnet of warmtenet aangelegd. De energievoorziening van de woningen is uitsluitend via het elektriciteitsnet. Er worden energiezuinige technologieën toegepast, en om het elektriciteitsverbruik (deels) te compenseren wordt een PV-systeem geplaatst van 12 PV-panelen.

Voor ruimteverwarming en voor tapwater wordt een bodem/water warmtepomp toegepast, waarbij warmte uit de bodem wordt gehaald. Hiervoor wordt voor elke woning een verticale bodemlus geplaatst, van circa 100 tot 120 m diep<sup>34</sup>. Ook als het buiten koud is, heeft een dergelijke warmtepomp nog steeds een hoge efficiëntie (COP), waardoor het elektriciteitsverbruik bescheiden is.

Een bijkomend voordeel van een dergelijke warmtepomp is dat deze ook goed kan koelen. Hiervoor hoeft slechts een kleine pomp te draaien, waardoor het energieverbruik minimaal is.

De eigenschappen woning voor dit scenario worden samengevat in Tabel 5-7.

|                         | <b>3b Laag energieverbruik</b> |
|-------------------------|--------------------------------|
| <b>Aansluiting</b>      | Elektriciteit                  |
| <b>Bouwschil</b>        | Conform bouwnorm (EPC ≤ 0,4)   |
| <b>Ruimteverwarming</b> | Bodem/water WP                 |
| <b>Tapwater</b>         | Bodem/water WP                 |
| <b>Koeling</b>          | Bodem/water WP                 |
| <b>Zon-PV</b>           | 12 PV-panelen                  |
| <b>Zon-thermisch</b>    | Nee                            |

Tabel 5-7: Eigenschappen van Scenario 3b: Alles elektrisch: Laag energieverbruik

<sup>34</sup> De benodigde diepte van deze bodemlus hangt af van de gesteldheid van de diepe bodem. Nader onderzoek hiervan is standaard werk voor gespecialiseerde bedrijven.



### 5.3.8 Scenario 3c: Alles elektrisch: Klaar voor de toekomst

In dit scenario wordt ook geen gasnet of warmtenet aangelegd. De energievoorziening van de woningen is uitsluitend via het elektriciteitsnet. Er worden zoveel mogelijk energiezuinige technologieën toegepast, en om het elektriciteitsverbruik wordt zoveel mogelijk gecompenseerd met een fors PV-systeem van 24 PV-panelen.

Ook in dit scenario wordt voor ruimteverwarming en voor tapwater een bodem/water warmtepomp toegepast, waarmee ook zeer efficiënt gekoeld kan worden.

Om nog verder energie te besparen, wordt nog meer isolatie toegepast in de bouw. Hiermee wordt voldaan aan de BENG-normen die vanaf 2020 in werking zullen treden. De belangrijkste stap hierbij is dat voor de ramen driedubbel glas<sup>35</sup> wordt toegepast.

De eigenschappen woning voor dit scenario worden samengevat in Tabel 5-8.

| 3c Klaar voor de toekomst |                |
|---------------------------|----------------|
| <b>Aansluiting</b>        | Elektriciteit  |
| <b>Bouwschil</b>          | Conform BENG   |
| <b>Ruimteverwarming</b>   | Bodem/water WP |
| <b>Tapwater</b>           | Bodem/water WP |
| <b>Koeling</b>            | Bodem/water WP |
| <b>Zon-PV</b>             | 24 PV-panelen  |
| <b>Zon-thermisch</b>      | Nee            |

Tabel 5-8: Eigenschappen van Scenario 3c: Alles elektrisch: Klaar voor de toekomst

### 5.3.9 Samenvatting scenario's

Alle scenario's worden samengevat in onderstaande Tabel 5-9.

|                         | Zuinig met Gas |                |             |                    | Collectief        | Alles elektrisch   |                  |                        |
|-------------------------|----------------|----------------|-------------|--------------------|-------------------|--------------------|------------------|------------------------|
|                         | 0 Basis        | 1a ZonT        | 1b Hybr. WP | 1c ZonT & Hybr. WP | 2 RioT            | 3a Beperkt invest. | 3b Laag verbruik | 3c Klaar voor toekomst |
| <b>Aansluiting</b>      | G, El          | G, El          | G, El       | G, El              | G, W              | El                 | El               | El                     |
| <b>Bouwschil</b>        | Bouw-norm      | Bouw-norm      | Bouw-norm   | Bouw-norm          | Bouw-norm         | Bouw-norm          | Bouw-norm        | BENG                   |
| <b>Ruimteverwarming</b> | HR-ketel       | HR-ketel       | Hybr. WP    | Hybr. WP           | W-net             | L/W WP             | B/W WP           | B/W WP                 |
| <b>Tapwater</b>         | HR-ketel       | ZonT, HR-ketel | Gas-unit    | ZonT, gas-unit     | W-net, booster-WP | L/W WP             | B/W WP           | B/W WP                 |
| <b>Koeling</b>          | Nee            | Nee            | Nee         | Nee                | Nee               | L/W WP             | B/W WP           | B/W WP                 |
| <b>Zon-PV</b>           | Nee            | Nee            | Nee         | Nee                | Nee               | Nee                | 12 panelen       | 24 panelen             |
| <b>Zon-T</b>            | Nee            | Ja             | Nee         | Ja                 | Nee               | Nee                | Nee              | Nee                    |

Tabel 5-9: Samenvatting van alle scenario's

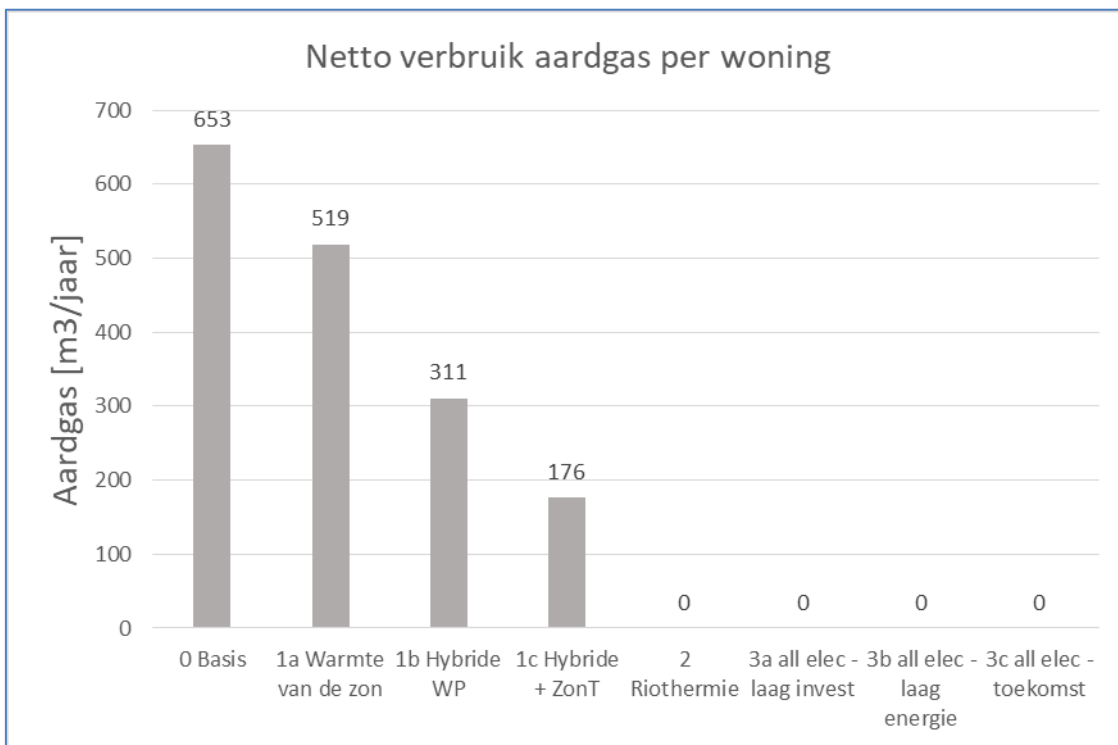
<sup>35</sup> Driedubbel wordt ook wel HR+++ glas i.p.v. HR++ glas genoemd.

# 6 Analyse van de scenario's

## 6.1 Duurzaamheid

### *Criterium 1: Energieverbruik*

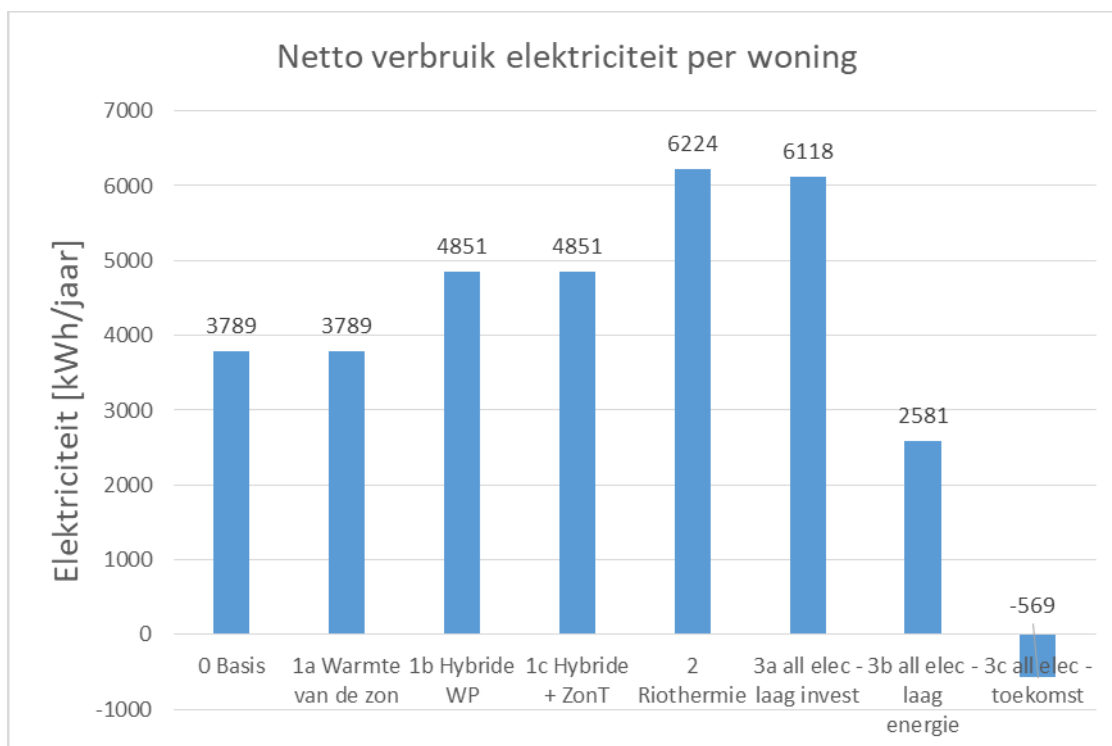
Het is duidelijk dat de scenario's sterk verschillen op verbruik van verschillende energiedragers. In het basisscenario en de scenario's 1a, 1b en 1c wordt immers gebruik van aardgas, terwijl in de andere scenario's geen gasaansluiting aanwezig is. In onderstaande Figuur 6-1 is het gemiddeld aardgasverbruik per woning weergegeven voor de verschillende scenario's.



*Figuur 6-1: Netto aardgasverbruik, gemiddeld per woning*

Uit Figuur 6-1 blijkt dat de scenario's 1, met als hoofdthema 'Zuinig met gas' inderdaad leiden tot minder aardgasverbruik. Daarbij heeft de hybride warmtepomp (scenario 1b) meer effect dan de zonneboiler (scenario 1a). Uiteraard leidt de combinatie van beide tot de meeste besparing op gasverbruik (scenario 1c).

Het elektriciteitsverbruik bij de verschillende scenario's is weergegeven in Figuur 6-2. Bij het scenario met riothermie (scenario 2) wordt het elektriciteitsverbruik van de collectieve voorziening (met name de warmtepomp) verdeeld en toegerekend aan de individuele woningen. Dit verbruik is immers direct ten behoeve van die woningen.



Figuur 6-2: Netto elektriciteitsverbruik, gemiddeld per woning

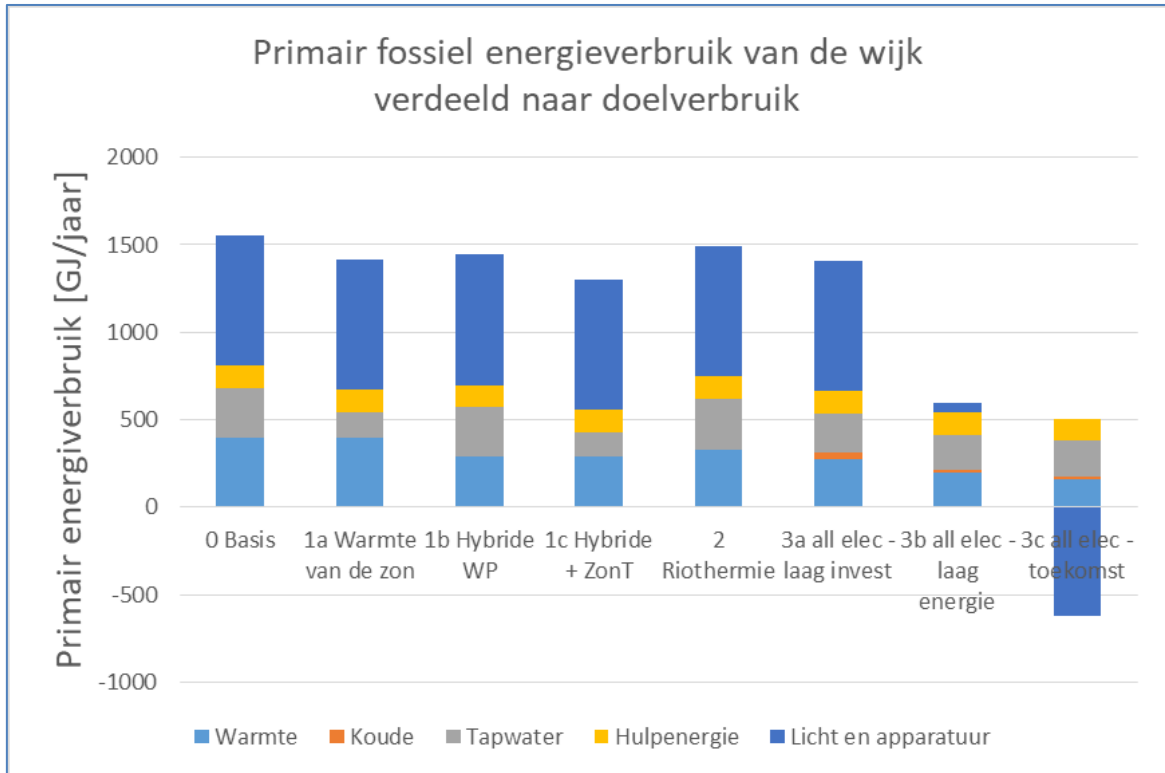
Bij de scenario's 1b en 1c valt op dat de besparing op aardgasverbruik, gepaard gaat met toenemend verbruik van elektriciteit.

Bij het scenario 3a wordt het volledige aardgasverbruik 'vervangen' door elektriciteitsverbruik, met individuele warmtepompen. Dat geldt feitelijk ook voor scenario 2, waarbij een collectieve warmtepomp wordt gebruikt.

Bij scenario's 3b en 3c neemt het netto elektriciteitsverbruik fors af, waarbij scenario 3c zelfs netto elektriciteit levert. Dat wordt veroorzaakt door de PV-panelen.

Electriciteit in Nederland wordt nog steeds grotendeels opgewekt door fossiele bronnen. Om het verbruik van aardgas en elektriciteit goed te kunnen vergelijken worden beide omgerekend naar zogenoemde primair fossiel energieverbruik. De definitie hiervan wordt beschreven in [5]. In onderstaande Figuur 6-3 wordt het primair energieverbruik per scenario weergegeven.

Hier moet bij opgemerkt worden dat de gemiddelde Nederlandse elektriciteitsmix wel verandert en verder zal veranderen. De hoeveelheid elektriciteit van wind en zon neemt toe, en de elektriciteit van vooral kolencentrales zal afnemen. Dat betekent dat de overgang van gasverbruik naar elektriciteitsverbruik dan gunstiger uitpakt voor het criterium primair fossiel energieverbruik. Zie voor de gebruikte kentallen Bijlage C.



|                     | 0<br>[GJ/jr] | 1a<br>[GJ/jr] | 1b<br>[GJ/jr] | 1c<br>[GJ/jr] | 2<br>[GJ/jr] | 3a<br>[GJ/jr] | 3b<br>[GJ/jr] | 3c<br>[GJ/jr] |
|---------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| Licht/app.          | 744          | 744           | 744           | 744           | 744          | 744           | 53            | -621          |
| Hulpenergie         | 129          | 129           | 129           | 129           | 129          | 129           | 129           | 128           |
| Tapwater            | 281          | 141           | 281           | 141           | 288          | 221           | 202           | 202           |
| Koude               | 0            | 0             | 0             | 0             | 0            | 44            | 15            | 17            |
| Warmte              | 401          | 401           | 288           | 288           | 329          | 272           | 196           | 160           |
| <b>Totaal</b>       | <b>1556</b>  | <b>1415</b>   | <b>1443</b>   | <b>1303</b>   | <b>1491</b>  | <b>1411</b>   | <b>595</b>    | <b>-113</b>   |
| <b>T.o.v. Basis</b> | <b>0%</b>    | <b>-9%</b>    | <b>-7%</b>    | <b>-16%</b>   | <b>-4%</b>   | <b>-9%</b>    | <b>-62%</b>   | <b>-107%</b>  |

Figuur 6-3: Primair fossiel energieverbruik van de wijk, verdeeld naar doelverbruik, voor de verschillende scenario's

Om een samenvattende beoordeling te kunnen geven per scenario, wordt een waardering gegeven aan het primair fossiel energieverbruik, op basis van een 7-puntsschaal. Het basisscenario wordt daarbij als '0' gedefinieerd. De waarderingsmethodiek is weergegeven in Tabel 6-1.

| Waardering | Verandering t.o.v. het basisscenario 0            |
|------------|---|
| ++         | Energieverbruik meer dan 80% gedaald              |
| +          | Energieverbruik tussen 20% en 80% gedaald         |
| +/0        | Energieverbruik tussen 5% en 20% gedaald          |
| 0          | Energieverbruik minder dan 5% gedaald of gestegen |
| -/0        | Energieverbruik tussen 5% en 20% gestegen         |
| -          | Energieverbruik tussen 20% en 80% gestegen        |
| --         | Energieverbruik meer dan 80% gestegen             |

Tabel 6-1: Waarderingsmethodiek voor primair fossiel energieverbruik

De resulterende samenvattende beoordeling voor dit criterium is weergegeven in Tabel 6-2.

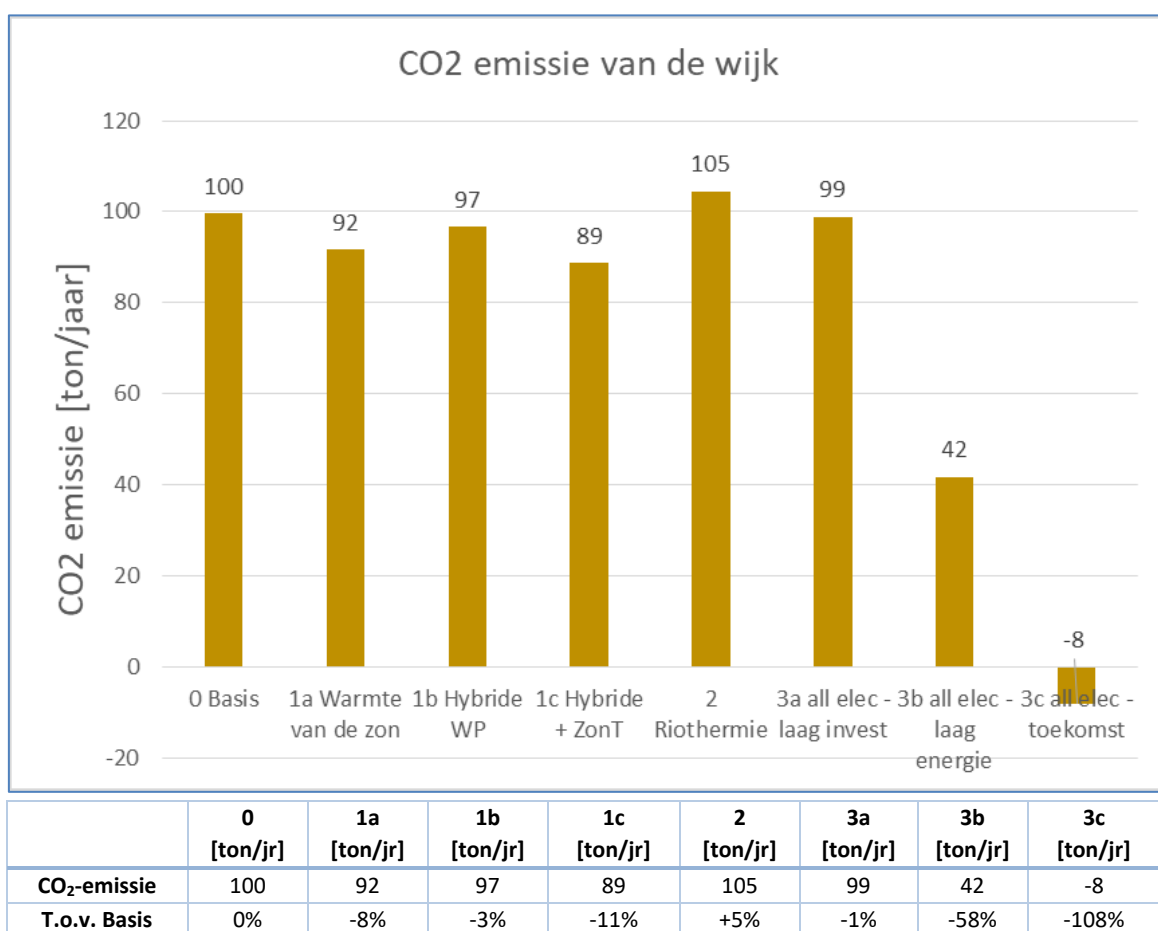
| Scenario    | 0 | 1a  | 1b  | 1c  | 2 | 3a  | 3b | 3c |
|-------------|---|-----|-----|-----|---|-----|----|----|
| Beoordeling | 0 | +/0 | +/0 | +/0 | 0 | +/0 | +  | ++ |

Tabel 6-2: Samenvattende beoordeling voor primair fossiel energieverbruik

## Criterium 2: CO<sub>2</sub>-emissie

Het primair fossiel energieverbruik is uiteraard nauw verband aan CO<sub>2</sub>-emissie, maar is toch niet hetzelfde. De achtergrond hiervan is dat de gemiddelde Nederlandse elektriciteitsmix voor een deel nog wordt opgewekt door kolencentrales, met een iets hogere CO<sub>2</sub>-emissie dan gas. Hierdoor wordt de overgang van gasverbruik naar elektriciteitsverbruik op het criterium CO<sub>2</sub>-emissie iets minder positief beoordeeld dan voor het criterium energieverbruik. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 6-4.

Hier moet bij opgemerkt worden dat de gemiddelde Nederlandse elektriciteitsmix wel verandert en verder zal veranderen. De hoeveelheid elektriciteit van wind en zon neemt toe, en de elektriciteit van kolencentrales zal afnemen. Dat betekent dat de overgang van gasverbruik naar elektriciteitsverbruik dan gunstiger uitpakt voor het criterium CO<sub>2</sub>-emissie.



Figuur 6-4: CO<sub>2</sub>-emissie van de wijk, voor de verschillende scenario's

Voor dit criterium wordt op dezelfde wijze een waardering gegeven, op basis van een 7-puntsschaal. Het basisscenario wordt daarbij als '0' gedefinieerd. De waarderingmethode is weergegeven in Tabel 6-3.

| Waardering | Verandering t.o.v. het basisscenario 0                     |
|------------|--|
| ++         | CO <sub>2</sub> -emissie meer dan 80% gedaald              |
| +          | CO <sub>2</sub> -emissie tussen 20% en 80% gedaald         |
| + / 0      | CO <sub>2</sub> -emissie tussen 5% en 20% gedaald          |
| 0          | CO <sub>2</sub> -emissie minder dan 5% gedaald of gestegen |
| - / 0      | CO <sub>2</sub> -emissie tussen 5% en 20% gestegen         |
| -          | CO <sub>2</sub> -emissie tussen 20% en 80% gestegen        |
| --         | CO <sub>2</sub> -emissie meer dan 80% gestegen             |

Tabel 6-3: Waarderingsmethodiek voor CO<sub>2</sub>-emissie

De resulterende samenvattende beoordeling voor dit criterium is weergegeven in Tabel 6-4.

| Scenario    | 0 | 1a    | 1b | 1c    | 2     | 3a | 3b | 3c |
|-------------|---|-------|----|-------|-------|----|----|----|
| Beoordeling | 0 | + / 0 | 0  | + / 0 | - / 0 | 0  | +  | ++ |

Tabel 6-4: Samenvattende beoordeling voor CO<sub>2</sub>-emissie

### Criterium 3: Gasaansluiting

Vanuit een duurzaamheidsgedachte en vanuit de gedachte van de aardbevingsproblematiek in Groningen is het wenselijk dat woningen op termijn geen gas meer verbruiken. Ook de recente ontwikkeling in het landelijk beleid is hierop gericht. En juist voor nieuwbouw is dit relatief eenvoudig te realiseren.

Om hier invulling aan te geven, krijgen de scenario's met een aardgasaansluiting een (-) als waardering, en de scenario's zonder aardgasaansluiting een (+). Dit leidt tot een beoordeling zoals samengevat in Tabel 6-5.

| Scenario    | 0 | 1a | 1b | 1c | 2 | 3a | 3b | 3c |
|-------------|---|----|----|----|---|----|----|----|
| Beoordeling | - | -  | -  | -  | + | +  | +  | +  |

Tabel 6-5: Samenvattende beoordeling voor aardgasaansluiting

## 6.2 Kosten / economische haalbaarheid

### Criterium 4: Energie-gerelateerde investeringen per woning

Bij de aanschaf van een nieuwe woning is speelt de financiering vaak een belangrijke rol. Een extra investering in energie-gerelateerde maatregelen, kunnen dan onwenselijk zijn, ook als die zichzelf op termijn terug verdienen.

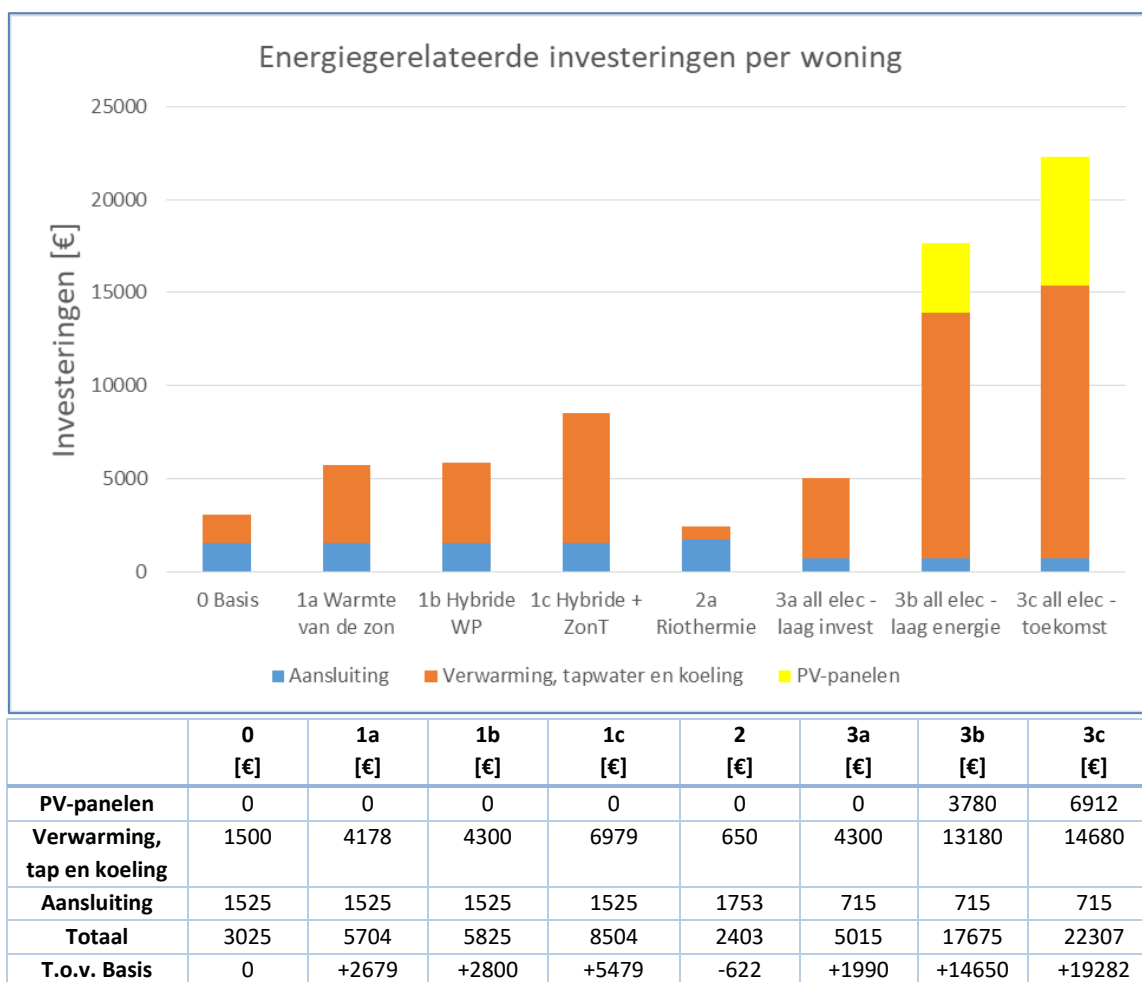
Een positieve aspect daarbij is dat de maximale hypothecaire lening die mensen bij banken kunnen verkrijgen, extra is verhoogd voor zeer energiezuinige woningen<sup>36</sup>. Dit extra leenbedrag moet dan worden besteed aan energiebesparende maatregelen, zoals zonnepanelen of warmtepompen. Voor energiezuinige woningen is dit extra leenbedrag €9.000. In alle scenario's voldoen de woningen hieraan. Voor woningen die tenminste evenveel energie opwekken als gebruiken is dit extra leenbedrag €25.000. Aan dit criterium voldoet alleen scenario 3c.

<sup>36</sup> Bron: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/koopwoning/hypotheek>

In de praktijk is het echter niet eenvoudig om deze extra €25.000 ook daadwerkelijk te kunnen lenen. Banken vragen hierbij om een energieprestatie-garantie van de bouwende partij<sup>37</sup>. De bouwers zijn hier niet zomaar toe bereid omdat zij daarbij ook weer afhankelijk zijn van het woongedrag van de bewoner en van onderhoud van de woning.

Als alternatief kunnen deze investeringen gedaan worden door een andere partij, van wie de energie-installatie dan wordt gehuurd, of geleased.

De energie-gerelateerde investeringen per woning zijn weergegeven in Figuur 6-5. De genoemde bedragen zijn gebaseerd op offertes of andere kostprijsinformatie uit de markt, en inclusief BTW.



Figuur 6-5: Energie-gerelateerde investeringen, voor de verschillende scenario's

Om voor dit criterium ook een passende beoordeling te maken wordt relatie gelegd met de kostprijs van een huis, van bijvoorbeeld €300.000. Tot één procent hogere financiering wordt beoordeeld als geringe verhoging. Eén tot drie procent verhoging wordt beoordeeld als redelijke verhoging. Daarboven wordt beoordeeld als flinke verhoging. Verder wordt in de beoordeling verwerkt of deze extra investering kunnen worden extra hypothecair kunnen worden gefinancierd.

Op basis hiervan wordt een waardering gegeven, op basis van een 7-puntsschaal. Het basisscenario wordt daarbij als '0' gedefinieerd. De waarderingsmethodiek is weergegeven in Tabel 6-6.

<sup>37</sup> Bron: <https://www.rabobank.nl/particulieren/hypotheek/duurzaam-wonen/duurzaam-verbouwen-financieren/>

| Waardering | Verandering t.o.v. het basisscenario 0   |
|------------|--|
| ++         | Investerings meer dan €9.000 gedaald   |
| +          | Investerings tussen €3.000 en €9.000 gedaald   |
| + / 0      | Investerings tussen €1.000 en €3.000 gedaald   |
| 0          | Investerings minder dan €1.000 gedaald of gestegen   |
| - / 0      | Investerings tussen €1.000 en €3.000 gestegen<br>OF investeringen tussen €3.000 en €9.000 gestegen, maar hypothecair extra financierbaar |
| -          | Investerings tussen €3.000 en €9.000 gestegen,<br>OF investeringen meer dan €9.000 gestegen, maar hypothecair extra financierbaar        |
| --         | Investerings meer dan €9.000 gestegen EN niet hypothecair extra financierbaar  |

Tabel 6-6: Waarderingsmethodiek voor energie-gerelateerde investeringen

Voor scenario 2 wijken de extra energie-gerelateerde investeringen weinig af van het basis-scenario. Dit leidt tot een beoordeling (0).

Voor scenario's 1a, 1b en 3a zijn de extra investeringen tussen €1.000 en €3.000, overeenkomend met een beoordeling (-/0).

Voor scenario 1c zijn de extra investeringen tussen €3.000 en €9.000, maar wel hypothecair extra financierbaar. Dit leidt ook tot een beoordeling (-/0).

Voor scenario 3b zijn de extra investeringen meer dan €9.000, en niet volledig hypothecair extra financierbaar. Dat leidt tot een beoordeling (- -).

Voor scenario 3c zijn de extra investeringen ook meer dan €9.000, maar deze kosten zijn wel hypothecair extra financierbaar. Deze woningen zijn immers energie-neutraal. Hoewel dit in de praktijk niet eenvoudig is, leidt dit in principe tot een extra hypothecaire financieringsruimte van €25.000. Dit leidt tot een beoordeling (-).

De resulterende samenvattende beoordeling voor dit criterium is weergegeven in Tabel 6-7.

| Scenario    | 0 | 1a  | 1b  | 1c  | 2 | 3a  | 3b | 3c |
|-------------|---|-----|-----|-----|---|-----|----|----|
| Beoordeling | 0 | -/0 | -/0 | -/0 | 0 | -/0 | -- | -  |

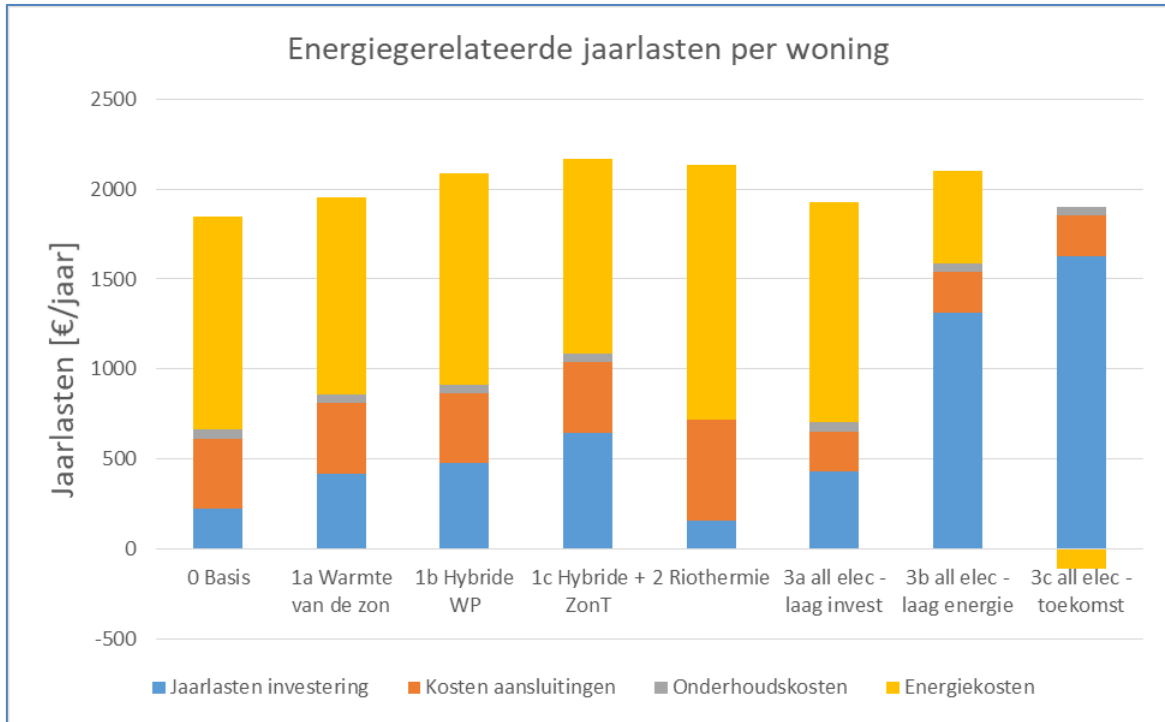
Tabel 6-7: Samenvattende beoordeling voor energie-gerelateerde investeringen

### **Criterium 5: Energie-gerelateerde jaarlasten per woning**

Dit criterium is van belang in verband met de betaalbaarheid voor de koper/bewoner van de woning. Hierin zijn ook de jaarlasten meegenomen die zijn gerelateerd aan de investering. Dit op basis van annuïteiten, uitgaande van een duur die is gekoppeld aan de levensduur, en een rente van 4%. Alle bedragen zijn inclusief BTW. De resultaten voor de verschillende scenario's zijn weergegeven in Figuur 6-6.

In de figuur is duidelijk zichtbaar dat de jaarlasten voor de scenario's 3b en 3c zijn verschoven van energiekosten naar jaarlasten die zijn gerelateerd aan investeringen.





|                               | 0 [€/jr] | 1a [€/jr] | 1b [€/jr] | 1c [€/jr] | 2 [€/jr] | 3a [€/jr] | 3b [€/jr] | 3c [€/jr] |
|-------------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Energiekosten</b>          | 1182     | 1095      | 1172      | 1085      | 1414     | 1224      | 516       | -114      |
| <b>Onderhoud</b>              | 50       | 50        | 50        | 50        | 0        | 50        | 50        | 50        |
| <b>Aansluiting</b>            | 390      | 390       | 390       | 390       | 559      | 224       | 224       | 224       |
| <b>Jaarlasten investering</b> | 223      | 420       | 475       | 646       | 160      | 428       | 1312      | 1629      |
| <b>Totaal</b>                 | 1846     | 1956      | 2087      | 2171      | 2133     | 1926      | 2103      | 1790      |
| <b>T.o.v. Basis</b>           | 0        | +110      | +242      | +325      | +287     | +80       | +257      | -55       |

Figuur 6-6: Energie-gerelateerde jaarlasten, voor de verschillende scenario's

Voor dit criterium is de waarderingsmethodiek weergegeven in Tabel 6-6. Het basisscenario wordt daarbij als '0' gedefinieerd.

| Waardering | Verandering t.o.v. het basisscenario 0                  |
|------------|---|
| ++         | Jaarlasten meer dan €600 per jaar gedaald               |
| +          | Jaarlasten tussen €300 en €600 per jaar gedaald         |
| +/0        | Jaarlasten tussen €100 en €300 per jaar gedaald         |
| 0          | Jaarlasten minder dan €100 per jaar gedaald of gestegen |
| -/0        | Jaarlasten tussen €100 en €300 per jaar gestegen        |
| -          | Jaarlasten tussen €300 en €600 per jaar gestegen        |
| --         | Jaarlasten meer dan €600 per jaar gestegen              |

Tabel 6-8: Waarderingsmethodiek voor energie-gerelateerde jaarlasten

De resulterende samenvattende beoordeling voor dit criterium is weergegeven in Tabel 6-9.

| Scenario           | 0 | 1a  | 1b  | 1c | 2   | 3a | 3b  | 3c |
|--------------------|---|-----|-----|----|-----|----|-----|----|
| <b>Beoordeling</b> | 0 | -/0 | -/0 | -  | -/0 | 0  | -/0 | 0  |

Tabel 6-9: Samenvattende beoordeling voor energie-gerelateerde jaarlasten

### ***criterium 6: Economische haalbaarheid van de collectieve voorziening***

In scenario 2 is sprake van een collectieve voorziening, in de vorm van riothermie, een collectieve warmtepomp en een warmtenet, waarmee warmte wordt geleverd aan de woningen. De vraag die hierbij naar voren komt is of deze voorziening economisch haalbaar is voor de exploitant van deze voorziening.

De prijs die gevraagd mag worden voor de warmte is gemaximeerd door de ACM. Het achterliggende principe daarbij is dat de kosten voor de bewoner niet hoger mogen zijn dan in het geval van het gebruik van aardgas<sup>38</sup>. Op dit moment is de maximum prijs vastgesteld op €24,05 incl. BTW per geleverde gigajoule. Dit komt overeen met €19,88 excl. BTW per GJ.

De woningen zijn volgens de huidige normen geïsoleerd. Dat betekent dat de warmtevraag niet erg hoog is. Voor het tapwater levert het warmtenet ongeveer 60% van de energievraag. De totale gemiddelde warmtevraag per woning is circa 19,5 GJ per jaar. Voor de wijk met 33 woningen is dit circa 644 GJ per jaar. Dit leidt tot inkomsten van circa € 12.800 per jaar.

Een schatting voor de kosten van het gehele riothermie systeem met warmtenet, is beschreven in een quickscan van Tauw, ref. [12]. Een samenvatting van de geschatte kosten en resulterende jaarlasten op basis van annuïteit zijn weergegeven in Tabel 6-10.

| <b>Systeem</b>               | <b>Investing</b> | <b>Afschrijftermijn</b> | <b>Annuïteit (rente 4%)</b> |
|------------------------------|------------------|-------------------------|-----------------------------|
| <b>Riool-warmtewisselaar</b> | k€ 59            | 30 jaar                 | k€ 3,41 per jaar            |
| <b>Transportleiding</b>      | k€ 18            | 30 jaar                 | k€ 1,04 per jaar            |
| <b>Warmtepomp</b>            | k€ 28            | 15 jaar                 | k€ 2,52 per jaar            |
| <b>Distributieleidingen</b>  | k€ 99            | 30 jaar                 | k€ 5,73 per jaar            |
| <b>Afgiftesysteem</b>        | k€ 33            | 15 jaar                 | k€ 2,97 per jaar            |
| <b>Projectkosten</b>         | k€ 71            | 30 jaar                 | k€ 4,11 per jaar            |
| <b>Totaal</b>                | <b>k€ 308</b>    |                         | <b>k€ 19,77 per jaar</b>    |

*Tabel 6-10: Geschatte investeringen en jaarkosten voor het riothermie-systeem*

Een andere jaarlijkse kostenpost is voor de inkoop van elektriciteit voor de warmtepomp en voor transport en distributie van warmte. Dit wordt geschat € 4.080 excl. BTW per jaar, op basis van 51MWh per jr<sup>39</sup>, tegen een prijs van €80 per MWh.

De jaarlijkse kosten voor beheer en onderhoud wordt geschat op €10.000 per jaar

In Tabel 6-11 zijn de geschatte kosten en opbrengsten per jaar samengevat voor het riothermie-systeem.

<sup>38</sup> Dit is het niet-meer-dan-anders-principe, of NMDA-principe.

<sup>39</sup> Elektriciteitsverbruik warmtepomp 47 MWh/jr (o.b.v. COP=4), en voor transport en distributie 4 MWh/jr.

|                                    | Kosten en inkomsten            |
|------------------------------------|--------------------------------|
| <b>Inkomsten</b>                   | k€ 12,8 per jaar               |
| <i>Jaarlasten voor investering</i> | <i>k€ 19,77 per jaar</i>       |
| <i>Beheer en onderhoud</i>         | <i>k€ 10,00 per jaar</i>       |
| <i>Energiekosten</i>               | <i><u>k€ 4,08 per jaar</u></i> |
| <b>Totaal kosten</b>               | <b><u>k€ 33,9 per jaar</u></b> |
| <b>Bedrijfsresultaat</b>           | k€ -21,8 per jaar<br>-165%     |

Tabel 6-11: Kosten en inkomsten per jaar van het riothermie-systeem

Uit de tabel blijkt dat de geschatte jaarlijkse kosten bijna drie keer zo hoog zijn als de jaarlijkse opbrengsten.

De belangrijkste oorzaak voor dit negatieve bedrijfsresultaat is de relatief grote investering die gedaan moet worden, in vergelijking met de relatief kleine inkomsten. Indien de werkelijke kosten iets meevallen in vergelijking met de geschatte kosten, verandert dit beeld niet wezenlijk, en blijft het bedrijfsresultaat negatief. Daarnaast kunnen we werkelijke kosten ook hoger uitpakken dan de geschatte kosten, waardoor het resultaat verder negatief wordt.

Dat betekent dat riothermie in deze situatie economisch niet haalbaar is. Dit scenario wordt voor dit criterium met een (- -) beoordeeld. Voor de andere scenario's is dit criterium niet van toepassing.

De resulterende samenvattende beoordeling voor dit criterium is weergegeven in Tabel 6-12.

| Scenario           | 0      | 1a     | 1b     | 1c     | 2   | 3a     | 3b     | 3c     |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|-----|--------|--------|--------|
| <b>Beoordeling</b> | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. | - - | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. |

Tabel 6-12: Samenvattende beoordeling voor economische haalbaarheid van de collectieve voorziening

## 6.3 Organiseerbaarheid

### **Criterium 7: Realiseerbaarheid**

Bij dit punt gaat het om de realiseerbaarheid vanuit de positie van de gemeente. Daarbij gaat het om juridische afdwingbaarheid en om het kunnen maken van afspraken.

Zoals is beschreven in paragraaf 3.7, verandert de wetgeving betreffende het aansluitingen op een gasnet. In de huidige situatie (tot 1 juli 2018) is er sprake van een aansluitplicht voor iedereen die er om vraagt. Een aardgasaansluiting is dus de standaard optie.

In de nieuwe situatie (vanaf 1 juli 2018) is de aansluitplicht niet meer geldig voor nieuwbouw, tenzij het college van burgemeester en wethouders "zwaarwegende redenen van algemeen belang" heeft waardoor aansluiting op het gasnet wel "strikt noodzakelijk" is. Wat voor redenen dit mogen zijn moet nog worden beschreven in een ministeriële regeling.

Naast juridische afdwingbaarheid gaat het bij dit criterium ook over het kunnen maken van afspraken met andere betrokken partijen, met name de projectontwikkelaars.

Om de scenario's volgens dit criterium te kunnen waarderen, is een 7-punts schaal gedefinieerd, zoals weergegeven in Tabel 6-13.

| Waardering | Beschrijving  |
|------------|---|
| ++         | Niet van toepassing   |
| +          | Niet van toepassing   |
| +/0        | Niet van toepassing   |
| 0          | Scenario is de 'standaard' optie, en vraagt geen extra inspanning       |
| -/0        | Scenario is met enige extra inspanning af te dwingen of af te spreken   |
| -          | Scenario is met veel inspanning af te dwingen of af te spreken          |
| --         | Scenario is ook met veel inspanning niet af te dwingen of af te spreken |

Tabel 6-13: Waarderingsmethodiek voor het criterium realiseerbaarheid

Deelgebied II fase II, is reeds bouwrijp gemaakt, inclusief de aanleg van een gasnet. Met het ingaan van de nieuwe wet, per 1 juli 2018, is aansluiting op dit net echter niet meer mogelijk, tenzij de gemeente 'zwaarwegende redenen van algemeen belang' heeft om dit wél te doen. Wat voor redenen dit zouden kunnen zijn moet nog door het ministerie worden beschreven, maar vanuit de optiek van de gemeente liggen deze redenen niet voor de hand.

Om gasaansluitingen te realiseren, moet de gemeente dus extra moeite doen. Om die reden worden de scenario's met een gasaansluiting met een (-) beoordeeld. Dit betreffen scenario's 0, 1a, 1b en 1c.

In het scenario met de collectieve voorziening in de vorm van riothermie en een warmtenet, moet er een partij zijn die bereid is om in deze collectieve voorziening te investeren en deze te exploiteren. Een natuurlijke partij hiervoor zou Cogas kunnen zijn, maar dit kan ook een andere partij zijn. Om dit te realiseren moeten afspraken worden gemaakt en is afstemming nodig. Daarnaast moet een warmteplan worden gemaakt. Dit wordt met een (-/0) beoordeeld.

In de huidige bouwpraktijk worden vaak huizen gerealiseerd die alleen op elektriciteit worden aangesloten. Deze worden dan meestal voorzien van lucht-waterwarmtepompen, in overeenstemming met scenario 3a. Met het wegvallen van de gasaansluiting, is dit de standaardoptie geworden, en kan zonder verdere inspanningen worden gerealiseerd. Dit wordt met een (0) beoordeeld.

Het aanbrengen van bodem-waterwarmtepompen is ook een optie die in de praktijk regelmatig wordt toegepast. Dit geldt voor de scenario's 3b en 3c. Deze systemen zijn voldoende standaard beschikbaar en worden deze ingezet in het land. Dit kan zonder al te veel moeite worden afgesproken met de bouwers. Dit wordt met een (-/0) beoordeeld.

De samenvatting voor dit criterium is weergegeven in Tabel 6-14.

| Scenario    | 0 | 1a | 1b | 1c | 2   | 3a | 3b  | 3c  |
|-------------|---|----|----|----|-----|----|-----|-----|
| Beoordeling | - | -  | -  | -  | -/0 | 0  | -/0 | -/0 |

Tabel 6-14: Samenvattende beoordeling voor het criterium realiseerbaarheid

### **Criterium 8: Complexiteit van de organisatievorm**

Bij dit punt gaat het om de complexiteit van partijen waarmee een individuele bewoner/eigenaar te maken heeft voor de energievoorziening. Zoals beschreven in paragraaf 5.2, gaat het hierbij om transparantie, keuzevrijheid en zelfstandigheid.

Om de scenario's volgens dit criterium te kunnen waarderen, is een 7-punts schaal gedefinieerd, zoals weergegeven in Tabel 6-15. Dit wordt gerelateerd aan de 'standaard'-situatie, waarbij de

bewoner/eigenaar te maken heeft met een leverancier van aardgas en elektriciteit naar keuze naar keuze, en op de achtergrond de netbeheerders van het gasnet en het elektriciteitsnet.

| Waardering | Beschrijving   |
|------------|--|
| ++         | De bewoner/eigenaar is zelfvoorzienend en heeft niet meer te maken met partijen voor de energievoorziening       |
| +          | De bewoner/eigenaar heeft te maken met minder complexiteit van partijen voor de energievoorziening               |
| + / 0      | De bewoner/eigenaar heeft te maken met een beetje minder complexiteit van partijen voor de energievoorziening    |
| 0          | De bewoner/eigenaar heeft te maken met de 'standaard' partijen voor de energievoorziening                        |
| - / 0      | De bewoner/eigenaar heeft te maken met een beetje meer complexiteit van partijen voor de energievoorziening      |
| -          | De bewoner/eigenaar heeft te maken met meer complexiteit van partijen voor de energievoorziening                 |
| --         | De bewoner/eigenaar heeft te maken met een zeer complexe situatie, waardoor de energievoorziening in gevaar komt |

Tabel 6-15: Waarderingsmethodiek voor het criterium complexiteit van de organisatievorm

In de scenario's 0, 1a, 1b en 1c is er sprake van een 'standaard' situatie met een gasaansluiting en een elektriciteitsaansluiting, zoals die in de huidige praktijk nog gebruikelijk is. Deze scenario's worden op dit criterium dus met een (0) beoordeeld.

In scenario 2 is sprake van een warmtenet, dat wordt geëxploiteerd door één bepaalde partij. De bewoner/eigenaar heeft te maken met een warmteleverancier in plaats van een gasleverancier. Het aantal partijen waarmee de bewoner/eigenaar te maken heeft blijft daarbij gelijk. Nadeel is dat de bewoner/eigenaar geen andere leverancier voor warmte kan kiezen. Als de bewoner/eigenaar niet tevreden is over de levering, of als de warmteleverancier zelf in de problemen komt, blijft hij of zij toch afhankelijk van de leverancier. Daarom wordt dit met een (-/0) beoordeeld.

In scenario's 3a, 3b en 3c is er alleen sprake van een aansluiting op het elektriciteitsnet. De bewoner/eigenaar heeft dus te maken met minder partijen. Daarom wordt dit met een (+/0) beoordeeld.

De samenvatting voor dit criterium is weergegeven in Tabel 6-16.

| Scenario    | 0 | 1a | 1b | 1c | 2   | 3a    | 3b    | 3c    |
|-------------|---|----|----|----|-----|-------|-------|-------|
| Beoordeling | 0 | 0  | 0  | 0  | -/0 | + / 0 | + / 0 | + / 0 |

Tabel 6-16: Samenvattende beoordeling voor het criterium complexiteit van de organisatievorm

## 6.4 Comfort

### *Criterium 9: Koeling*

Zoals eerder beschreven kan het bij een goed geïsoleerde woning gedurende een warme zomerperiode lastig zijn om de warmte af te voeren. Daarom is de mogelijkheid om actief te kunnen koelen een meerwaarde.

Om de scenario's volgens dit criterium te kunnen waarderen, is een eenvoudige 3-punts schaal gedefinieerd, zoals weergegeven in Tabel 6-17. Hierbij wordt als standaard aangenomen dat met de energie-installatie niet kan worden gekoeld.

| Waardering | Beschrijving  |
|------------|---|
| ++         | De energie-installatie is ook geschikt om mee te koelen                                   |
| +          | Met de energie-installatie kan ook gekoeld worden, maar deze heeft daarbij ook een nadeel |
| 0          | Met de energie-installatie kan niet worden gekoeld  |

*Tabel 6-17: Waarderingsmethodiek voor het criterium koeling*

In scenario's 0, 1a, 1b, 1c en 2 kan met de energie-installatie niet worden gekoeld. Dit wordt met een (0) beoordeeld.

In scenario 3a is een lucht/water warmtepomp geplaatst. Hiermee kan worden gekoeld, maar heeft als nadeel dat dit relatief veel energie kost, omdat de buitenlucht in die periode relatief warm is. Daarnaast maakt de buiten-unit van deze warmtepomp geluid, wat toch enige hinder kan leiden. Dit wordt met een (+) beoordeeld.

In scenario's 3b en 3c is een bodem/water warmtepomp geplaatst. Dit kost weinig energie, omdat de bodem voldoende koel is om mee te koelen. Het is voldoende om de pomp naar de bodemlussen te laten draaien. Dit wordt met een (++) beoordeeld.

De samenvatting voor dit criterium is weergegeven in Tabel 6-18.

| Scenario    | 0 | 1a | 1b | 1c | 2 | 3a | 3b | 3c |
|-------------|---|----|----|----|---|----|----|----|
| Beoordeling | 0 | 0  | 0  | 0  | 0 | +  | ++ | ++ |

*Tabel 6-18: Samenvattende beoordeling voor het criterium koeling*

## 6.5 Samenvatting van de beoordeling

De samenvattende beoordeling voor alle criteria is weergegeven in Tabel 6-19.

| Scenario  | Zuinig met Gas |            |                |                       | Coll.     | Alles elektrisch      |                     |                           |
|---|----------------|------------|----------------|-----------------------|-----------|-----------------------|---------------------|---------------------------|
|   | 0<br>Basis     | 1a<br>ZonT | 1b<br>Hybr. WP | 1c<br>ZonT & Hybr. WP | 2<br>RioT | 3a<br>Beperkt invest. | 3b<br>Laag verbruik | 3c<br>Klaar voor toekomst |
| <b>Duurzaamheid</b>                                       |                |            |                |                       |           |                       |                     |                           |
| 1 Energieverbruik   | 0              | +/0        | +/0            | +/0                   | 0         | +/0                   | +                   | ++                        |
| 2 CO <sub>2</sub> -emissie                                | 0              | +/0        | 0              | +/0                   | -/0       | 0                     | +                   | ++                        |
| 3 Gasaansluiting  | -              | -          | -              | -                     | +         | +                     | +                   | +                         |
| <b>Kosten / economische haalbaarheid</b>                  |                |            |                |                       |           |                       |                     |                           |
| 4 Energie-gerelateerde investeringen per woning           | 0              | -/0        | -/0            | -/0                   | 0         | -/0                   | --                  | -                         |
| 5 Energie-gerelateerde jaarlasten per woning              | 0              | -/0        | -/0            | -                     | -/0       | 0                     | -/0                 | 0                         |
| 6 Economische haalbaarheid van de collectieve voorziening | n.v.t.         | n.v.t.     | n.v.t.         | n.v.t.                | --        | n.v.t.                | n.v.t.              | n.v.t.                    |
| <b>Organisatie</b>  |                |            |                |                       |           |                       |                     |                           |
| 7 Realiseerbaarheid                                       | -              | -          | -              | -                     | -/0       | 0                     | -/0                 | -/0                       |
| 8 Complexiteit van de organisatievorm                     | 0              | 0          | 0              | 0                     | -/0       | +/0                   | +/0                 | +/0                       |
| <b>Comfort</b>  |                |            |                |                       |           |                       |                     |                           |
| 9 Koeling   | 0              | 0          | 0              | 0                     | 0         | +                     | ++                  | ++                        |

Tabel 6-19: Samenvattende beoordeling voor alle criteria

Deze resultaten worden nader afgewogen in hoofdstuk 7.

# 7 Afwegingen en aanbevelingen

## 7.1 Afwegingen van de scenario's

### 7.1.1 Scenario 0: Basis

In dit scenario worden prima woningen gebouwd naar de huidige bouwnormen (EPC 0,4) en huidige stand der techniek. Deze woningen zijn energiezuinig in vergelijking met oudere woningen. Bijvoorbeeld: Het gebouw-gebonden energieverbruik van woningen, gebouwd volgens de actueel geldende normen is in de afgelopen 10 jaar gehalveerd (par. 3.4.1 en par. 3.5).

Nadeel is dat deze woningen voor verwarming en tapwater nog steeds gebruik maken van aardgas, circa 650 m<sup>3</sup> per jaar (par. 6.1). Dit is tegen de gewenste ontwikkeling om het gebruik van aardgas te reduceren en uiteindelijk te beëindigen (par. 3.6). Dit beleid is versterkt door de aardbevingsproblematiek in Groningen. Ook vanuit de gemeente is het de wens om nieuwe woningen zonder aardgasaansluiting te realiseren<sup>40</sup>.

Ook in het licht van de nieuwe wetgeving is dit niet een wenselijk optie. Vanaf 1 juli 2018 geeft de gaswet immers aan dat nieuwe woningen niet meer op het gasnet worden aangesloten, tenzij de gemeente zwaarwegende redenen heeft om dit wel te doen.

### 7.1.2 Scenario's 1a, 1b en 1c: Zuinig met gas

Om het gasverbruik te reduceren, worden in deze scenario's verschillende installaties ingezet: zonthermie (1a), hybride warmtepomp (1b) of allebei (1c). Hiermee wordt inderdaad het gasverbruik teruggebracht (par. 6.1). Vooral de hybride warmtepomp heeft hier een positieve bijdrage, door het gasverbruik ongeveer te halveren.

Dit leidt tot een bescheiden verbetering op criterium 1: primair fossiel energieverbruik, en op criterium 2: CO<sub>2</sub>-emissie. De verbetering op CO<sub>2</sub>-emissie komt vooral op naam van de zon-thermie (-8%). De hybride warmtepomp heeft een bescheiden bijdrage (-3%). Deze vervangt gasverbruik immers deels door elektriciteitsverbruik, wat in Nederland nog voor een groot deel door fossiele energie wordt opgewekt.

Deze scenario's leidt wel tot enige extra investeringen, volgens criterium 4, en ook enige extra jaarlasten, volgens criterium 5 (par. 6.2).

Nadeel in deze scenario's blijft dat nog steeds sprake is van een gasaansluiting (criterium 3), tegen het beleid van de Rijksoverheid en de wens van de gemeente in.

<sup>40</sup> Bron: Uitvoeringsagenda Duurzame Energie Wierden 2018-2022



### 7.1.3 Scenario 2: Riothermie

In dit scenario wordt een warmtenet aangelegd op basis van riothermie. De warmte van het riool wordt met behulp van een collectieve warmtepomp opgewaardeerd tot de gewenste temperatuur. Hierbij worden de woningen niet meer aangesloten op het gasnet en het gasverbruik dus gereduceerd tot nul.

Voor het opwaarderen van de warmte verbruikt de collectieve warmtepomp elektriciteit. Het primair fossiel energieverbruik (criterium 1) blijft vrijwel gelijk ten opzichte van het basisscenario. De CO<sub>2</sub>-emissie (criterium 2) neemt zelfs licht toe.

De energie-gerelateerde investeringen (criterium 4) per woning blijven vrijwel gelijk. De investeringen voor riothermie, de warmtepomp en het warmtenet worden gedragen door een andere partij.

De energie-gerelateerde jaarlasten (criterium 5) per woning nemen iets toe.

Een probleem bij dit scenario is de economische haalbaarheid van de collectieve voorziening (par. 6.2, criterium 6). De kosten van exploitatie van dit systeem zijn bijna drie keer zo hoog als de inkomsten van het leveren van warmte. De inkomsten voor de exploitant zijn bescheiden, omdat het relatief klein aantal woningen betreft, en de woningen goed geïsoleerd zijn. De jaarkosten worden voor een groot deel veroorzaakt door de hoge investeringskosten, maar ook als deze fors zouden dalen, blijven de kosten hoger dan de inkomsten.

In een bredere context betekent dit dat ook andere vormen van een collectief warmtesysteem, in deze situatie van Zuidbroek, niet economisch haalbaar zijn. Andere varianten zoals een asfaltthermie en riothermie met warmte-koudeopslag vergen vergelijkbare of zelfs hogere investeringen (ref [12]).

### 7.1.4 Scenario's 3a, 3b en 3c: Alles elektrisch

Bij deze scenario's wordt de gehele warmtevraag elektrisch ingevuld. In scenario 3a wordt dat gedaan met een lucht/water-warmtepomp. Hierdoor daalt het primair fossiel energieverbruik van dit scenario slechts licht (criterium 1). De CO<sub>2</sub>-emissie blijft vrijwel gelijk.

De reden dat de CO<sub>2</sub>-emissie in dit scenario vrijwel gelijk blijft, is dat elektriciteit in Nederland nog voor een groot deel wordt opgewekt met gas en kolen. De verwachting voor de komende jaren is dat de elektriciteitsmix positief zal wijzigen: er worden kolencentrales gesloten en er komen windturbines bij. De CO<sub>2</sub>-emissie daalt naar verwachting van de huidige 0,49 kgCO<sub>2</sub>/kWh naar 0,19 kgCO<sub>2</sub>/kWh in 2030<sup>41</sup>. Het verbruik van elektriciteit leidt dan tot minder dan de helft aan CO<sub>2</sub>-emissie.

In scenario 3b en 3c wordt een bodem/water-warmtepomp gebruikt, die minder energie verbruikt dan een lucht/water-warmtepomp. Verder worden PV-panelen ingezet om elektriciteit op te wekken, 12 panelen voor scenario 3b en 24 panelen voor scenario 3c. Daarin wordt op dit punt ook voldaan aan de BENG-bouwnormen, die in 2020 van kracht worden, waarbij het ook verplicht is om een deel van de energie zelf op te wekken (par. 3.4.2).

Door de PV-panelen wordt de elektriciteit deels of zelfs geheel door PV-panelen opgewekt. Het primair fossiel energieverbruik en de CO<sub>2</sub>-emissie dalen hierdoor fors (criteria 1 en 2).

---

<sup>41</sup> Uniforme Maatlat

De extra energie-gerelateerde investeringen (criterium 4) voor scenario 3a zijn bescheiden. Voor scenario's 3b en 3c zijn deze fors. Dit wordt veroorzaakt door de bodem/water-warmtepomp en het PV-systeem. Hier speelt financierbaarheid een rol. In scenario 3c zijn de woningen energie-neutraal, en komen daarom in principe in aanmerking voor €25.000 extra hypothecaire financieringsruimte (par. 6.2). Voor scenario 3b geldt dat niet. Om deze extra financieringsruimte voor 3c ook te verkrijgen, vragen de banken wel om een energieprestatie-garantie van de bouwer. De bouwers zijn hier echter terughoudend mee, dus in de praktijk valt het niet mee om de extra financieringsruimte ook te verkrijgen.

De extra energie-gerelateerde jaarlasten (criterium 5) zijn voor scenario 3a iets hoger dan in het basisscenario. Voor scenario 3b zijn de jaarlasten nog wat hoger. Voor scenario 3c zijn de jaarlasten juist iets lager, dankzij de gunstige invloed van de PV-panelen.

Voor alle scenario's van de categorie Alles Elektrisch geldt dat het enige moeite zal kosten om dit te realiseren (criterium 7). Tijdens het bouwrijp maken van Fase II van deelgebied 2 is immers reeds een gasnet aangelegd. Ook in het licht van de nieuwe wetgeving die reeds is aangenomen door de Tweede en Eerste Kamer (par. 3.7) betekent dit dat er nog steeds sprake is van een aansluitplicht op het gasnet. Dat betekent dat elk van deze scenario's slechts kan worden gerealiseerd in nauw overleg met de bouwers.

Dit geldt niet voor Fase III van deelgebied 2. Daar is immers nog geen gasnet aangelegd.

Een voordeel voor de bewoner van een Alles Elektrisch woning is dat hij of zij te maken heeft met minder partijen. De complexiteit van de organisatie neemt af (criterium 8).

In de keuze tussen een lucht/water-warmtepomp (scenario 3a) en een bodem/water-warmtepomp (scenario's 3b en 3c) speelt geluidshinder ook een rol. De buiten-unit van een lucht/water-warmtepomp geeft enig geluid, zowel bij verwarming als bij koeling. Met name op warme dagen, als men relatief veel buiten is, kan dit tot enige hinder leiden.

Een positieve meerwaarde voor een Alles Elektrisch woning is de mogelijkheid om te koelen (criterium 9). Dit verhoogt het comfort. Dat geldt vooral voor de bodem/water-warmtepomp uit scenario's 3b en 3c, waarbij het voor koeling voldoende is om een kleine pomp te laten draaien.

### 7.1.5 **Combinatie van scenario's**

De scenario's die zijn onderzocht in dit rapport zijn onderling onderscheidend, en geven een goed beeld van de mogelijkheden. Uiteraard zijn er ook andere scenario's denkbaar, waarbij een andere combinatie van de gebruikte bouwstenen wordt gebruikt.

De toepassing van PV-panelen is bijvoorbeeld een bouwsteen die niet alleen passend is voor scenario's 3b en 3c, maar ook goed gecombineerd kan worden met de scenario's. Hieronder worden enkele voorbeelden behandeld<sup>42</sup>.

#### ***Combinatie van lucht/water-warmtepomp en PV-panelen***

Als realistisch voorbeeld kan de toepassing van een lucht/water-warmtepomp, uit scenario 3a, gecombineerd worden met 12 PV-panelen, uit scenario 3b. De eigenschappen van dit nieuwe scenario is een combinatie van de eigenschappen van scenario's 3a en 3b:

- Netto energieverbruik en de CO<sub>2</sub>-emissie: bijna even goed als voor scenario 3b (+)

<sup>42</sup> Deze voorbeelden zijn naar voren gekomen in gesprekken met de bouwers en COGAS.

- Investerings: tussen die van 3a en 3b in (-/0)
- Energie-gerelateerde jaarlasten: Vanwege de PV-panelen lager dan 3a (0)
- Organiseerbaarheid: als bij 3a (0 en +/-0)
- Koelmogelijkheid: als bij 3a (+)

### ***Combinatie van riothermie en individuele warmtepompen***

In scenario 2 wordt riothermie toegepast met een collectieve warmtepomp, waarmee warmte geleverd wordt aan de woningen. Een alternatief is dat riothermie wordt gecombineerd met een individuele warmtepomp per woning. In het warmtenet wordt dan geen warm water gedistribueerd (van circa 45°C), maar lauw water (van 10°C tot 20°C). De individuele warmtepomp lijkt hierbij op de bodem/warmte-pomp uit scenario's 3b en 3c, maar maakt gebruik van een warmtewisselaar, in plaats van bodemplussen.

In dit scenario is er nog steeds sprake van een collectieve voorziening, die geëxploiteerd moet worden. Voor de bewoners geldt dat zij betalen voor de geleverde warmte zoals in scenario 2, maar daarnaast moet de warmte opgewaardeerd worden tot een bruikbare temperatuur. Dit kost ook weer energie, in overeenstemming met bijvoorbeeld scenario 3b. De bewoners betalen dus in zekere zin dubbel.

## **7.2 Aanbevelingen**

### **7.2.1 Energie-infrastructuur**

De belangrijkste keuze om te maken is welke energie-infrastructuur daadwerkelijk moet worden toegepast. Op basis van de onderzochte scenario's worden daarvoor aantal aanbevelingen gedaan. Let op dat deze aanbevelingen gebaseerd zijn op de analyses voor Zuidbroek deelgebied 2, fase II.

#### ***Aanbeveling 1: Geen warmtenet***

Toelichting: Onderzocht is de mogelijkheid van een warmtenet op basis van riothermie (par. 6.2). Hieruit is gebleken dat de exploitatie van een dergelijke systeem economische niet haalbaar is (par. 7.1.3). Een warmtenet op basis van een andere warmtebron leidt tot een vergelijkbare situatie.

#### ***Aanbeveling 2: Geen aardgas-aansluitingen***

Toelichting: Aansluiting op het aardgasnet is niet de gewenste optie vanuit de optiek van duurzaamheid. In het licht van de nieuwe wetgeving vanaf 1 juli 2018 zijn gasaansluitingen ook niet de ook niet de gewenste keuze (par. 7.1.2).

#### ***Aanbeveling 3: Kies voor Alles-elektrisch, en ga met de bouwers in gesprek over de uitwerking***

Toelichting: Vanuit het oogpunt van duurzaamheid zijn de Alles-elektrisch varianten het beste. Dat geldt zeker in de (nabije) toekomst als de elektriciteitsmix in Nederland verder wordt verduurzaamd, door de sluiting van kolencentrales en de bouw van windparken (par. 7.1.4). Dit is ook beter in overeenstemming met de beleid van de rijksoverheid en de wens van de gemeente. Bovendien kunnen de warmtepompen ook koelen, waarmee de bouwers aan hun klanten extra comfort bieden. Hiermee wordt ook de installatie van energie-onzuinige airco's in een later stadium voorkomen.

De keuze tussen lucht/water-warmtepompen en bodem/water-warmtepompen moet nader worden afgewogen.

## 7.2.2 Energie-systemen

Op het niveau van de energiesystemen worden op basis van de analyses ook enkele aanbevelingen gedaan.

### ***Aanbeveling 4: Kies laag-temperatuur vloerverwarming***

Toelichting: In de scenario's is steeds uitgegaan van laag-temperatuur vloerverwarming. Dit werkt in alle gevallen positief voor het energetisch rendement van de verwarming. Voor de toepassing van warmtepompen is dit zelfs noodzakelijk. Met de goede isolatie-graad van nieuwbouwwoningen zijn deze ook prima met laag-temperatuur vloerverwarming te verwarmen.

### ***Aanbeveling 5: Maak het dak geschikt voor een flinke hoeveelheid PV-panelen***

- *Hou bij noord-zuid gerichte daken, de zuidzijde volledig vrij voor PV-panelen*
- *Hou bij oost-west gerichte daken, zowel de oost- als de westzijde voor een flink deel vrij voor PV-panelen*
- *Bij voorkeur worden deze PV-panelen reeds tijdens de bouw aangebracht*

Toelichting: Uit scenario's 3b en 3c is gebleken dat PV-panelen bijzonder gunstig zijn voor het netto energieverbruik, CO<sub>2</sub>-emissie en de jaarlasten (par. 7.1.4).

### ***Aanbeveling 6: Overweeg de installatie van bodem/water-warmtepompen i.p.v. lucht/water-warmtepompen***

Toelichting: Bodem/water-warmtepompen zijn weliswaar duurder dan lucht/water-warmtepompen, maar zijn ook zuiniger in gebruik en zijn nog meer geschikt om te koelen (par. 7.1.4). Tot slot hebben bodem/water-warmtepompen geen buiten-unit waarmee het risico op enige mate van geluidshinder wordt voorkomen.

### ***Aanbeveling 7: Hou ruimte vrij voor een thuisbatterij***

Toelichting: Thuisbatterijen zijn geen onderdeel van de scenario's, omdat deze in de huidige situatie geen meerwaarde hebben. Dit wordt anders als de salderingsregeling verdwijnt of sterk wordt versoerd. Dan kunnen thuisbatterijen een goede aanvulling zijn op PV-panelen (par. 4.2.6). Het vrijhouden van enige ruimte op een geschikte plaats, zoals bijvoorbeeld de meterkast, kan in een later stadium voor de bewoner/eigenaar erg plezierig zijn.

## 7.2.3 Overig

Op basis van de analyses worden nog enkele overige aanbevelingen gedaan.

### ***Aanbeveling 8: Zorg dat de energie-gerelateerde meerkosten extra hypothecair financierbaar zijn***

Toelichting: Voor energiezuinige woningen kan gebruik worden gemaakt van extra hypothecaire financieringsruimte voor energiebesparende maatregelen. Voor 'gewoon' energiezuinige woningen is deze extra ruimte €9.000 en voor energie-neutrale woningen is deze extra ruimte in principe zelfs €25.000. Zie als voorbeeld de energie-neutrale woningen van scenario 3c. Met deze extra financiering kan een belangrijke belemmering worden weggenomen voor een koper van een dergelijke woning. Hierbij vragen banken om een energieprestatie-garantie. Het verdient aanbeveling om de mogelijkheid hiervan nader te onderzoeken.

### ***Aanbeveling 9: Voorkom schaduw van bomen op daken***

Toelichting: Door bij de aanplant van bomen rekening te houden met schaduwwerking als deze bomen groot zijn, kan schaduw op PV-panelen in de toekomst worden voorkomen.



# 8 Bibliografie

- [1] ECN, PBL, CBS, RVO, „Nationale Energieverkenning 2017,” ECN, Petten, 2017.
- [2] NEN, „Nederlandse Norm NEN 7120+C2 Energieprestatie van gebouwen - Bepalingsmethode,” Nederlands Normalisatie instituut, October 2012.
- [3] RVO, „Wettelijke eisen - BENG,” Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2018. [Online]. Available: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/wetten-en-regels-gebouwen/nieuwbouw/energieprestatie-beng/wettelijke-eisen-beng>.
- [4] „Stroomversnelling,” [Online]. Available: <http://stroomversnelling.nl/>.
- [5] W/E adviseurs, „Protocol Uniforme Maatlat Gebouwde Omgeving (UMGO) - versie 4.2,” Nationaal Expertisecentrum Warmte (NEW) - RVO, Eindhoven, 31 Maart 2018.
- [6] ECN, Energie-Nederland en Netbeheer Nederland, „Energietrends 2016,” September 2016.
- [7] Ministerie van Economische Zaken, „Energieagenda - Naar een CO<sub>2</sub>-arme energievoorziening,” Den Haag, December 2016.
- [8] Ministerie van Economische Zaken, „Green Deal Aardgasvrije Wijken,” Nationaal Expertisecentrum Warmte (NEW) - RVO, 8 Maart 2017.
- [9] Natuur en Milieu, „Onderzoek Aardgasloze Nieuwbouw,” Mei 2017.
- [10] Solar Solutions, „Nationaal Solar Trendrapport 2018,” Solar Solutions, 2018.
- [11] Fraunhofer ISE, „Photovoltaics Report,” Freiburg, 2018.
- [12] B. Meddeler, „Quickscan riothermie en asfaltcollectoren ontwikkeling Zuidbroek Wierden,” Tauw, Deventer, 2018.
- [13] CE Delft, „Een klimaatneutrale warmtevoorziening voor de gebouwde omgeving – update 2016,” CE Delft, Delft, September 2016.

# Bijlage A: Referentiewaarden nieuwbouwwoningen RVO

De onderstaande tabellen geven de referentiewaarden voor nieuwbouwwoningen zoals gehanteerd door RVO en die in de bibliotheek van de Uniforme Maatlat voorkomen, zie ref. [5].

| maatregel                                 | EPC 0,0   | EPC 0,4   | EPC 0,6    | EPC 0,8    |
|---|-----------|-----------|------------|------------|
| Rc vloer (m <sup>2</sup> K/W)             | 3,5-5,0   | 3,5       | 3,5        | 3,0-3,5    |
| Rc gevel (m <sup>2</sup> K/W)             | 4,5-5,0   | 4,5       | 3,5-4,5    | 3,0-3,5    |
| Rc dak (m <sup>2</sup> K/W)               | 6,0-8,0   | 6,0-8,0   | 4,5-6,0    | 3,0-6,0    |
| U raam (W/m <sup>2</sup> K)               | 1,0-1,3   | 1,3       | 1,6        | 1,6-1,8    |
| koudebruggen                              | zuinig    | zuinig    | zuinig     | forfaitair |
| T warmteafgifte                           | LT        | LT        | LT         | LT         |
| η <sub>opwekking</sub> verwarming*        | 1,083     | 1,083     | 1,083      | 1,083      |
| DWTW                                      | ja        | ja        | nee        | nee        |
| η <sub>opwekking</sub> warmtapwater*      | 0,889     | 0,889     | 0,889      | 0,889      |
| η <sub>afgifte</sub> warmtapwater         | 0,83-1,00 | 0,83-1,00 | 0,79-1,00  | 0,74-0,95  |
| qv10 (dm <sup>3</sup> /s.m <sup>2</sup> ) | 0,2       | 0,2       | 0,3-0,5    | 0,8-1,0    |
| Ventilatiesysteem**                       | D.5a      | D.5a      | D.2a/b-D3  | C1-C.2c    |
| ventilatoren                              | zuinig    | zuinig    | forfaitair | forfaitair |
| * rendement op onderwaarde                |           |           |            |            |
| ** definitie zie EPG                      |           |           |            |            |

Tabel A-1: Energiemaatregelen voor de referentie nieuwbouwwoningen met EPC's van 0,8 tot 0,0 (richting BENG). Als bij een EPC niveau een range is aangegeven (bijvoorbeeld Rc gevel 3,5-4,5), dan zijn de maatregelen per woningtype niet onderling gelijk, maar wel binnen de gegeven range.

| naam  | eenheid                        | 1          | 2       | 3        | 4          | 5             | 6           |
|---|--------------------------------|------------|---------|----------|------------|---------------|-------------|
| <b>type woning / woongebouw</b>                           |                                |            |         |          |            |               |             |
| invoer woningen, woongebouwen en utiliteitsgebouwen       | -                              | woning     | woning  | woning   | woning     | woning        | woning      |
| type woning   | -                              | vrijstaand | 2/1 kap | rij hoek | rij tussen | galerijwoning | appartement |
| gebruiksoppervlakte (GBO, Ag)                             | m <sup>2</sup>                 | 169,50     | 147,70  | 124,30   | 124,30     | 81,77         | 102,09      |
| verliesoppervlakte  | m <sup>2</sup>                 | 346,68     | 262,47  | 219,94   | 151,54     | 85,08         | 97,59       |
| vormfactor (verlies-/gebruiksoppervlakte)                 | m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> | 2,05       | 1,78    | 1,77     | 1,22       | 1,04          | 0,96        |
| door gebruiker gedefinieerde woning                       | -                              | 0          | 0       | 0        | 0          | 0             | 0           |
| laagbouw  | -                              | 1          | 1       | 1        | 1          | 0             | 1           |
| hoogbouw  | -                              | 0          | 0       | 0        | 0          | 1             | 0           |
| hoog- of laagbouw   | -                              | laag       | laag    | laag     | laag       | hoog          | hoog        |
| <b>energiebehoefte BENG</b>                               |                                |            |         |          |            |               |             |
| ruimteverwarming  | kWh / m <sup>2</sup> jaar      | 17,4       | 20,9    | 15,5     | 9,2        | 11,5          | 9,5         |
| koeling / zomercomfort                                    | kWh / m <sup>2</sup> jaar      | 6,8        | 2,1     | 4,0      | 3,0        | 4,3           | 8,0         |
| warmtapwater  | kWh / m <sup>2</sup> jaar      | 12,7       | 13,5    | 14,7     | 15,9       | 14,1          | 12,3        |
| niet parasitaire verlichting                              | kWh / m <sup>2</sup> jaar      | 5,0        | 5,0     | 5,0      | 5,0        | 5,0           | 5,0         |
| hulpenergie - ventilator, pomp, parasitaire verlichting U | kWh / m <sup>2</sup> jaar      | 3,2        | 3,9     | 5,7      | 5,7        | 6,0           | 5,2         |
| apparatuur - elektrisch niet gebouwgebonden               | kWh / m <sup>2</sup> jaar      | 14,8       | 14,8    | 14,8     | 14,8       | 14,8          | 14,8        |
| <b>energiebehoefte 2015-2020 (EPC 0,4)</b>                |                                |            |         |          |            |               |             |
| ruimteverwarming  | kWh / m <sup>2</sup> jaar      | 23,0       | 20,9    | 15,5     | 9,2        | 11,5          | 9,5         |
| koeling / zomercomfort                                    | kWh / m <sup>2</sup> jaar      | 5,7        | 2,1     | 4,0      | 3,0        | 4,3           | 8,0         |
| warmtapwater  | kWh / m <sup>2</sup> jaar      | 12,7       | 13,5    | 14,7     | 15,9       | 14,1          | 12,3        |
| niet parasitaire verlichting                              | kWh / m <sup>2</sup> jaar      | 5,0        | 5,0     | 5,0      | 5,0        | 5,0           | 5,0         |
| hulpenergie - ventilator, pomp, parasitaire verlichting U | kWh / m <sup>2</sup> jaar      | 3,3        | 3,9     | 5,7      | 5,7        | 6,0           | 5,2         |
| apparatuur - elektrisch niet gebouwgebonden               | kWh / m <sup>2</sup> jaar      | 14,8       | 14,8    | 14,8     | 14,8       | 14,8          | 14,8        |

Tabel A-2: Invoerparameters voor de referentie nieuwbouwwoningen

# Bijlage B: NEV2017 prijzen, opwek, verbruik

<https://www.ecn.nl/fileadmin/ecn/units/bs/TabellenbijlageNEV2017.xlsx>

|                   | Nadere omschrijving                               | Eenheid<br>(constante prijzen 2016) | Realisaties |      |      |      |       | Projecties |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------|---|-------------------------------------|-------------|------|------|------|-------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                   |   |                                     | 2000        | 2005 | 2010 | 2015 | 2016  | 2017       | 2018  | 2019  | 2020  | 2023  | 2025  | 2030  | 2035  |
| Olie              | North Sea Brent <sup>1</sup>                      | Euro per vat                        | 43          | 53   | 65   | 47   | 39    | 47         | 46    | 46    | 51    | 66    | 76    | 100   | 106   |
| Gas               | Groothandelsprijs <sup>2</sup>                    | Euro per m <sup>3</sup>             | 0,16        | 0,18 | 0,20 | 0,21 | 0,15  | 0,16       | 0,16  | 0,16  | 0,17  | 0,21  | 0,24  | 0,31  | 0,33  |
| Kolen             | Import ketelkolen Nederland <sup>3</sup>          | Euro per ton                        | 45          | 64   | 76   | 60   | 46    | 54         | 55    | 50    | 52    | 56    | 59    | 67    | 68    |
| Elektriciteit     | Groothandelsprijs basislast <sup>4</sup>          | Euro per MWh                        | 58          | 51   | 53   | 41   | 34    | 33         | 32    | 31    | 32    | 42    | 47    | 44    | 48    |
| CO <sub>2</sub>   | Europees emissiehandelssysteem (ETS) <sup>5</sup> | Euro per ton                        |             | 12   | 15   | 8    | 5     | 5          | 6     | 6     | 7     | 9     | 11    | 16    | 25    |
| Conversiefactoren |   |                                     |             |      |      |      |       |            |       |       |       |       |       |       |       |
| Prijsindex        | Jaarlijkse inflatie (HICP) <sup>6</sup>           | Index (2016=100)                    | 73,0        | 82,5 | 92,4 | 99,8 | 100,0 | 100,9      | 102,4 | 103,9 | 105,5 | 110,3 | 113,7 | 122,4 | 131,9 |
| Wisselkoers       | Dollar/Euro koers <sup>7</sup>                    | USD/Euro                            |             |      |      | 1,11 | 1,11  | 1,13       | 1,16  | 1,16  | 1,16  | 1,11  | 1,11  | 1,11  | 1,11  |

<sup>1</sup> Realisaties: t/m 2016 EIA Europe Brent, projecties: 2017 t/m 2020 o.b.v. Brent Crude futures – North Sea, vanaf 2030 IEA World Energy Outlook New Policies scenario, interpolatie ECN  
<sup>2</sup> Realisaties: 2000 en 2005 uit eerdere rapportages ECN, daarna CBS (leveringsprijs grootverbruikers exclusief BTW en belastingen); projecties: 2017-2019 TTF futures, vanaf 2030 IEA World Energy Outlook New Policies scenario, interpolatie ECN  
<sup>3</sup> Realisaties: CBS, waarbij de ketelkolenprijs is genormaliseerd naar een gemiddelde verbrandingswaarde overeenkomend met de termijnmarkten; projecties: 2017 t/m 2019 Rotterdam coal futures (ARA), vanaf 2030 IEA World Energy Outlook New Policies scenario, interpolatie ECN  
<sup>4</sup> Realisaties: 2000 uit eerdere rapportages ECN en 2005 t/m 2016 op basis van APX/ENDEX gegevens; projecties op basis van ECN modelresultaten  
<sup>5</sup> Realisaties zijn afkomstig van Point Carbon, projecties: PBL  
<sup>6</sup> Realisaties: Eurostat; projecties: tot 2020 jaarlijkse percentages afgeleid van verwachte inflatie CPB, daarna extrapolatie ECN op basis van gemiddelde inflatie 2018-2020  
<sup>7</sup> Projecties: tot 2020 zijn deze gebaseerd op basis van CPB rapportages, daarna de euro-dollar koers van het basisjaar waarin de projectie van de reële prijzen is opgesteld voor de WEO en WLO

Tabel B-1: Prijsontwikkeling

|  | Realisaties |       |       |       |                   | Projecties |       |       |       |       |       |       |        |  |
|--|-------------|-------|-------|-------|-------------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--|
|  | 2000        | 2005  | 2010  | 2015  | 2016 <sup>2</sup> | 2017       | 2018  | 2019  | 2020  | 2023  | 2025  | 2030  | 2035   |  |
| Productie (PJ)   |             |       |       |       |                   |            |       |       |       |       |       |       |        |  |
| Totaal   | 324,6       | 362,8 | 425,3 | 396,3 | 413,7             | 367,8      | 344,0 | 348,6 | 359,9 | 439,8 | 477,1 | 478,4 | 507,0  |  |
| Aardgas  | 189,0       | 209,5 | 264,9 | 165,2 | 188,2             | 134,0      | 116,0 | 103,9 | 96,4  | 97,3  | 87,4  | 47,4  | 56,7   |  |
| Centraal   | 93,0        | 125,0 | 155,0 | 88,4  | 113,7             | 55,9       | 44,4  | 40,9  | 36,4  | 49,7  | 51,8  | 28,6  | 38,8   |  |
| Decentraal   | 96,0        | 84,6  | 109,9 | 76,8  | 74,5              | 78,1       | 71,7  | 63,0  | 60,0  | 47,6  | 35,6  | 18,8  | 17,9   |  |
| Kolen  | 84,3        | 83,0  | 78,8  | 142,3 | 133,5             | 132,2      | 106,7 | 102,4 | 98,8  | 106,6 | 107,4 | 83,0  | 59,3   |  |
| Overig fossiel   | 17,5        | 18,8  | 15,6  | 14,5  | 14,0              | 14,5       | 13,2  | 13,3  | 13,3  | 15,2  | 15,3  | 16,5  | 16,4   |  |
| Nucleair   | 14,1        | 14,4  | 14,3  | 14,7  | 14,3              | 15,2       | 15,2  | 15,2  | 15,2  | 15,2  | 15,2  | 14,8  | 0,0    |  |
| Hernieuwbaar   | 10,8        | 26,9  | 40,4  | 49,3  | 53,6              | 64,2       | 84,1  | 103,9 | 127,2 | 196,5 | 242,6 | 307,0 | 365,0  |  |
| Wind   | 3,0         | 7,4   | 14,4  | 27,2  | 29,4              | 41,4       | 44,3  | 49,3  | 68,8  | 129,0 | 166,2 | 242,3 | 288,7  |  |
| Zon  | 0,0         | 0,1   | 0,2   | 4,0   | 5,6               | 6,9        | 9,9   | 14,5  | 17,9  | 26,9  | 35,9  | 49,9  | 62,5   |  |
| Waterkracht  | 0,5         | 0,3   | 0,4   | 0,3   | 0,4               | 0,4        | 0,4   | 0,4   | 0,4   | 0,4   | 0,4   | 0,4   | 0,4    |  |
| Biomassa   | 7,2         | 19,0  | 25,4  | 17,7  | 18,3              | 15,5       | 29,4  | 39,7  | 40,0  | 40,2  | 40,0  | 14,4  | 13,4   |  |
| Overig   | 9,0         | 10,1  | 11,3  | 10,3  | 10,1              | 7,8        | 8,9   | 9,9   | 9,0   | 9,1   | 9,2   | 9,6   | 9,7    |  |
| Internationale handel (PJ)   |             |       |       |       |                   |            |       |       |       |       |       |       |        |  |
| Invoersaldo <sup>3</sup>   | 68,1        | 65,9  | 10,0  | 31,5  | 17,0              | 53,7       | 74,7  | 67,4  | 55,0  | -25,2 | -62,7 | -71,4 | -104,6 |  |
| Invoer   | 82,6        | 85,3  | 56,1  | 110,7 | 87,0              | 104,5      | 131,3 | 138,8 | 133,1 | 118,9 | 101,3 | 97,5  | 85,8   |  |
| Uitvoer  | 14,5        | 19,4  | 46,1  | 79,2  | 70,0              | 50,7       | 56,6  | 71,4  | 78,1  | 144,1 | 164,0 | 168,9 | 190,4  |  |
| Rendement en CO <sub>2</sub> -emissiefactor elektriciteit bij gebruiker, volgens referentieparkmethode |             |       |       |       |                   |            |       |       |       |       |       |       |        |  |
| Rendement op primair fossiel (%) <sup>4,5</sup>  | 40,0        | 40,3  | 42,7  | 41,4  |                   | 41,4       | 41,4  | 41,1  | 40,8  | 41,2  | 41,3  | 40,3  | 41,7   |  |
| CO <sub>2</sub> -emissiefactor (kg CO <sub>2</sub> /kWh) <sup>4,5</sup>                                | 0,64        | 0,62  | 0,57  | 0,68  |                   | 0,68       | 0,67  | 0,67  | 0,67  | 0,67  | 0,67  | 0,67  | 0,79   |  |
| Rendement en CO <sub>2</sub> -emissiefactor elektriciteit bij gebruiker, volgens integrale methode     |             |       |       |       |                   |            |       |       |       |       |       |       |        |  |
| Rendement op primair fossiel (%) <sup>4,5</sup>  | 43,5        | 45,5  | 49,8  | 49,3  |                   | 56,3       | 62,0  | 66,7  | 73,0  | 87,8  | 100,0 | 142,1 | 206,9  |  |
| CO <sub>2</sub> -emissiefactor (kg CO <sub>2</sub> /kWh) <sup>4,5</sup>                                | 0,55        | 0,51  | 0,46  | 0,53  |                   | 0,46       | 0,40  | 0,38  | 0,34  | 0,29  | 0,26  | 0,18  | 0,14   |  |

<sup>1</sup> De revisie van de energiebalans is nog niet verwerkt in deze tabel. Het gevolg daarvan is dat de elektriciteitsproductie in deze tabel ongeveer 1 procent kan afwijken van de elektriciteitsproductie zoals die nu in de Energiebalans op StatLine staat.  
<sup>2</sup> Voorlopige gegevens CBS  
<sup>3</sup> Een negatief getal is per saldo meer uitvoer dan invoer  
<sup>4</sup> Tot en met 2015 zijn het realisaties, daarna projectie volgens modelberekeningen ECN  
<sup>5</sup> Voor 2016 is deze data nog niet beschikbaar

Tabel B-2: Ontwikkeling opwek



| (PJ)                          | Realisaties |      |      |      | Projecties |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|-------------------------------|-------------|------|------|------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
|                               | 2000        | 2005 | 2010 | 2015 | 2016       | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2023 | 2025 | 2030 | 2035 |  |
| Totaal                        | 374         | 411  | 426  | 408  | 408        | 407  | 406  | 403  | 402  | 402  | 402  | 399  | 395  |  |
| Energiesector <sup>2</sup>    | 30          | 34   | 36   | 36   | 36         | 36   | 36   | 36   | 37   | 38   | 37   | 35   | 34   |  |
| Nijverheid                    | 147         | 151  | 142  | 124  | 123        | 123  | 123  | 123  | 123  | 123  | 123  | 119  | 110  |  |
| Vervoer                       | 6           | 6    | 6    | 6    | 7          | 7    | 7    | 7    | 8    | 9    | 10   | 13   | 14   |  |
| Landbouw                      | 15          | 21   | 25   | 31   | 33         | 33   | 33   | 33   | 33   | 34   | 34   | 34   | 34   |  |
| Diensten                      | 97          | 115  | 126  | 121  | 120        | 119  | 118  | 116  | 115  | 113  | 112  | 113  | 115  |  |
| Huishoudens                   | 72          | 78   | 83   | 82   | 81         | 81   | 80   | 79   | 78   | 77   | 76   | 76   | 78   |  |
| Waterbedrijven en afvalbeheer | 7           | 7    | 7    | 8    | 8          | 8    | 8    | 8    | 8    | 9    | 9    | 9    | 10   |  |

<sup>1</sup>) Inclusief elektriciteit uit eigen opwekking

<sup>2</sup>) Dit betreft het finale verbruik van de energiesector (elektriciteitscentrales, raffinaderijen en gas- en oliewinning) zelf, inclusief de netverliezen, exclusief verbruik bij de energiesector voor de productie van elektriciteit

Tabel B-3: Ontwikkeling energieverbruik

## Bijlage C: Rendementen en CO<sub>2</sub>-emissies van elektriciteitsproductie.

Verschillende alternatieven voor de warmtevoorziening leiden naast een verandering in het aardgasgebruik ook tot veranderingen in het elektriciteitsgebruik (bijvoorbeeld toegenomen elektriciteitsgebruik door de inzet van warmtepompen).

Bij de productie van elektriciteit wordt gebruik gemaakt van fossiele brandstoffen, wat leidt tot emissies van CO<sub>2</sub>. Voor evaluatie van energie- en klimaatscenario's is het nuttig om het fossiele energieverbruik en de CO<sub>2</sub>-emissies per eenheid geproduceerde elektriciteit te berekenen.

Om het effect van veranderingen in het elektriciteitsgebruik op het fossiele energiegebruik en de CO<sub>2</sub>-emissies te kunnen bepalen moeten veronderstellingen worden gemaakt over de wijze waarop de elektriciteit in Nederland wordt geproduceerd, nu en in de toekomst.

Het CBS berekent ieder jaar opnieuw de cijfers over de rendementen en CO<sub>2</sub>-emissies van elektriciteitsproductie<sup>43</sup>. In Tabel C-1 zijn de kentallen tot en met 2016 weergegeven<sup>44</sup>.

De berekeningen in dit rapport zijn gebaseerd op de kentallen in de Uniforme Maatlat [5]. De Uniforme Maatlat gaat voor de opwekking van elektriciteit, in de basis uit van een rendement van 43% (op de onderste verbrandingswaarde) omdat deze waarde aansluit bij de kentallen zoals die gehanteerd worden in de EPG-norm. Dit kental uit 2003 is echter verouderd en niet meer representatief voor het rendement van de huidige Nederlandse elektriciteitsproductie.

Volgens het CBS lag het rendement op primair fossiel gebruik in 2016 op 51,2%, en volgens de NEV 2017 [1] lag het rendement op primair fossiel gebruik in 2017 al op 56,3%, zie Tabel C-2.

Voor de berekeningen in dit rapport, zoals die zijn uitgevoerd met de Uniforme Maatlat, is gekozen voor een enigszins conservatieve veronderstelling, dat de huidige Nederlandse elektriciteitsproductie een rendement op primair fossiel gebruik heeft van 52%. Dit komt overeen met de waarde die wordt gebruikt in wijzigingsblad A1 op de NEN 7120 norm, zie [2].

<sup>43</sup> <https://www.cbs.nl/nl-nl/achtergrond/2018/04/rendementen-en-co2-emissie-elektriciteitsproductie-2016>

<sup>44</sup> [https://www.cbs.nl/-/media/\\_excel/2018/04/tabelvoorartikelrendementco2emissieelektriciteit2016.xls](https://www.cbs.nl/-/media/_excel/2018/04/tabelvoorartikelrendementco2emissieelektriciteit2016.xls)

| CO <sub>2</sub> emissiefactor, fossiel energieverbruik en rendement voor elektriciteit afgeleverd bij elektriciteitsverbruiker |                                 |   |  |  |                                |   |  |
|--|---------------------------------|---|--|--|--------------------------------|---|--|
|  | Integrale methode <sup>1)</sup> |   |  | Referentieparkmethode <sup>2)</sup>              |                                |   |  |
|  | CO <sub>2</sub> emissie-factor  | Primaire fossiele energie-input (LHV) <sup>3)</sup> | Rendement op primair fossiel (LHV) <sup>3)</sup> | Rendement op primair fossiel (HHV) <sup>4)</sup> | CO <sub>2</sub> emissie-factor | Primaire fossiele energie-input (LHV) <sup>3)</sup> | Rendement op primair fossiel (LHV) <sup>3)</sup> |
|  | kg/kWh                          | MJprim/kWh  | %  |  | kg/KWh                         | MJ/kWh  | %  |
| 2000   | 0,55                            | 8,3   | 43,5   | 40,5   | 0,64                           | 9,0   | 40,0   |
| 2001   | 0,56                            | 8,5   | 42,6   | 39,6   | 0,65                           | 9,1   | 39,4   |
| 2002   | 0,55                            | 8,4   | 43,0   | 40,0   | 0,65                           | 9,1   | 39,4   |
| 2003   | 0,55                            | 8,4   | 43,0   | 40,0   | 0,64                           | 9,1   | 39,6   |
| 2004   | 0,53                            | 8,1   | 44,2   | 41,0   | 0,62                           | 9,0   | 40,2   |
| 2005   | 0,51                            | 7,9   | 45,5   | 42,3   | 0,62                           | 8,9   | 40,3   |
| 2006   | 0,50                            | 7,7   | 47,0   | 43,6   | 0,61                           | 8,7   | 41,2   |
| 2007   | 0,50                            | 7,7   | 46,8   | 43,5   | 0,60                           | 8,7   | 41,5   |
| 2008   | 0,49                            | 7,6   | 47,5   | 44,0   | 0,61                           | 8,8   | 40,8   |
| 2009   | 0,48                            | 7,4   | 48,6   | 45,0   | 0,59                           | 8,6   | 41,6   |
| 2010   | 0,46                            | 7,2   | 49,8   | 46,0   | 0,57                           | 8,4   | 42,7   |
| 2011   | 0,44                            | 7,0   | 51,7   | 47,8   | 0,56                           | 8,2   | 43,6   |
| 2012   | 0,47                            | 7,1   | 50,4   | 46,9   | 0,61                           | 8,5   | 42,1   |
| 2013   | 0,48                            | 7,1   | 50,7   | 47,2   | 0,62                           | 8,5   | 42,6   |
| 2014   | 0,50                            | 7,4   | 48,9   | 45,7   | 0,64                           | 8,7   | 41,6   |
| 2015*  | 0,53                            | 7,3   | 49,3   | 46,4   | 0,68                           | 8,7   | 41,4   |
| 2016*  | 0,49                            | 7,0   | 51,2   | 48,0   | 0,63                           | 8,4   | 42,8   |

Bron: CBS.

1) De integrale methode gaat uit van de totale (hernieuwbare plus niet hernieuwbare) elektriciteitsproductie in verhouding tot de aan elektriciteit toegerekende inzet van aardgas, kolen en kernenergie. Elektriciteit uit afvalverbrandingsinstallaties en restgassen wordt niet meegenomen.

2) De referentieparkmethode gaat uit van de centrale elektriciteitsproductie uit aardgas, kolen en kernenergie, uitgezonderd die centrales waarbij de warmteproductie groter is dan 20 procent van de brandstofinzet.

3) LHV staat voor lower heating value (onderste verbrandingswaarde)

4) HHV staat voor higher heating value (bovenste verbrandingswaarde), dit is inclusief de energie die nodig was om water uit gas en kolen te verdampen.

Tabel C-1: CO<sub>2</sub> emissiefactor en rendement op primair fossiel energieverbruik volgens CBS

| Tabel 13b: Aanbod van elektriciteit <sup>1</sup> (vastgesteld en voorgenomen beleid)                   |             |      |      |      |                   |            |      |      |      |      |       |       |       |  |
|--|-------------|------|------|------|-------------------|------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|--|
|  | Realisaties |      |      |      |                   | Projecties |      |      |      |      |       |       |       |  |
|  | 2000        | 2005 | 2010 | 2015 | 2016 <sup>2</sup> | 2017       | 2018 | 2019 | 2020 | 2023 | 2025  | 2030  | 2035  |  |
| Rendement en CO <sub>2</sub> -emissiefactor elektriciteit bij gebruiker, volgens referentieparkmethode |             |      |      |      |                   |            |      |      |      |      |       |       |       |  |
| Rendement op primair fossiel (%) <sup>4,5</sup>  | 40,0        | 40,3 | 42,7 | 41,4 | 42,8              | 41,4       | 41,4 | 41,1 | 40,8 | 41,2 | 41,3  | 40,3  | 41,7  |  |
| CO <sub>2</sub> -emissiefactor (kg CO <sub>2</sub> /kWh) <sup>4,5</sup>                                | 0,64        | 0,62 | 0,57 | 0,68 | 0,63              | 0,68       | 0,67 | 0,67 | 0,67 | 0,67 | 0,67  | 0,67  | 0,79  |  |
| Rendement en CO <sub>2</sub> -emissiefactor elektriciteit bij gebruiker, volgens integrale methode     |             |      |      |      |                   |            |      |      |      |      |       |       |       |  |
| Rendement op primair fossiel (%) <sup>4,5</sup>  | 43,5        | 45,5 | 49,8 | 49,3 | 51,2              | 56,3       | 62,0 | 66,7 | 73,0 | 87,8 | 100,0 | 142,1 | 206,9 |  |
| CO <sub>2</sub> -emissiefactor (kg CO <sub>2</sub> /kWh) <sup>4,5</sup>                                | 0,55        | 0,51 | 0,46 | 0,53 | 0,49              | 0,46       | 0,40 | 0,38 | 0,34 | 0,29 | 0,26  | 0,18  | 0,14  |  |

<sup>1</sup> De revisie van de energiebalans is nog niet verwerkt in deze tabel. Het gevolg daarvan is dat de elektriciteitsproductie in deze tabel ongeveer 1 procent kan afwijken van de elektriciteitsproductie zoals die nu in de Energiebalans op StatLine staat.

<sup>2</sup> Voorlopige gegevens CBS

<sup>3</sup> Een negatief getal is per saldo meer uitvoer dan invoer

<sup>4</sup> Tot en met 2015 zijn het realisaties, daarna projectie volgens modelberekeningen ECN

Tabel C-2: Rendement en CO<sub>2</sub>-emissiefactor elektriciteit volgens NEV 2017