



## Appendix

# Kansen voor zonnewarmte in het hart van de energietransitie

Position Paper

16 november 2018

**Berenschot**

## Appendix A: warmtenetten gevoed met zonnecollectoren

Tabel 1. Aantal warmtenetten gevoed met zonnecollectoren in Europa en hun capaciteit<sup>1</sup>

LAND	AANTAL WARMTENETTEN MET ZONNECOLLECTOREN	CAPACITEIT IN KW
Denemarken	109	2.318
Duitsland	18	5.893
Oostenrijk	18	7.581
Zweden	13	8.033
Polen	6	1.671
Frankrijk	6	2.299
Griekenland	5	1.509
Zwitserland	4	2.283
Nederland	3	840
Spanje	3	851
Italië	2	693
Bosnia en Herzegovina	1	721
Turkije	1	840
Eindtotaal	193	35.532

<sup>1</sup> <https://www.solar-district-heating.eu/en/plant-database/>



## Appendix B: Configuraties en aannames

**Tabel 2.** Beschrijving van de gemiddelde gasverbruik, elektriciteitsverbruik, dakoppervlakte van de woningen, evenals een range van energie labels.

	RIJWONING <1991	RIJWONING > 1991	2-ONDER-1-KAP < 1991	2-ONDER-1-KAP > 1991
Ruimteverwarming (GJ/jaar)	47,2	32,9	58,4	43,6
Tapwater (GJ/jaar)	9	9	9	9
Elektra (kWh/jaar)	2900	2900	3400	3400
Dakoppervlakte (m <sup>2</sup> )	68,6	56,1	90,3	90,6
Label (A-G)	G-D	C-B	G-D	C-B

Bovenstaande tabel laat de verschillende onderzochte woningen zien. Er zijn voor deze studie vier categorieën bekeken, waarbij is gekozen voor een combinatie van type woning (rijwoning of 2-onder-1-kap woning) en bouwjaar (voor 1991 en na 1991). De rijwoning en de 2-onder-1-kap woning zijn veelvoorkomende woningtypen. De scheiding tussen voor en na 1990 is gedaan om het verschil te laten zien in bouwbesluiten (bijvoorbeeld vanaf 1991 is er warmte-isolatie van tenminste Rc 2,5m<sup>2</sup>K/W en dubbele beglazing in alle ramen) en bouwkundige en installatietechnische kenmerken en labels.

De oplossingsrichtingen zijn ontwikkeld met verwijzing naar een business as usual-casus, met gemiddelde rij of 2-onder-1-kap woning in oorspronkelijke staat, met een HR-gasketel.

We gaan in alle scenario's, niet zijnde het Business-as-Usual scenario, uit van isolatie. Dit is een logische eerste stap die naar verwachting in de komende 5 jaar in veel huizen zal plaatsvinden. Dit houdt in de plaatsen van isolatie: van enkel en dubbelglas naar HR++ glas en isolatie van geveldelen. In deze stap is een HR107 ketel te vinden in de woning - de overstap naar zuinigere technologieën, zoals bijvoorbeeld de warmtepomp en PV/zonnecollectoren.

Daarnaast gaan we in de scenario's uit van verschillende geavanceerde energiebesparingspakketen dat enkele van de volgende innovaties omvat: een zonneboiler, een warmtepomp van 7 kW, een hybride warmtepomp van 5 kW, vloerverwarming, 3 zonnecollectoren van in totaal 5 m<sup>2</sup>, PV panelen (14/19 panelen van 1,64 m<sup>2</sup> per rijwoning/2-onder-1-kap met 300 Wp). De unieke combinatie van deze maatregelen zal leiden tot extra besparing na isoleren van de woning.

We rekenen drie scenario's door:

1. Een woning met isolatie, PVT-panelen en een warmtepomp
2. Een woning met isolatie, PV-panelen en een hybride warmtepomp (met buitenunit)
3. Een woning met isolatie, PV-panelen en een warmtepomp (met buitenunit)

Door drie verschillende scenario's te schetsen – Het PVT-scenario, het hybride scenario, en het all-electric scenario wordt ook duidelijk wat het effect is van het plaatsen van zonnecollectoren in ieder van de drie genoemde scenario's en in het business-as-usual scenario (de huidige situatie).

Met de inpassing van een warmtepomp, in plaats van een CV ketel en radiator, worden er fysieke veranderingen gemaakt in het afgiftesysteem van de woning - de warmtepomp moet warmte afgeven aan een afgiftesysteem, namelijk vloerverwarming.

Voor het doorrekenen van de scenario's hebben we de volgende aannames gedaan.

**Tabel 3.** Aannames gebruikt in het model (volgende pagina).

BEDRAG	EENHEID	WAARDE
Elektriciteitsprijs (bepaald op 1-10-2018)	€/kWh	€ 0,24
Terugleververgoeding (eigen aanneme)	€/kWh	€ 0,10
Gasprijs (bepaald op 1-10-2018)	€/m <sup>3</sup>	€ 0,75
Vastrecht	€/jaar	€ 192,82
Weighted Average Cost of Capital	%	1,6%
Aanschaf en installatiekosten PV-panelen	€/paneel	€ 470
Aanschaf en installatiekosten PVT-panelen	€/paneel	€ 689
Aanschaf en installatiekosten omvormer	€	€ 420
Aanschaf en installatiekosten Zonnecollectoren excl. Boiler 200L	€	€ 1.906
Aanschaf en installatiekosten Boiler 200L	€	€ 2.033
Aanschaf en installatiekosten Reguliere warmtepompen	€	€ 10.000
Aanschaf en installatiekosten hybride warmtepomp (ex ketel)	€	€ 4.000
Aanschaf en installatiekosten PVT-warmtepompen	€	€ 8.500
Aanschaf en installatiekosten vloerverwarming	€	€ 7.000
Aanschaf en installatiekosten 6 convectoren	€	€ 3.000
Aanschaf en installatiekosten HR-gasketel	€	€ 1.500
Afschrijvingstermijn na-isolatie	jaar	30
Afschrijvingstermijn PV-panelen	jaar	25
Afschrijvingstermijn PVT-panelen	jaar	25
Afschrijvingstermijn Omvormer	jaar	12
Afschrijvingstermijn Zonnecollectoren	jaar	25
Afschrijvingstermijn Boiler 200L	jaar	25
Afschrijvingstermijn hybride warmtepompen	jaar	15
Afschrijvingstermijn Reguliere warmtepompen	jaar	15
Afschrijvingstermijn PVT-warmtepompen	jaar	15
Afschrijvingstermijn vloerverwarming	jaar	30
Afschrijvingstermijn convectoren	jaar	30
Afschrijvingstermijn HR-gasketel	jaar	15
Besparing zonnecollector	m <sup>3</sup> /jaar/collector	66%
Wp PV panelen	Wp	300
Extra rendement PVT panelen	%	10%
Energieopbrengsten PV-panelen	kWh/Wp	0,85
Oppervlak zonnepanelen	m <sup>2</sup>	1,635
Rendement ketel	%	0,8
COP normaal		4,0
COP tapwater normaal		1,6
COP PVT		4,6
COP tapwater PVT		3,6
COP hybride warmtepomp normaal		4,5
Aandeel hybride op elektra		60%
ISDE PV-panelen	€/paneel	€ 0
ISDE PVT-panelen	€/paneel	€ 0
ISDE omvormer	€	€ 0
ISDE Zonnecollectoren excl. Boiler 200L	€	€ 1.250
ISDE Boiler 200L	€	€ 0
ISDE Reguliere warmtepompen	€	€ 1.850
ISDE hybride warmtepomp (ex ketel)	€	€ 1.650
ISDE PVT-warmtepompen	€	€ 2.800
ISDE vloerverwarming	€	€ 0
ISDE convectoren 6 convectoren	€	€ 0
ISDE HR-gasketel	€	€ 0
RVV	€	€ 3.000
Emissiefactor elektriciteit	kg/kWh	0,66
Emmissiefactor gas	kg/Nm <sup>3</sup>	1,89

De verschillende configuratie keuzes zijn in onderstaande tabel te vinden.

Tabel 4. Configuraties

	RIJWONING								TWEË ONDER EEN KAP							
	VOOR 1991				NA 1991				VOOR 1991				NA 1991			
	PVT-panels + W/W warmtepomp	PV-panels + hybride warmtepomp	PV-panels + warmtepomp	Business as usual	PVT-panels + W/W warmtepomp	PV-panels + hybride warmtepomp	PV-panels + warmtepomp	Business as usual	PVT-panels + W/W warmtepomp	PV-panels + hybride warmtepomp	PV-panels + warmtepomp	Business as usual	PVT-panels + W/W warmtepomp	PV-panels + hybride warmtepomp	PV-panels + warmtepomp	Business as usual
Start label voor maatregelen	D: 1,64				C: 1,31				C: 1,57				B: 1,29			
<b>Isolatie</b>																
Vloer	■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■	
Dak	■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■	
Gevel	■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■	
Glas	■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■	
Label na isolatie	B: 1,17				B: 1,26				B: 1,07				B: 1,15			
<b>Afgiftesysteem</b>																
Vloerverwarming	■		■		■		■		■		■		■		■	
Convectoren		■				■				■				■		
<b>Verwarmingsinstallatie</b>																
PV-panels	14		14		14		14		19		19		19		19	
PVT-panels		14				14				19				19		
Omvormer	■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■	
L/W warmtepomp			■				■				■				■	
W/W-warmtepomp	■				■				■				■			
Hybride warmtepomp		■				■				■				■		
HR-ketel		■		■		■		■		■		■		■		■
<b>Met zonnecollector</b>																
Zonnecollectoren 5m2	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Boiler		■		■		■		■		■		■		■		■
RVV	€ 3.000	€ 3.000	€ 3.000						€ 3.000	€ 3.000	€ 3.000		€ 3.000	€ 3.000	€ 3.000	
<b>ISDE</b>																
ISDE warmtepompen	€ 2.800	€ 1.650	€ 1.850			€ 1.650	€ 1.850		€ 2.800	€ 1.650	€ 1.850		€ 2.800	€ 1.650	€ 1.850	
ISDE zonneboiler	€ 1.250	€ 1.250	€ 1.250	€ 1.250	€ 1.250	€ 1.250	€ 1.250	€ 1.250	€ 1.250	€ 1.250	€ 1.250	€ 1.250	€ 1.250	€ 1.250	€ 1.250	€ 1.250

## Appendix C: Resultaten overige situaties

Tabel 5. Resultaten Rijwoning gebouwd vanaf 1992

Jaarlijkse kosten	ISOLATIE, PVT, WP		ISOLATIE, PV, HWP		ISOLATIE, PV, WP		BUSINESS AS USUAL	
	Zonder zonne-collectoren	Met zonne-collectoren	Zonder zonne-collectoren	Met zonne-collectoren	Zonder zonne-collectoren	Met zonne-collectoren	Zonder zonne-collectoren	Met zonne-collectoren
Terugleversubsidie <sup>11</sup> PV en btw-aftrek	€ 2.286	€ 2.598	€ 2.146	€ 2.178	€ 2.601	€ 2.446	€ 2.052	€ 2.084
Zonder subsidies	€ 2.616	€ 2.877	€ 2.451	€ 2.483	€ 2.906	€ 2.750	€ 2.052	€ 2.084
Zonder subsidies met verhoogde gasprijs	€ 2.616	€ 2.598	€ 2.585	€ 2.575	€ 2.906	€ 2.750	€ 2.304	€ 2.293
Inclusief ISDE subsidies <sup>12</sup>	€ 2.077	€ 1.999	€ 2.023	€ 1.995	€ 2.463	€ 2.248	€ 2.052	€ 2.024
Met RV <sup>13</sup>	€ 2.077	€ 1.999	€ 2.023	€ 1.995	€ 2.463	€ 2.248	€ 2.052	€ 2.024

Tabel 6. Resultaten 2-onder-1-kap woning gebouwd vóór 1992

Jaarlijkse kosten	ISOLATIE, PVT, WP		ISOLATIE, PV, HWP		ISOLATIE, PV, WP		BUSINESS AS USUAL	
	Zonder zonne-collectoren	Met zonne-collectoren	Zonder zonne-collectoren	Met zonne-collectoren	Zonder zonne-collectoren	Met zonne-collectoren	Zonder zonne-collectoren	Met zonne-collectoren
Terugleversubsidie <sup>11</sup> PV en btw-aftrek	€ 2.959	€ 2.941	€ 2.786	€ 2.178	€ 3.238	€ 3.497	€ 2.711	€ 2.743
Zonder subsidies	€ 3.407	€ 3.389	€ 3.200	€ 3.232	€ 3.652	€ 3.497	€ 2.711	€ 2.743
Zonder subsidies met verhoogde gasprijs	€ 3.407	€ 3.389	€ 3.342	€ 3.232	€ 3.652	€ 2.750	€ 3.107	€ 3.096
Inclusief ISDE subsidies <sup>12</sup>	€ 2.750	€ 2.672	€ 2.663	€ 2.635	€ 3.100	€ 2.885	€ 2.711	€ 2.683
Met RV <sup>13</sup>	€ 2.626	€ 2.548	€ 2.539	€ 2.511	€ 2.976	€ 2.761	€ 2.711	€ 2.683

Tabel 7. Resultaten 2-onder-1-kap woning gebouwd vanaf 1992

Jaarlijkse kosten	ISOLATIE, PVT, WP		ISOLATIE, PV, HWP		ISOLATIE, PV, WP		BUSINESS AS USUAL	
	Zonder zonne-collectoren	Met zonne-collectoren	Zonder zonne-collectoren	Met zonne-collectoren	Zonder zonne-collectoren	Met zonne-collectoren	Zonder zonne-collectoren	Met zonne-collectoren
Terugleversubsidie <sup>11</sup> PV en btw-aftrek	€ 2.554	€ 2.536	€ 2.388	€ 2.420	€ 2.838	€ 2.683	€ 2.399	€ 2.431
Zonder subsidies	€ 3.003	€ 2.985	€ 2.802	€ 2.833	€ 3.252	€ 3.097	€ 2.399	€ 2.431
Zonder subsidies met verhoogde gasprijs	€ 3.003	€ 2.985	€ 2.949	€ 2.938	€ 3.252	€ 3.097	€ 2.712	€ 2.701
Inclusief ISDE subsidies <sup>12</sup>	€ 2.345	€ 2.672	€ 2.265	€ 2.237	€ 2.700	€ 2.485	€ 2.399	€ 2.371
Met RV <sup>13</sup>	€ 2.221	€ 2.143	€ 2.539	€ 2.511	€ 2.976	€ 2.761	€ 2.711	€ 2.683

**Tabel 8.** CO<sub>2</sub>-uitstoot in de onderzochte scenario's

			ZONDER ZONNECOLLECTOREN	MET ZONNECOLLECTOREN
Rijwoning	Vóór 1992	Isolatie, PVT en warmtepomp	1.191	888
Rijwoning	Vóór 1992	Isolatie, PV en hybride warmtepomp	1.516	1.117
Rijwoning	Vóór 1992	Isolatie, PV en warmtepomp	1.940	1.259
Rijwoning	Vóór 1992	Business as usual	5.057	4.658
Rijwoning	Vanaf 1992	Isolatie, PVT en warmtepomp	1.247	944
Rijwoning	Vanaf 1992	Isolatie, PV en hybride warmtepomp	1.581	1.182
Rijwoning	Vanaf 1992	Isolatie, PV en warmtepomp	2.004	1.324
Rijwoning	Vanaf 1992	Business as usual	4.288	3.889
2-onder-1-kap	Vóór 1992	Isolatie, PVT en warmtepomp	876	573
2-onder-1-kap	Vóór 1992	Isolatie, PV en hybride warmtepomp	1.231	832
2-onder-1-kap	Vóór 1992	Isolatie, PV en warmtepomp	1.654	974
2-onder-1-kap	Vóór 1992	Business as usual	5.984	5.585
2-onder-1-kap	Vanaf 1992	Isolatie, PVT en warmtepomp	963	660
2-onder-1-kap	Vanaf 1992	Isolatie, PV en hybride warmtepomp	1.331	932
2-onder-1-kap	Vanaf 1992	Isolatie, PV en warmtepomp	1.754	1.074
2-onder-1-kap	Vanaf 1992	Business as usual	5.194	4.795





# Berenschot

Berenschot is een onafhankelijk organisatieadviesbureau met 350 medewerkers wereldwijd. Al 80 jaar verrassen wij onze opdrachtgevers in de publieke sector en het bedrijfsleven met slimme en nieuwe inzichten. We verwerven ze en maken ze toe-  
pasbaar. Dit door innovatie te koppelen aan creativiteit. Steeds opnieuw. Klanten kiezen voor Berenschot omdat onze adviezen hen op een voorsprong zetten.

Ons bureau zit vol inspirerende en eigenwijze individuen die allen dezelfde passie delen: organiseren. Ingewikkelde vraagstukken omzetten in werkbare constructies. Door ons brede werkerrein en onze brede expertise kunnen opdrachtgevers ons inschakelen voor uiteenlopende opdrachten. En zijn we in staat om met multidisciplinaire teams alle aspecten van een vraagstuk aan te pakken.

## **Berenschot Groep B.V.**

Europalaan 40, 3526 KS Utrecht

Postbus 8039, 3503 RA Utrecht

030 2 916 916

[www.berenschot.nl](http://www.berenschot.nl)

[in /berenschot](https://www.linkedin.com/company/berenschot)