

DUURZAME WIJK DE VLOEI IEPER

ENERGIESTUDIE FASE III



DUURZAME WIJK DE VLOEI IEPER

ENERGIESTUDIE FASE III

Klant :	WVI
Contactpersoon :	Ann Tack
Adres :	Baron Ruzettelaan 35 8310 Brugge
3E Referentie :	PR104292
3E Contact persoon :	Roel De Coninck
Datum :	26/02/2012
Status :	Finale versie
Classificatie :	Confidentieel

Dit project ontvangt Europese subsidies via het project Future Cities
dat goedgekeurd werd in het Interreg IVB programma Noord-West-Europa.

INHOUDSOPGAVE

Inhoudsopgave	3
Afkortingen	5
1 Inleiding	6
2 Methodologie	7
2.1 Doelstelling	7
2.2 Aanpak	7
2.3 Afbakening energieconcepten	7
2.4 Clustering	7
2.5 Thermisch comfort	9
3 Beschrijving van de energieconcepten	11
3.1 Overzicht	11
3.2 De Gebouwen	11
3.3 Hydraulisch schema	11
3.4 Warmteproductie	12
3.5 Zonne-energie	13
3.6 Variaties	13
4 Analyse van de resultaten	14
4.1 Hypothesen energieverbruik	14
4.2 Hypothesen voor de economische analyse	14
4.3 Investerings- en exploitatiekosten	14
4.3.1 <i>Initiële investeringskosten</i>	15
4.3.2 <i>Exploitatiekosten</i>	16
4.4 Resultaten energieverbruik	17
4.4.1 <i>Primair energierendement</i>	17
4.4.2 <i>Verdeling van het verbruik</i>	17
4.4.3 <i>Collectief versus individueel boorveld</i>	18
4.5 Energetisch/economische Pareto analyse	19
4.5.1 <i>Individuele concepten zonder PV</i>	21
4.5.2 <i>Individuele concepten mét PV</i>	21
4.5.3 <i>Collectieve concepten (met zonneboiler en PV)</i>	27
5 Kwalitatieve vergelijking	29

5.1	Kwalitatieve analyse warmtepompconcepten	29
5.2	Laag-energie gebouwen en elektrische knelpunten	29
6	De rol van een ESCO bij het optillen van het ambitieniveau	31
6.1	Inleiding	31
6.2	Taken esco	31
6.3	Voordelen esco	32
7	Besluit	33
8	Aanbevelingen	33
	Annex A – Investerings- en Exploitatiekosten	34
	Annex B – Volledige resultaten	42

AFKORTINGEN

BW	Bodem-water warmtepomp met individuele verticale warmtewisselaar
BWC	Bodem-water warmtepomp met collectief ipv individueel boorveld
COP	Prestatierendement van een warmtepomp (Coefficient Of Performance)
ESCO	Energiedienstenbedrijf (Energy Service Company)
GAS	Condenserende gasketel
GSC	Groene Stroom Certificaten
HVAC	Verwarming, ventilatie en koeling (Heating, Ventilation en AirConditioning)
LW	Lucht-water warmtepomp
PV	Fotovoltaïsche (PhotoVoltaic)
S1-4	Scenario 1-4
SWW	Sanitair Warm Water (productie)
T1	halfopen, passief woningtype
T3	open woningtype, E-peil van 40
T4	gesloten, passief woningtype
T6	appartement, E-peil van 40
TAK	Totale Actuele Kost

1 INLEIDING

Met het project Ieper De Vloei wil wvi in samenwerking met de projectpartners een duurzame wijkontwikkeling in Ieper ondersteunen en realiseren. Wvi heeft dit vernieuwende project kunnen inbrengen in een Europees project met de naam "Future Cities". Binnen dit project zal wvi een duurzaamheidsrichtlijn realiseren, evenals een Masterplan en afgeleide plannen voor Ieper De Vloei. Daarna volgt het luik realisatie. Over het geheel van het project wordt veel aandacht besteed aan bewustmaking voor klimaatverandering.

In fase 1 en 2 van de energiestudie uitgevoerd door 3E werd de haalbaarheid van een duurzame locatiegebonden energievoorziening onderzocht¹. Eén van de belangrijkste conclusies uit dit voorgaande studiewerk is dat een hoge-temperatuur warmtenet in de wijk zowel economisch als ecologisch niet zinvol is in vergelijking met een concept op basis van individuele warmtepompen. Daarom werd besloten een collectief hoge-temperatuur warmtenet niet verder te overwegen en in fase 3 van de studie de verschillende opties mbt individuele warmtepompen verder uit te werken.

In de huidige fase (fase 3) van de energiestudie is op basis van gedetailleerde dynamische gebouwsimulatie onderzocht welk individueel warmtepompconcept tot de beste energieprestatie leidt. Daarbij werd rekening gehouden met de toepassing van zonne-energie (thermisch en fotovoltaïsch). Een gedetailleerde cash-flow analyse werd gekoppeld aan de energetische resultaten zodat een trade-off gemaakt kan worden tussen beide energetische en economische criteria. De studie geeft een goed overzicht van de verwachte resultaten van de bestudeerde energieconcepten en reikt voldoende argumenten aan die de bouwheer helpen het uiteindelijke energieconcept te bepalen.

De Vloei in cijfers

Het te ontwikkelen terrein is gelegen aan de Zonnebeekseweg in Ieper en strekt zich uit tot aan de Hovelandlaan en de Driemolenstraat. De totale oppervlakte bedraagt ongeveer 10ha. Hier worden in totaal ruim 250 wooneenheden gepland, waarvan 184 woningen en ongeveer 73 appartementen. Wat de woningen betreft worden er 8 verschillende types voorzien, die variëren in grootte en vorm. De appartementen worden gegroepeerd in 8 blokken en in de bestaande hoeve. Van de wooneenheden zal 25% ingevuld worden als sociale woongelegenheden (waarvan de helft huur en de helft koop).

¹ Zie 3E-rapport 'Duurzame wijk De Vloei Ieper: Energiestudie' met code PR103301 van 17/12/2010

2 METHODOLOGIE

2.1 DOELSTELLING

Het doel van fase 3 van de energiestudie is om de energetische en economische implicaties van de verschillende geselecteerde energieconcepten in kaart te brengen zodat een gefundeerde keuze gemaakt kan worden.

2.2 AANPAK

Hiertoe dienen twee aspecten kwantitatief te worden uitgewerkt:

1. simulatie van het energieverbruik van de energieconcepten
2. economische analyse op basis van investeringen, energieverbruik en een aantal specifieke randvoorwaarden

De simulaties gebeuren in een dynamische simulatieomgeving die toelaat om alle details van het energieconcept te modelleren (Modelica en Dymola 2012). De economische analyse bestaat uit een dynamische cashflow berekening en houdt als dusdanig rekening met inflatie, stijging van de energieprijzen, actualisatie van toekomstige inkomsten en uitgaven en allerhande financiële stimuli.

Daarnaast kunnen nog andere (zachte) aspecten de keuze mee bepalen, deze worden in een kwalitatieve analyse opgenomen.

2.3 AFBAKENING ENERGIECONCEPTEN

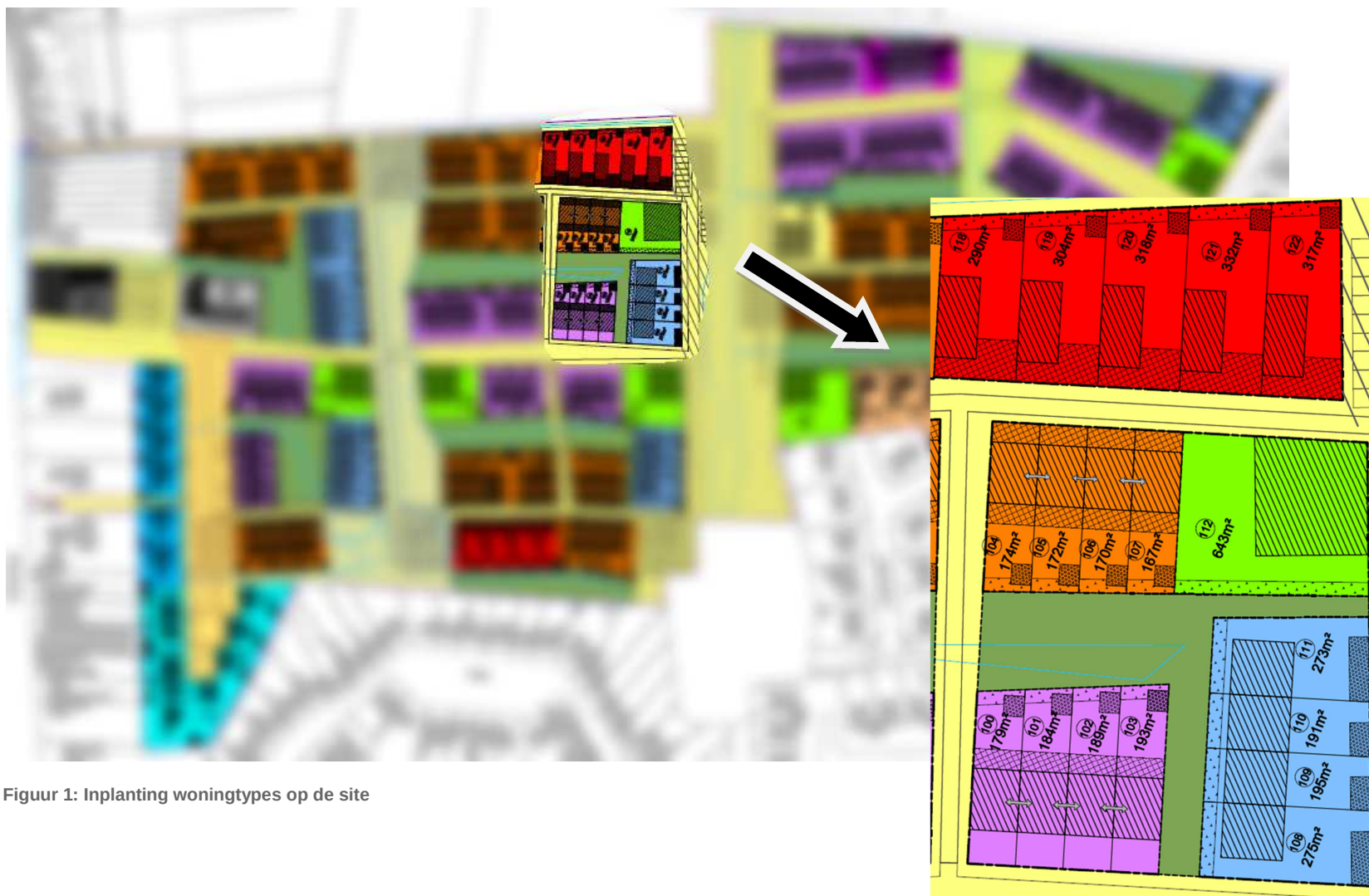
De studie spitst zich toe op energieconcepten op basis van individuele warmtepompen aangezien deze uit de voorgaande haalbaarheidsstudie als beste technologie naar voor kwamen. Binnen deze groep zijn nog een aantal variaties mogelijk, zowel mbt de keuze van de warmtebron als mbt integratie van zonne-energie. Om een referentiesituatie te hebben werden ook individuele condenserende gasketels bestudeerd. Dit leidt tot de volgende vier energieconcepten:

- individuele gasketels (GAS)
- individuele lucht-water warmtepompen (LW)
- individuele bodem-water warmtepompen (BW)
- individuele bodem-water warmtepompen met collectief ipv individueel boorveld (BWC)

Alle concepten werden gesimuleerd met en zonder toepassing van zonne-energie. Daarbij is uitgegaan van een beperkte dakoppervlakte die gedeeld moet worden door de thermische zonnecollectoren en de PV panelen.

2.4 CLUSTERING

Op de volledige site worden 8 verschillende gebouwtypes voor de woningen gepland. Daarnaast zijn er ook nog appartementsblokken, de bestaande hoeve en het kopgebouw. Om concept BWC met de andere concepten te kunnen vergelijken moet een type-wijk opgesteld worden die een representatieve combinatie van gebouwtypes bevat. In overleg met de projectontwikkelaars is gekozen voor een subwijkje zoals weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1: Inplanting woningtypes op de site

Deze cluster wordt verder vereenvoudigd tot een combinatie van 4 verschillende gebouwtypes:

- **(T1) - 8 x type 1: halfopen, passief** (hier in werkelijkheid voor type 1: 2x halfopen, 2 x gesloten, en voor type 2: 2x halfopen 2x gesloten)
- **(T4) - 4 x type 4: gesloten, passief** (hier in werkelijkheid 2x halfopen 2x gesloten)
- **(T3) - 5 x type 3: open, E40**
- **(T6) - 1 x type 6: appartement (8 app), E40**

Totaal: **17 woningen + 1 blokje van 8 app.**

Deze cluster is representatief voor de vooropgezette typologie en energieprestatie van de volledige wijk zodat de resultaten van de studie op deze subwijk in principe ook zullen gelden voor de volledige wijk.

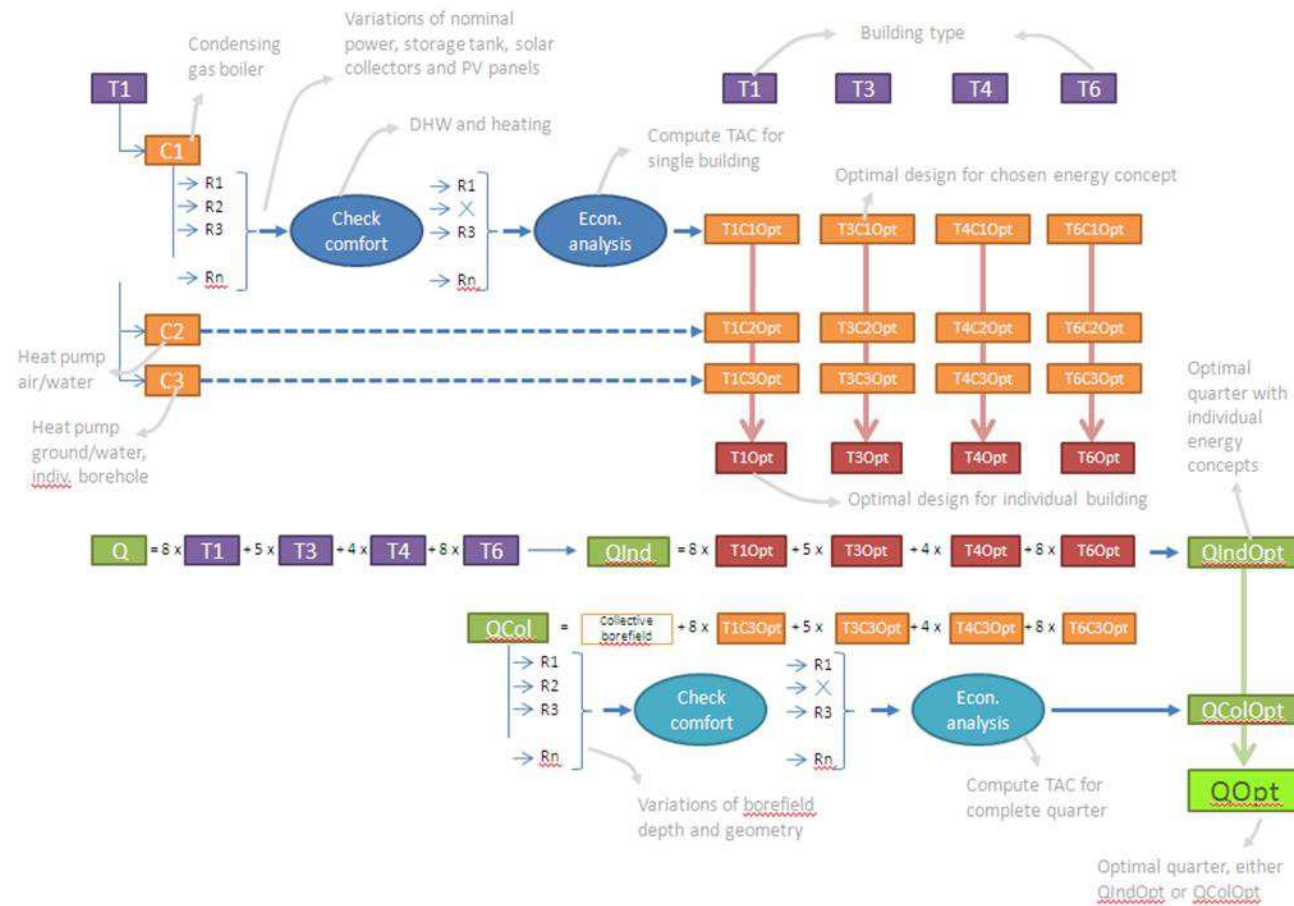
Alle simulaties van de individuele energieconcepten (GAS, LW en BW) moeten voor elk van deze vier gebouwtypes gebeuren. Het collectief boorveld concept (BWC) wordt gesimuleerd op de volledige cluster. Een overzicht van de nodige simulaties en de filtering op basis van het thermisch comfort (zie onder) is weergegeven in Figuur 2.

2.5 THERMISCH COMFORT

Aangezien dynamische simulaties van verschillende energieconcepten ook tot een verschillend thermisch comfort kunnen leiden moeten alle resultaten eerst geanalyseerd worden wat betreft het gerealiseerde comfort voor

- ruimteverwarming,
- sanitair warm water.

Alle gevallen waarbij het comfort voor één van beide onvoldoende is worden uit de resultaten geschrapt om een eerlijke vergelijking van de concepten te kunnen maken.



Figuur 2: Overzicht van de nodige simulaties en filtering op basis van thermisch comfort

3 BESCHRIJVING VAN DE ENERGIECONCEPTEN

3.1 OVERZICHT

Alle energieconcepten zijn identiek wat betreft de verdeling en afgifte van de warmte aan de woning en het sanitair warm waterverbruik. De enige verschillen tussen de concepten zijn het type van warmteproductie en het al dan niet aanwezig zijn van thermische zonnecollectoren. Indien ook PV is voorzien is steeds verondersteld dat de volledige resterende dakoppervlakte voor PV panelen is gebruikt (rekening houdende met de benodigde tussenafstand van de rijen).

3.2 DE GEBOUWEN

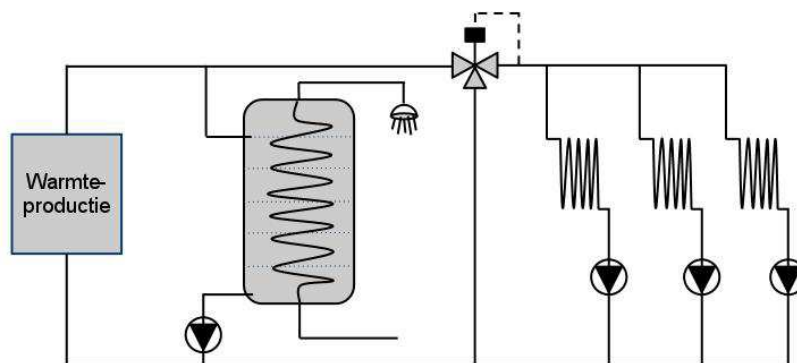
Voor de gebouwen wordt telkens één thermische zone gemodelleerd per verdieping. Dat geeft drie thermische zones voor T1, T3 en T4 en één thermische zone voor T6. Elke zone is uitgerust met een aparte verwarmingskring bestaande uit een 3-weg mengkraan die de stooklijn volgt en vloerverwarming. In elke zone is een stochastisch gebruikersgedrag in rekening gebracht, echter zonder tussen de verschillende simulaties dit gedrag te wijzigen (vast stochastisch gedrag). Elk gebouwtype heeft een ander gebruikersgedrag, waarbij voor de gebouwen met drie thermische zones (T1, T3 en, T4) steeds 4 gebruikers werden beschouwd en voor het appartement met één thermische zone (T6) slechts 2 gebruikers.

De gebouwschil is opgebouwd als een massieve spouwmuur met een isolatiedikte die afhankelijk is van de beoogde energieprestatie (passief of E40). Ook vloer- en dakconstructie, raamtypes, ventilatiesysteem, en luchtdichtheid zijn zodanig bepaald zodat het gewenste energieprestatieniveau voor elk gebouw bereikt wordt.

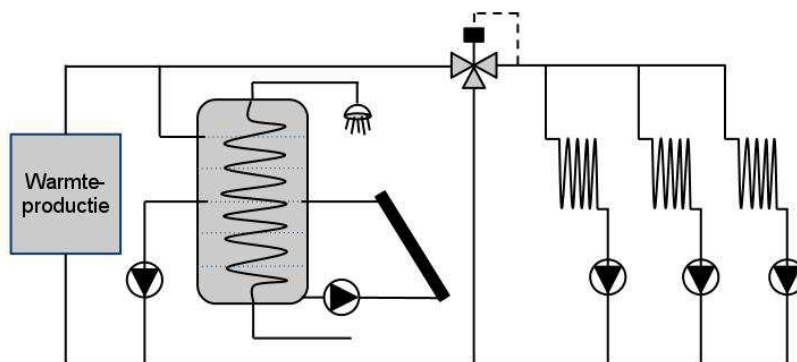
Deze studie bevat geen variaties op de gebouwconstructies, enkel op het verwarmingssysteem. De uiteindelijke gebouwwontwerpen bevatten nog veel vrijheden. Er moet over gewaakt worden dat de uiteindelijke gebouwen aan de gewenste energieprestaties voldoen. Anderzijds is het mogelijk om deze vrijheden te benutten om tot nog betere resultaten te komen. Dat was echter niet de opdracht van deze studie, vandaar dat steeds dezelfde stereotiepe gebouwtypes zijn gesimuleerd.

3.3 HYDRAULISCH SCHEMA

Het hydraulisch schema is hetzelfde voor alle energieconcepten, met uitzondering van de warmteproductie. Het hydraulisch schema voor de gebouwen met drie thermische zones is weergegeven in Figuur 3 voor systemen zonder zonneboiler en Figuur 4 voor systemen mét zonneboiler. In beide gevallen zijn er 6 stratificatielagen in het opslagvat, maar de positie van de aansluitingen van de warmteproductie zijn wel verschillend. Het pompverbruik en start/stop verliezen worden in rekening gebracht.



Figuur 3: hydraulisch schema zonder zonneboiler



Figuur 4 : hydraulisch schema mét zonneboiler

3.4 WARMTEPRODUCTIE

Er zijn vier varianten van warmteproductie:

1. (GAS) – Condenserende gasketel. Dit is de referentiesituatie.
2. (LW) – Lucht-water warmtepomp met COP in functie van de buitentemperatuur, condensortemperatuur en modulatie (tussen 30% en 100%).
3. (BW) – Bodem / Water warmtepomp met individuele verticale warmtewisselaar per woning. Het betreft een gesloten U-vormige warmtewisselaar. In de simulatie is telkens één enkele boring per woning beschouwd, in de praktijk zullen méér parallelle warmtewisselaars geplaatst worden indien de totale lengte groter wordt dan +/- 100m. Het betreft hier een aan/uit warmtepomp waarbij de COP functie is van verdamper- en condensortemperatuur.
4. (BWC) – Bodem / Water warmtepomp met collectief boorveld. De verdamper van alle individuele warmtepompen is aangesloten op een boorveld. Bij goede hydraulische dimensionering en aansluiting in Tichelman zou geen centrale circulatiepomp vereist zijn en gebeurt de circulatie enkel door de individuele circulatiepomp aan de verdamperzijde van de warmtepomp. Het betreft hier een identieke warmtepomp als in concept BW.

3.5 ZONNE-ENERGIE

Voor alle warmtepompconcepten zijn variaties met en zonder PV en/of zonneboiler doorerekend. Daarbij is voor elk gebouwtype de dakoppervlakte bepaald, en via onderstaande vuistregel is hieruit de beschikbare oppervlakte voor zonnetechnologie afgeleid. Hierbij is verondersteld dat beide technologieën met elkaar concurreren, dwz dat een grotere zonneboiler automatisch zal leiden tot een kleiner PV systeem. Het aantal PV panelen wordt steeds gemaximaliseerd binnen deze randvoorwaarden.

In de berekeningen wordt ervan uitgegaan dat $\frac{1}{4}$ van de totale dakoppervlakte beschikbaar is voor zonnetechnologie. Hierbij wordt rekening gehouden met o.a. schaduwzones door opstaande dakranden en de schaduwhoek tussen de paneelrijen, waardoor vrije oppervlakte tussen de verschillende paneelrijen dient te worden voorzien.

Verder wordt een nominaal rendement voor PV van 15% en dit voor 230W panelen. Tabel 1 geeft een overzicht van de verschillende parameters voor zonne-energie.

Tabel 1: Overzicht parameters zonne-energie voor simulaties bij de verschillende typegebouwen

	T1	T3	T4	T6
Dakoppervlakte (m ²)	129	135	96	50
Beschikbare dakoppervlakte (m ²)	32.25	33.75	24	12.5
Oppervlakte zonneboiler (m ²) in de simulaties	2/4/6/8/10	2/4/6/8/10	2/4/6/8/10	2/4/6
Oppervlakte PV syteem (m ²) in de simulaties	30/28/26/24/22	31/29/27/25/23	22/20/18/16/14	10/8/6

3.6 VARIATIES

Zoals ook in Figuur 2 voorgesteld is, zijn voor elk gebouwtype 3 individuele concepten gesimuleerd + 1 collectief concept op clusterniveau. Daarenboven zijn binnen elk concept een aantal parametervariaties (hieronder opgesomd) uitgevoerd. Sommige van deze variaties bleken weinig effect te hebben op de eindresultaten, andere hebben een cruciale impact.

- Nominaal vermogen van de warmteproductie (alle concepten)
- Grootte van het opslagvat (alle concepten)
- Oppervlakte van de zonnecollectoren (systeem met zonneboiler)
- Aan- of afwezigheid van PV (het aantal PV panelen is een rechtstreeks gevolg van de vorige parameter, zie ook vorige paragraaf).

Totale lengte van de grond/water warmtewisselaar (systemen BW en BWC)

4 ANALYSE VAN DE RESULTATEN

4.1 HYPOTHESEN ENERGIEVERBRUIK

Alle simulaties lopen over één jaar. Als resultaat van de simulaties wordt het energieverbruik van de verschillende energievectoren (gas, elektriciteit) verkregen, alsook het thermisch comfort. De simulaties waarbij op jaarbasis méér dan 2% van het sanitair warm water wordt afgetapt aan minder dan 40°C worden uit de resultaten weggefilterd. Volgens worden ook alle simulaties uit de resultaten gefilterd waarbij op jaarbasis gedurende meer dan 50 uur in één van de thermische zones de gewenste temperatuur met méér dan 0.2°C onderschreden wordt. Zodoende kunnen we van alle overgebleven simulaties aannemen dat ze hetzelfde comfort garanderen in de woning.

Om het concept GAS met de andere te kunnen vergelijken wordt het totale eindverbruik omgezet naar primaire energie.

4.2 HYPOTHESEN VOOR DE ECONOMISCHE ANALYSE

Voor de economische analyse zijn verschillende scenario's beschouwd. Ze hebben allemaal de volgende gemeenschappelijke parameters:

- inflatie: 2%
- actualisatie: 5%
- energieprijsstijgingen bovenop inflatie: 3.5%
- elektriciteitsprijs eerste jaar: 0.21 €/kWh
- gasprijs eerste jaar: 0.08 €/kWh
- berekening van totale actuele kost (TAK) op 20 jaar (behalve voor S4).

Volgende scenario's werden beschouwd:

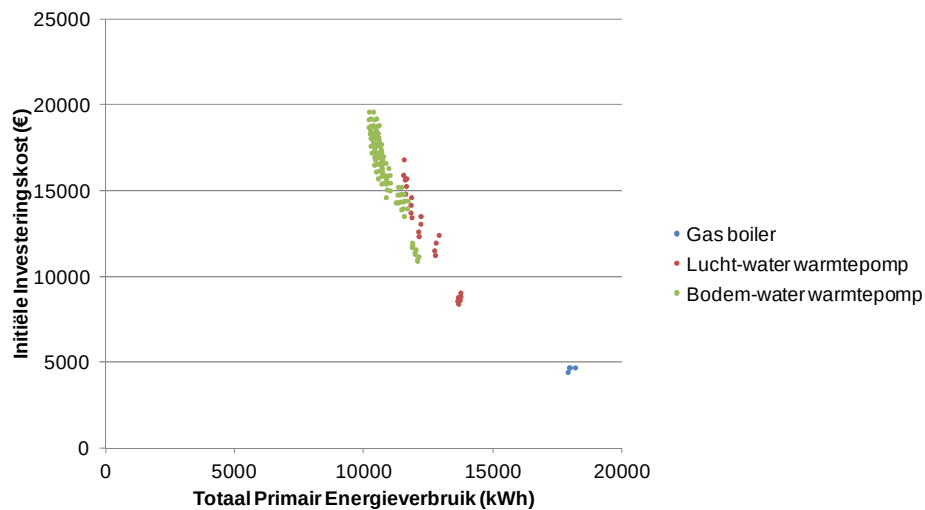
- S1 : geen enkele investeringssteun, geen groenestroomcertificaten (GSC), met en zonder PV
- S2 : geen investeringssteun, wél GSC (250 €/GSC)
- S3 : investeringssteun (zie onder), wél GSC
- S4 : korte termijn : géén investeringssteun, wél GSC en TAK op 10j

Wegens recente wijzigingen mbt. het fiscaal voordeel op energiebesparende investeringen is geen enkele fiscale aftrek in rekening gebracht. De enige overblijvende investeringssteun is een premie voor verminderd E-peil vanaf E60, uitgereikt door Gaselwest en de premie voor PV en zonneboiler van de stad Ieper. Voor deze laatste houdt de studie reeds rekening met de toekomstige aanpassing van de premie (enkel voor zonneboiler, 15% van de investering met een max van € 500).

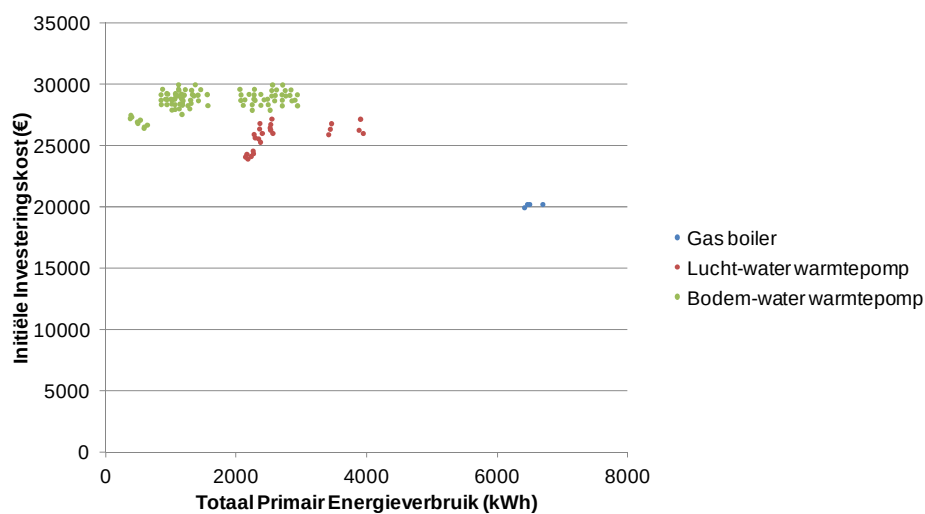
4.3 INVESTERINGS- EN EXPLOITATIEKOSTEN

Onderstaande figuren geven de initiële investeringskosten en de exploitatiekosten weer voor de simulaties zonder en mét PV. Voor de weergave van de exploitatiekosten bij de simulaties mét PV houden we alleen rekening met de opbrengten uit GSC. Hieronder geven we telkens de resultaten voor gebouwtype T1. De resultaten voor de overige gebouwtypes zijn zeer gelijklopend en werden opgenomen in Bijlage A.

4.3.1 Initiële investeringskosten

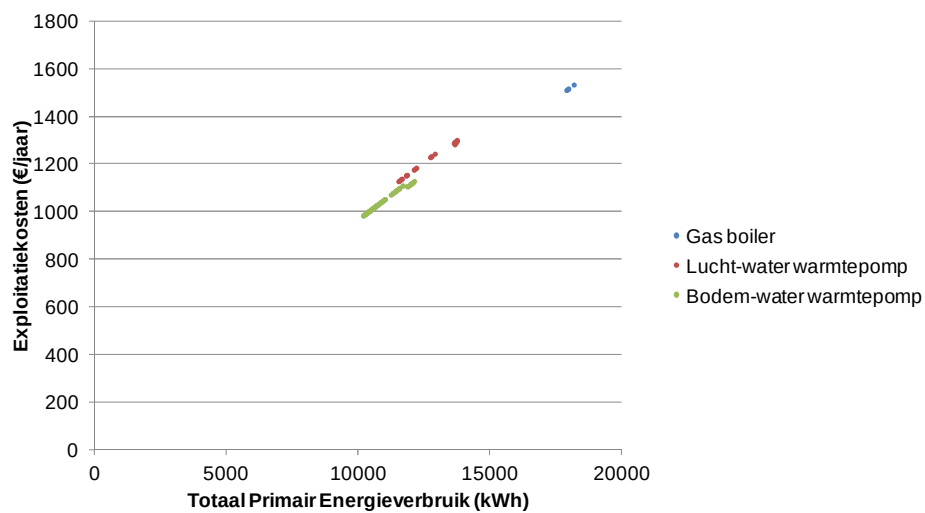


Figuur 5: T1, zonder PV

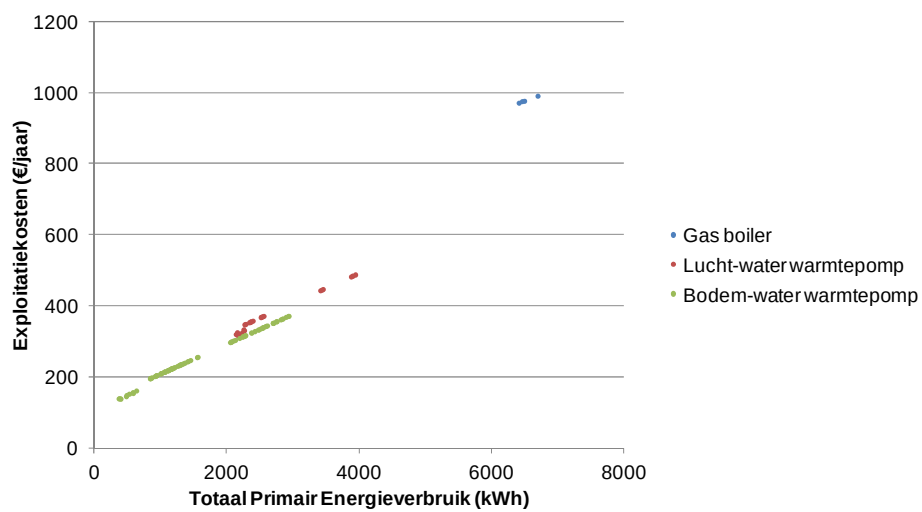


Figuur 6: T1, mét PV

4.3.2 Exploitatiekosten



Figuur 7: T1, S1, zonder PV



Figuur 8: T1, S2, mét PV

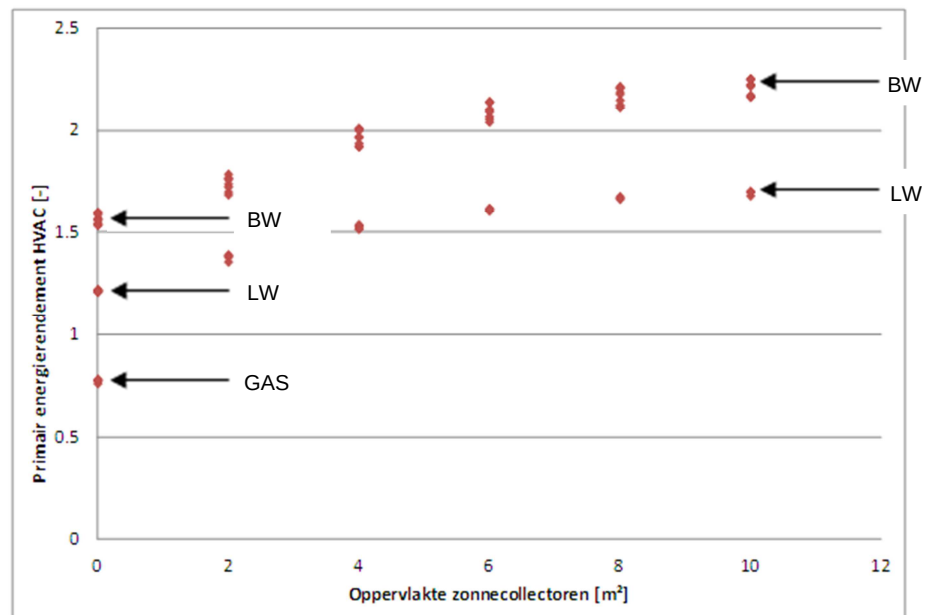
4.4 RESULTATEN ENERGIEVERBRUIK

In onderstaande paragrafen worden enkele algemene resultaten gegeven die enkel gebaseerd zijn op de gebouwsimulaties. Het volgende hoofdstuk bespreekt de resultaten van de economische analyse.

4.4.1 Primair energierendement

Het primair energierendement zoals weergegeven in Figuur 9 geeft weer hoeveel primaire energie nodig is om de netto gevraagde warmte aan de bewoners aan te leveren. Het houdt dus rekening met pompverbruik, start/stop verliezen van de warmteproductie en warmteverliezen van het opslagvat.

Uit de figuur blijkt dat het rendement het laagste is voor het GAS concept, en het hoogste voor het BW concept. Deze resultaten zijn algemeen gekend en werden dan ook verwacht. Interessant is de evolutie van het rendement in functie van de grootte van de zonneboiler (enkel voor LW en BW). Er is een gevoelige rendementsstijging voor kleine collectoroppervlaktes, vanaf 6 m² is de marginale bijdrage van de zonneboiler beperkt.



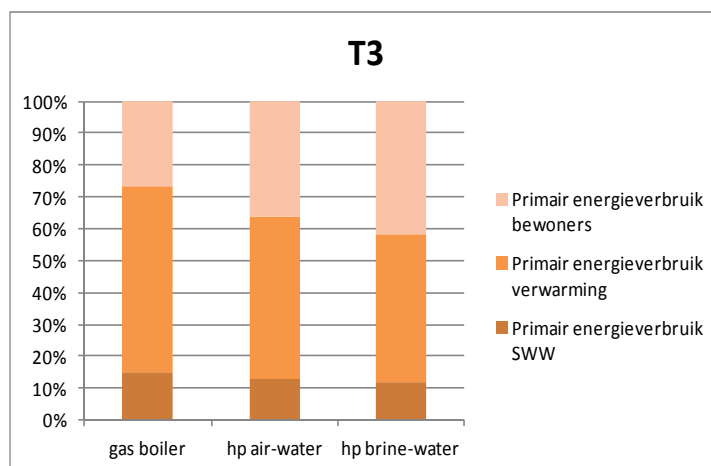
Figuur 9: primair energierendement voor de gas boiler (GAS), de lucht-water warmtepomp (LW) en de bodem-water warmtepomp (BW). Voor LW en BW zijn de rendementen in functie van de grootte van de zonneboiler gegeven. De kleine variaties zijn een gevolg van een variatie in opslagvatgrootte of lengte van de grond/water warmtewisselaar.

4.4.2 Verdeling van het verbruik

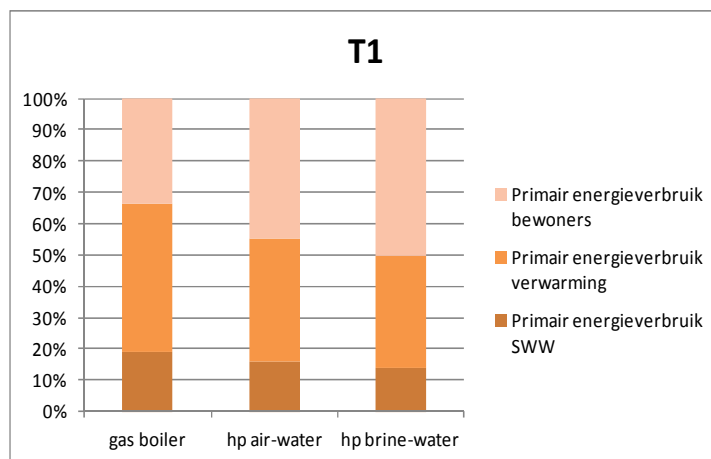
Figuur 10 en Figuur 11 tonen een verdeling van het verbruik over verwarming, sanitair warm water en de bewoners (huishoudelijke toestellen, verlichting, ...). De resultaten worden enkel getoond voor T3 en T1, ze zijn zeer gelijkaardig voor T4 en T6.

De resultaten zijn afhankelijk van het energieconcept, dat is ook te verwachten als we het primaire energierendement uit Figuur 9 kennen. Hieruit blijkt dat afhankelijk van energieconcept en E-peil het

aandeel van de bewoners varieert van 30% tot 50%. Het aandeel van sanitair warm water (SWW) situeert zich tussen 10% en 20% en het aandeel verwarming tussen 40% en 60%. Het is duidelijk dat het verder reduceren van de totale primaire energievraag zeer moeilijk is indien enkel het energieconcept gewijzigd wordt. Gebruikersgedrag speelt een cruciale rol, maar ook op gebied van de gebouwschil is er mogelijk nog verbeteringspotentieel tijdens het gedetailleerde ontwerp van de woningen.



Figuur 10: Verdeling van het primaire energieverbruik voor T3 bij gebruik van een gas boiler, een lucht-water warmtepomp (hp air-water) en een bodem-water warmtepomp (hp brine water)



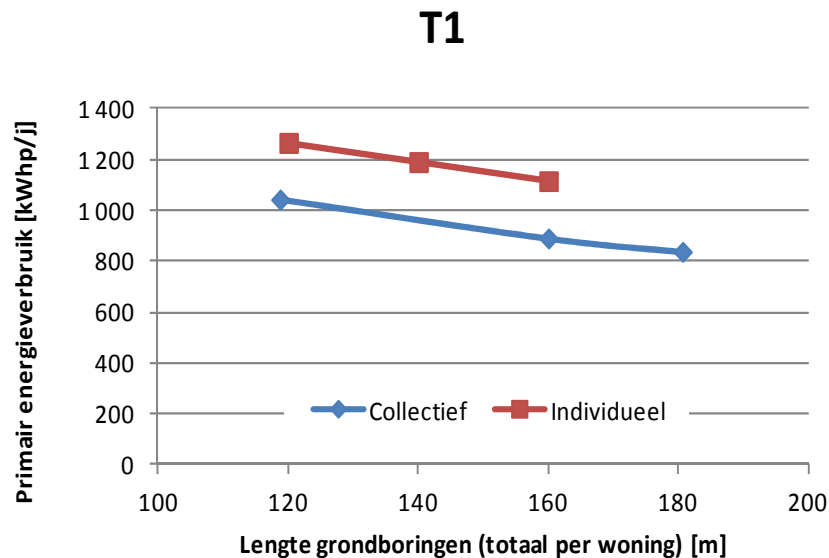
Figuur 11: Verdeling van het primaire energieverbruik voor T1 bij gebruik van een gas boiler, een lucht-water warmtepomp (hp air-water) en een bodem-water warmtepomp (hp brine water)

4.4.3 Collectief versus individueel boorveld

Figuur 12 toont het primair energieverbruik van een collectief boorveld tov een individueel boorveld, teruggebracht op 1 woning (T1). Hieruit blijkt dat een collectief boorveld een energetisch voordeel biedt ten opzichte van individuele boorvelden. Dit is een gevolg van de hogere rendementen tijdens

deellastwerking: als niet alle warmtepompen tegelijk werken zullen diegene die wel werken een groter relatief warmtewisselend oppervlakte hebben, en dus een hogere verdampertemperatuur.

Dit voordeel kan op twee manieren uitgebuit worden: ofwel wordt dezelfde totale boorlengte geïnstalleerd en resulteert dit in een hoger rendement, ofwel wordt de investering beperkt door minder boringen te voorzien, zonder het rendement daardoor negatief te beïnvloeden tov individuele voorzieningen.



Figuur 12: primair energieverbruik van een collectief boorveld tov individueel boorveld, teruggebracht op 1 woning (T1)

4.5 ENERGETISCH/ECONOMISCHE PARETO ANALYSE

Dit hoofdstuk bevat resultaten van zowel de energetische als economische analyses. Niet alle resultaten voor alle gebouwen worden hier getoond. De overige resultaten zijn terug te vinden in Bijlage B. Enkel de grote lijnen worden hier weergegeven.

De resultaten worden steeds weergegeven tov de totale actuele kost over 20 jaar (TAK, verticale as) en het totale primaire energieverbruik op jaarbasis (horizontale as). De absolute waarden voor TAK en primair energieverbruik worden steeds weergegeven voor een individuele woning van een bepaald gebouwtype (zijnde T1, T3, T4 of T6). Door het totaal primair energieverbruik van de referentiesituatie te vergelijken met het totaal primair energieverbruik van een (of meerdere) simulatieresulta(a)t(en), kan de jaarlijkse primaire energiebesparing afgeleid worden

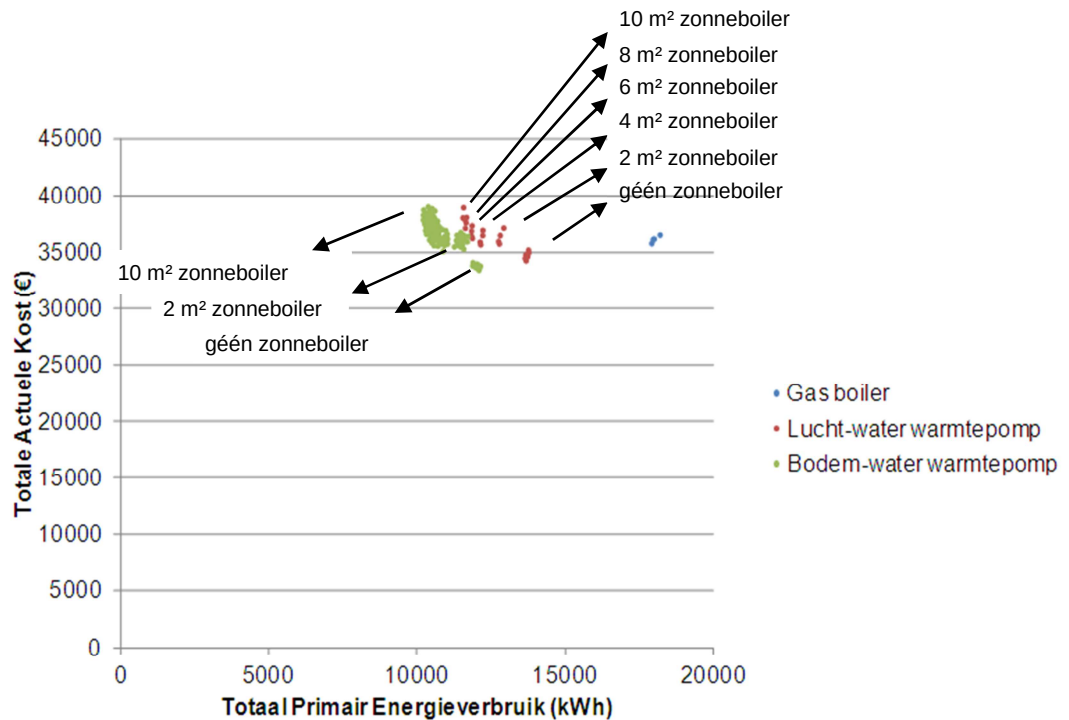
Elk punt op de grafiek is één simulatie. De grafieken bevatten steeds de resultaten van de drie individuele energieconcepten, tenzij anders aangegeven. De grafieken laten toe om beide doelstellingen (minimaal energieverbruik en minimale TAK) in één oogopslag te zien en zo de algemene trade-off van beide doelstellingen te visualiseren. Dit wordt ook een (2D) pareto analyse genoemd.

Het aantal simulaties voor de lucht-water warmtepomp en de bodem-water warmtepomp is steeds veel groter dan voor de gas boiler. Dit komt door de extra variaties van het aantal zonnecollectoren en (in geval van de bodem-water warmtepomp) lengte van de boringen.

S1 - Geen investeringssteun, geen GSC

4.5.1 Individuele concepten zonder PV

Figuur 13 toont de resultaten voor T1, S1 (scenario 1) indien geen PV systeem geplaatst wordt.



Figuur 13: T1, S1 : géén PV, geen investeringssteun.

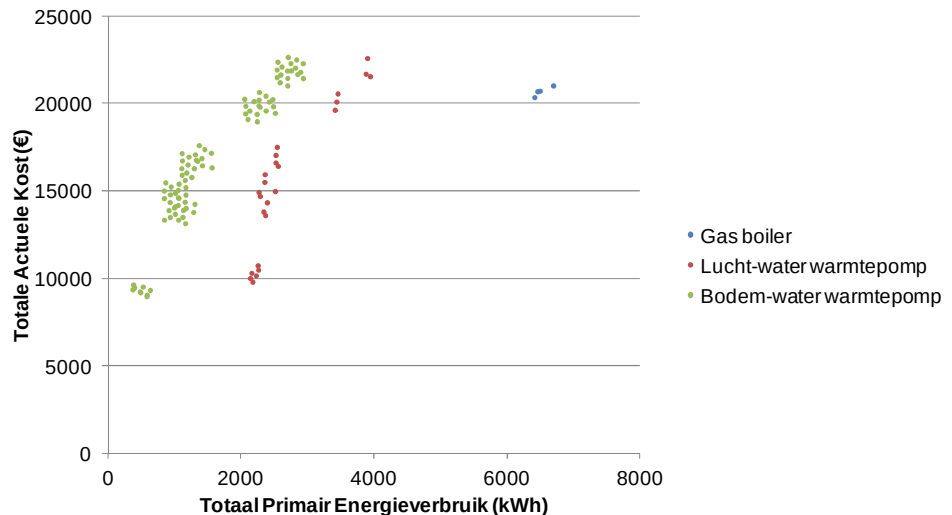
Uit deze grafiek kunnen een aantal resultaten afgeleid worden:

- beide warmtepompconcepten zijn niet alleen energetisch, maar ook economisch beter dan het referentieconcept, zelfs zonder subsidies
- het beste concept op beide vlakken is BW: dit concept heeft een lager energieverbruik én een lagere TAK dan GAS en zelfs dan LW
- het plaatsen van een zonneboiler leidt duidelijk tot een energiebesparing, maar niet tot een kostenbesparing (indien geen steunmaatregelen beschouwd worden).
- als men een zonneboiler plaatst is het niet zinvol om een klein systeem te kiezen (2m²): een iets groter systeem (4m²) heeft een lager energieverbruik voor ruwweg dezelfde TAK

4.5.2 Individuele concepten mét PV

De resultaten wijzigen sterk indien wél een PV systeem geplaatst wordt, zelfs al wordt in eerste instantie geen investeringssteun en ook geen groenestroomcertificaten (GSC) in rekening gebracht in de economische analyse. De resultaten voor T1 worden getoond in Figuur 14. Het betreft hier eenzelfde aantal simulaties als in Figuur 13 (120 in totaal); de resulterende waarden liggen echter veel minder dicht op elkaar. De waarden van de inputvariabelen zijn dezelfde als voor Figuur 13, met

uitzondering van het vermogen van de fotovoltaïsche installatie. Deze varieert in functie van de beschikbare dakoppervlakte en dus in functie van het aantal m² geplaatste zonneboilercollector.



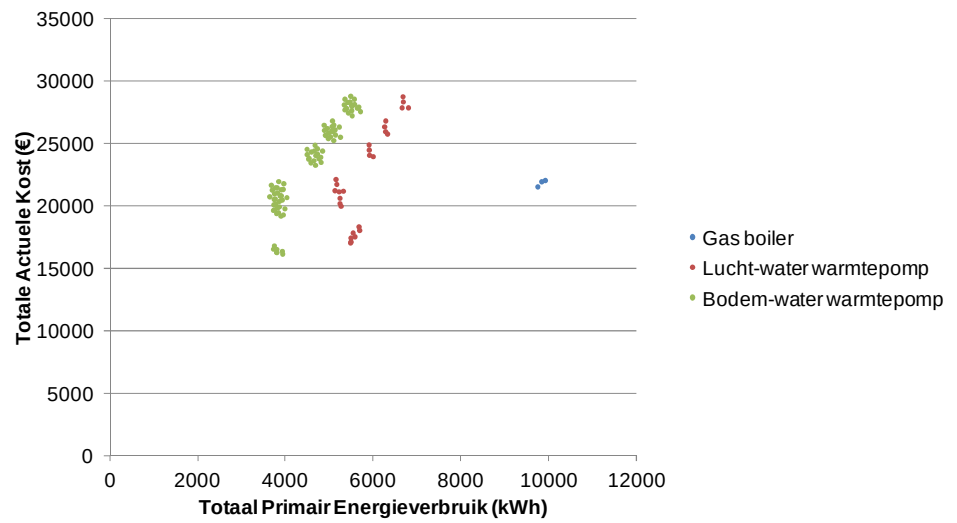
Figuur 14: T1, S1 mét PV, géén investeringssteun, géén GSC.

Een eerste opvallend resultaat is de verschuiving van de puntenwolken naar links: het totaal energieverbruik wordt sterk gereduceerd door het plaatsen van PV. Concept BW is zo goed als nul energie, zelfs rekening houdende met het verbruik van de bewoners (huishoudtoestellen, verlichting).

Ten tweede blijkt dat de TAK van alle concepten sterk gedaald is tov Figuur 13. Dat wil zeggen dat zelfs zonder enige steun, PV op 20 jaar competitief is tov de huidige elektriciteitsprijs (welliswaar rekening houdend met de terugdraaiende teller die een grote impact heeft op de rentabiliteit van de investering). De TAK daling is echter groter voor de warmtepompconcepten dan voor het aardgasconcept. Dat is ook logisch: door het hogere elektriciteitsverbruik van deze concepten kan de teller verder terugdraaien zonder negatief te gaan waardoor het PV systeem een grotere jaarlijkse financiële besparing zal realiseren.

We zien ook een ander fenomeen: terwijl in de vorige grafieken duidelijk was dat de zonneboiler energetisch interessant was, is dat nu niet meer het geval. Aangezien we aannemen dat de zonnecollectoren het aantal PV panelen beperken zien we dat het beter is om een zo groot mogelijk PV systeem te plaatsen (indien men een warmtepomp heeft) in plaats van een zonneboiler + PV. Dit is zelfs zo zonder steunmaatregelen. Deze conclusie is niet bij alle gebouwtypes even uitgesproken, en ze is ook afhankelijk van het rendement van de warmtepomp. Ter illustratie toont Figuur 15 dezelfde analyse voor T4. Hierzien we dat bij het LW concept, een zonneboiler energetisch interessant is tov PV indien voor 2 of 4 m² gekozen wordt. Voor concept BW kunnen we zeggen dat het energetisch niet veel uitmaakt voor collectoroppervlaktes tot 4m². Dit is te verklaren door het hogere rendement van een bodem-water warmtepomp. Voor de gasketel zijn geen zonneboilers gesimuleerd, de verwachting is dat de energiebesparing door een zonneboiler bij dit concept het grootst zal zijn. Zoals besproken in paragraaf 4.4.1 is het primair energierendement van het GAS concept immers het laagst, waardoor de primaire energiebesparing door toepassing van een zonneboiler het grootst zal zijn.

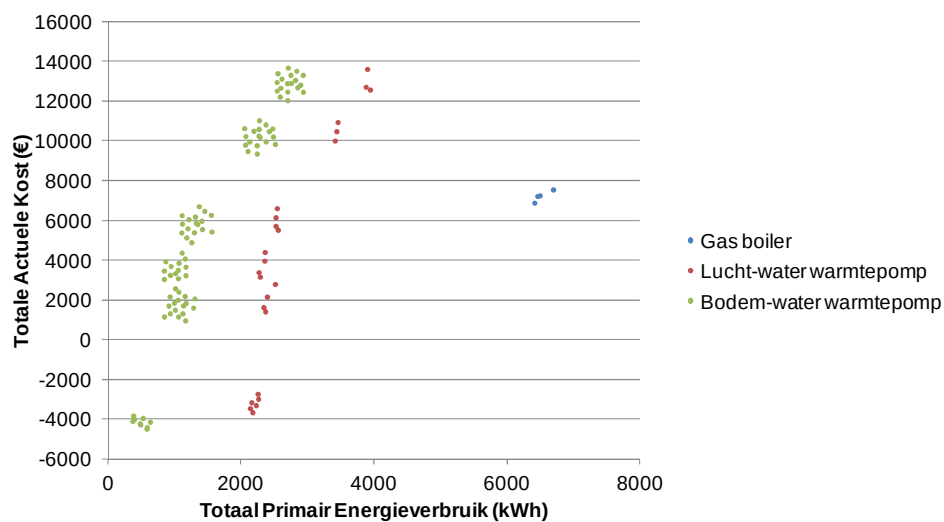
Economisch beschouwd is een PV systeem echter altijd interessanter dan een zonneboiler.



Figuur 15: T4, S1 mét PV, géén investeringssteun, géén GSC.

S2 - Geen investeringssteun, wél GSC

Indien ook groenestroomcertificaten in rekening gebracht worden zal de inkomensstroom voor concepten met PV zodanig toenemen dat de TAK nog verder daalt terwijl het totaal primair energieverbruik uiteraard niet wijzigt. Dit kan, indien de dakoppervlakte voldoende groot is, zelfs tot negatieve TAK leiden (T1 en T3). Figuur 16 toont de resultaten voor T1, de resultaten voor de andere gebouwen staan in annex A.

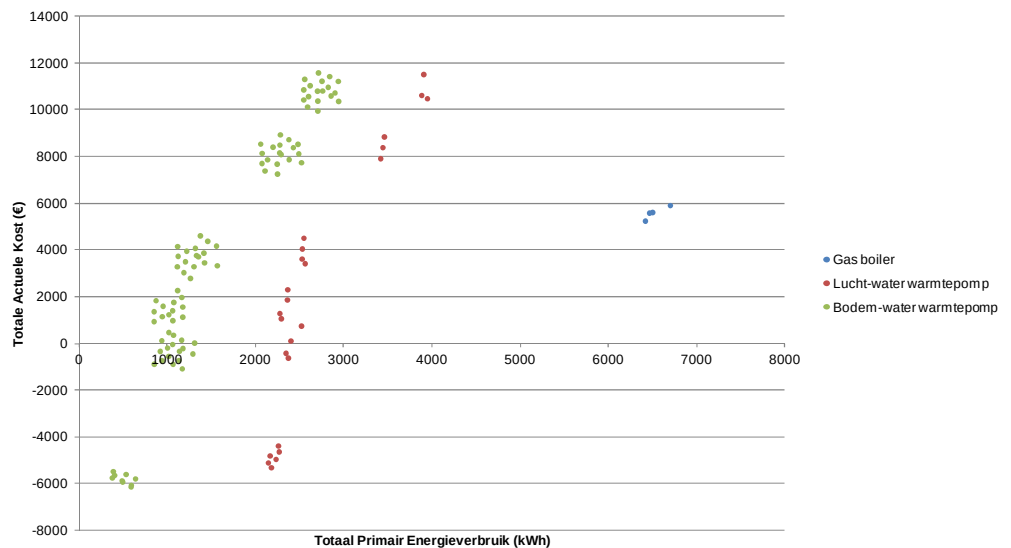


Figuur 16: T1, S2 mét PV, géén investeringssteun, wél GSC.

S3 – Mét investeringssteun en GSC

De resultaten van dit scenario zijn zeer gelijkaardig aan het S2 scenario met uitzondering van de lagere TAK: de investeringssteun verandert de algemene trends en conclusies niet. Geen enkele technologie wordt wezenlijk bevoor- of nadeeld door de investeringssteun. Dat komt doordat de fiscale aftrek volledig verdwenen is en doordat de grootste steun verkregen wordt op basis van het E-peil, hetgeen een technologie-onafhankelijke steunmaatregel is. De zonneboilerpremie van de stad Ieper (max 500 euro) verschuift de concepten met zonneboiler een klein beetje naar beneden, maar niet voldoende om een wezenlijk verschil te maken (over 20 jaar). Als steun- en informatiemaatregel om bouwers over de streep te trekken heeft deze maatregel zeker wel zijn nut.

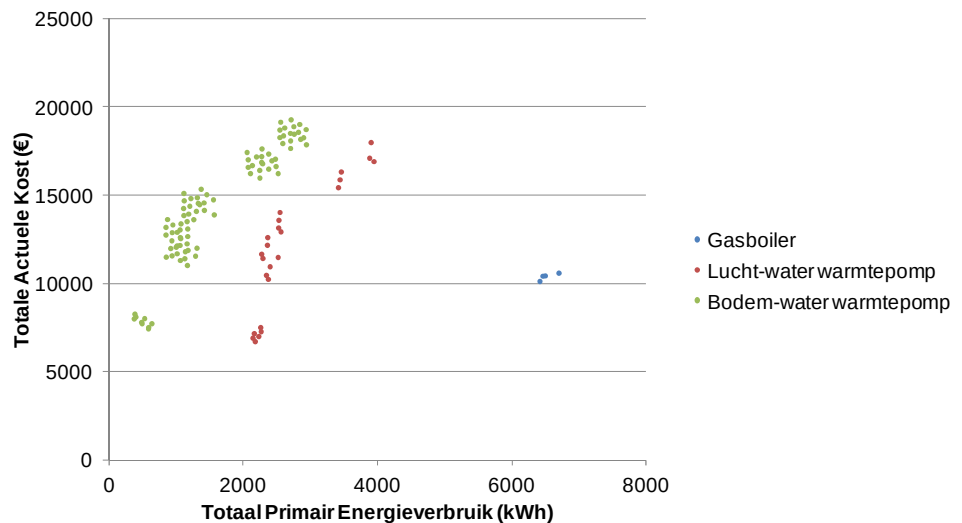
Door de algemene verschuiving van de puntenwolken naar beneden worden de relatieve verschillen tussen de energieconcepten mét en zonder warmtepomp versterkt. Uit Figuur 17 ziet men dat het GAS concept voor één woning van type T1 over 20 jaar ongeveer 5 000 euro kost (40 000/8) terwijl het LW concept 5 000 euro opbrengt. Het beste BW concept brengt zelfs meer dan 6000 euro op. Gelijkaardige conclusies gelden voor de andere gebouwtypes (zie annex A).



Figuur 17: T1, S3 mét PV, investeringssteun en GSC.

S4 - Korte termijn : géén investeringssteun, wél GSC en TAK op 10 jaar

Twintig jaar is min of meer de levensduur van de uitrusting waarvoor de cash flow analyse gebeurt. Dit is dus de correcte termijn voor de economische analyse. Veel bouwheren denken echter op kortere termijnen en zouden bijvoorbeeld een terugverdiensduur van 20 jaar niet aanvaarden. Daarom gebeurt ook een analyse op 10 jaar, waarbij géén investeringssteun in rekening gebracht wordt. Dit is min of meer een worst case situatie (enkel GSC worden beschouwd) voor een energiebesparende technologie met een hogere begininvestering.

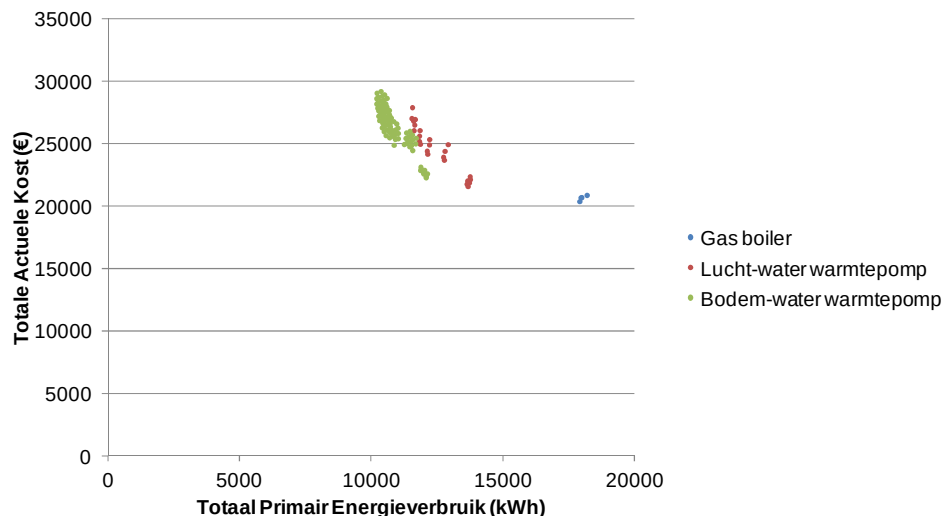


Figuur 18: T1, S4 mét PV, géén investeringssteun, wél GSC en TAK op 10 jaar.

Uit Figuur 18 blijkt dat de laagste TAK niet meer gehaald wordt door het BW concept, maar wel door het LW concept. Dit is te verklaren door de hogere begininvestering voor BW: op tien jaar verdient deze investering zich niet terug tov een lucht-water warmtepomp, op 20 jaar wél. Nochtans zijn de verschillen in TAK niet groot, terwijl het BW concept toch beduidend minder energie verbruikt.

Een tweede conclusie is dat beide warmtepompconcepten ook op 10 jaar interessanter zijn dan het GAS concept. Dus zelfs (relatief) korte termijn denkers doen er beter aan te investeren in een warmtepomp dan een condenserende gasketel voor de beoogde gebouwconcepten. Deze conclusie geldt voor T1 en T3. Voor T4 is de TAK van de 3 concepten ongeveer gelijk, en voor T6 is het GAS concept wél het meest economisch op 10 jaar.

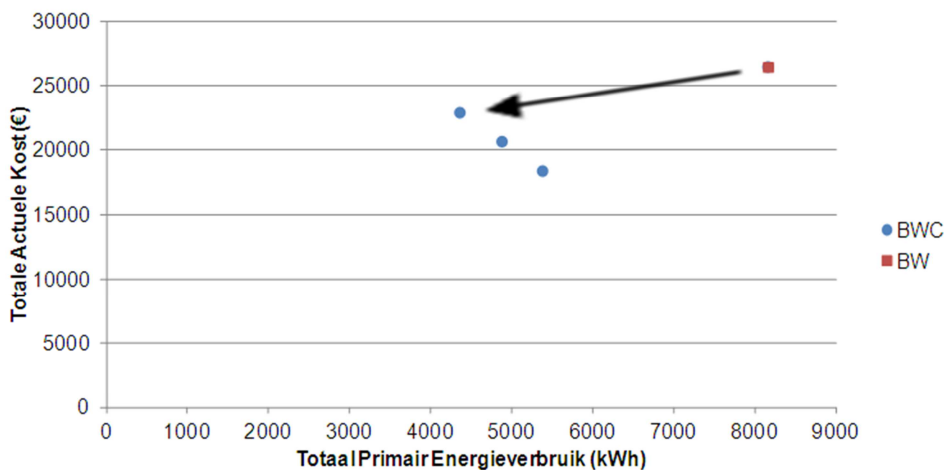
Uit deze en vorige analyses zou men kunnen afleiden dat voor de meeste gebouwtypes en onder alle omstandigheden, warmtepompen altijd interessant zijn tov gasketels, zowel op energetisch als economisch vlak. Echter, de rol van het PV systeem in het succes van de warmtepompen is al gebleken uit het verschil tussen Figuur 14 en Figuur 13. Om dit effect te onderzoeken is ook op 10 jaar een analyse gemaakt zonder PV, de resultaten voor T1 staan in Figuur 19. Hieruit blijkt dat de warmtepompen zonder PV op 10 jaar inderdaad NIET economisch interessanter zijn tov het GAS concept, terwijl dat mét een PV systeem wel zo is. Hieruit kunnen we besluiten dat de investering in een PV systeem de rendabiliteit van een warmtepomp beduidend verbetert.



Figuur 19: T1, S4 zonder PV (en dus géén GSC), géén investeringssteun en TAK op 10 jaar.

4.5.3 Collectieve concepten (met zonneboiler en PV)

Om de impact van een collectief boorveld (BWC) met individuele boorvelden (BW) te vergelijken zijn een aantal simulaties gebeurd op wijkniveau. Voor deze simulaties is één boring per woning verondersteld, zowel voor BW als BWC. Als startwaarde is het collectieve boorveld gedimensioneerd als de som van de individuele boorputten. Vervolgens is die lengte gevarieerd. De resultaten voor een case met 6m² zonneboiler én een PV systeem zijn weergegeven in Figuur 20.



Figuur 20: vergelijking collectief versus individueel boorveld, S2 mét PV. De pijl duidt de verschuiving aan voor gelijkaardige lengte van de boringen, de twee andere cases zijn voor kleinere boorvelden

Hieruit blijkt dat het collectief concept zowel energetisch als economisch beter scoort dan het individuele. Dit voordeel kan gebruikt worden om het energieverbruik nog verder terug te dringen zonder extra kosten, of om de investeringskost te beperken bij gelijkaardig verbruik.

5 KWALITATIEVE VERGELIJKING

5.1 KWALITATIEVE ANALYSE WARMTEPOMPCONCEPTEN

Naast energetische en economische argumenten kunnen ook andere aspecten de beslissing voor het uiteindelijke energieconcept beïnvloeden. Een kwalitatieve analyse van de drie warmtepompconcepten is weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2: Kwalitatieve vergelijking van de vijf concepten

	Fasering	Eigen beheer	Doorlooptijd	Koeling	Geluid	Primaire energie	Technisch risico	Groepsaan-koop winst	Innovatie
LW									
BW									
BWC									

De analyse geeft in de eerste plaats een verschil aan tussen het lucht-water concept en de bodem-water concepten. De voordelen van een LW-concept komen tot uiting bij de fasering van de wijk en de doorlooptijd van realisatie van het concept. Het grootste nadeel is de mindere primaire-energiebesparing.

Verder blijkt uit de analyse onder andere dat het collectieve concept twee 'nadelen' heeft tov beide andere warmtepompconcepten. Ten eerste is dit concept iets veeleisender mbt de fasering van het project. Dit kan echter opgevangen worden door op tijd een duidelijke keuze te maken en de gevolgen mee te nemen in de verdere projectontwikkeling.

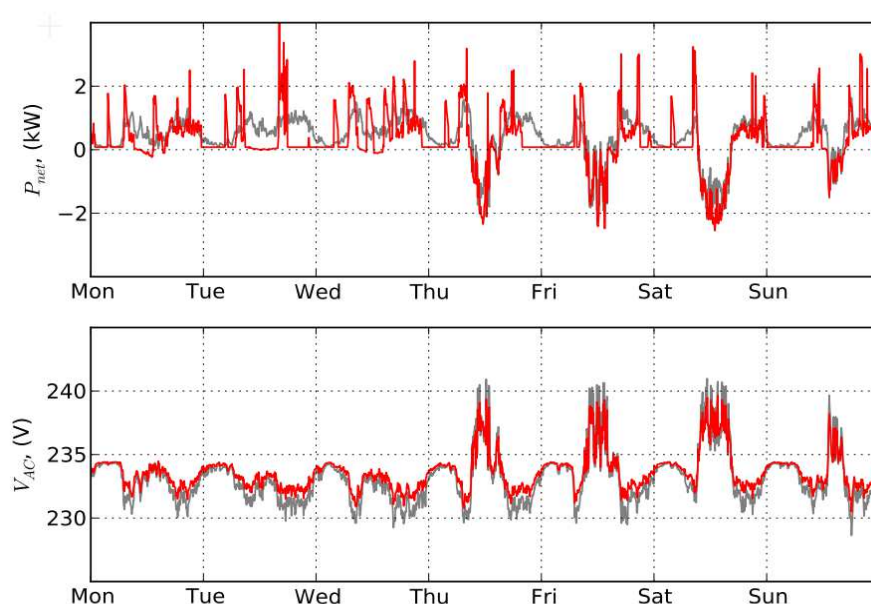
Ten tweede heeft een collectief boorveld een hoger technisch risico. Dit komt doordat een dergelijke technologie nog niet vaak is ingezet op collectief wijnniveau. De risico's lijken echter beperkt, en door een juiste keuze van partners bij het ontwerp, realisatie en de opvolging lijkt ook dit nadeel overkomelijk.

5.2 LAAG-ENERGIE GEBOUWEN EN ELEKTRISCHE KNELPUNTEN

De grootschalige toepassing van laag-energie gebouwen met lokale elektriciteitsproductie (dmv PV) kan mogelijks resulteren in netwerkproblemen en het aftoppen van de effectieve PV productie. Meer specifiek gaat het om:

- Een toename van de netspanning door simultane elektriciteitsproductie van de PV systemen
- Het noodzakelijk aftoppen van de elektriciteitsproductie op invertorniveau en het daaruit volgend verlies aan hernieuwbare energieproductie.

Dit wordt geïllustreerd in Figuur 21, overgenomen uit Baetens et al. (2012) ²



Figuur 21: Netto vermogen (P_{net}) en wisselspanning (V_{AC}) voor een willekeurig individuele woning (rode curves) en voor het gemiddelde op wijkniveau (33 woningen) (grijze curves)

In deze figuur zien we dat de elektrische spanning in het distributienet sterk beïnvloed wordt door de (gelijktijdige) elektriciteitsproductie uit PV-systemen. De invertoren van deze systemen hebben een beveiliging die bij wettelijk vastgelegde overspanningen de elektriciteitsproductie volledig stopt of aftopt. Zo treedt een verlies aan hernieuwbare elektriciteitsproductie op.

Dit kan voorkomen worden door het distributienet te versterken, met name door grotere kabelsecties te selecteren en indien nodig de transformator te verzwaren. Daardoor verminderen de ohmse verliezen en bijgevolg de overspanningen. Het ontwerp van het distributienet in een lage-energiewijk met veel PV moet hier dus rekening mee houden.

² Baetens, R., De Coninck, R., Van Roy, J., Verbruggen, B., Driesen, J., Helsens, L., & Saelens, D. (2012). Assessing electrical bottlenecks at feeder level for residential net zero-energy buildings by integrated system simulation. *Applied Energy*, ((Special issue on Smart Grids, Renewable Energy Integration, and Climate Change Mitigation - Future Electric Energy Systems)). Elsevier Ltd. doi:10.1016/j.apenergy.2011.12.098, eventueel downloadbar op <http://www.mendeley.com/profiles/roel-de-coninck/>

6 DE ROL VAN EEN ESCO BIJ HET OPTILLEN VAN HET AMBITIENIVEAU

6.1 INLEIDING

De voorgestelde energieconcepten voor de wijk De Vloei zijn innovatief omwille van volgende aspecten:

- 'All electric': er is geen nood aan een gasnetwerk (geen gebruik van fossiele brandstoffen voor verwarming op de site)
- 'Maximale zonne-energie': alle dakoppervlakte wordt maximaal benut voor zonne-energie

Het voorgestelde energieconcept kan nog een niveau hoger getild worden qua ambitieniveau indien gekozen wordt om van een duurzaam energieconcept over te schakelen naar een slim energieconcept. Een slim energieconcept zorgt ervoor dat energievraag en –aanbod maximaal op elkaar afgestemd kunnen worden. Daarbij kunnen de warmtepompen bijvoorbeeld maximaal gestuurd worden op momenten van veel zonne-energie. Daarnaast kan ook gebruik gemaakt worden van energieopslag zowel in de bodem als in de massa van het gebouw.

Voor de uitwerking van de voorgestelde concepten en het optrekken van het ambitieniveau van de site lijkt het ons aangewezen om de inschakeling van een ESCO (Energy Service Company) voor de energiegerelateerde aspecten te overwegen. Zo'n ESCO kan verschillende taken op zich nemen en kan er vooral voor zorgen dat energiemangement in de wijk op een slimme manier gebeurt.

6.2 TAKEN ESCO

De taken van een ESCO moeten vastgelegd worden door de ontwikkelaars/eigenaars van de wijk. De verantwoordelijkheden kunnen zowel op organisatorisch, inhoudelijk als financieel vlak liggen. De ESCO kan tussenkomen in de voorbereidings-, realisatie- en gebruiksfase.

Tabel 3: Mogelijke taken van een ESCO

	Vorbereidingsfase	Realisatiefase	Gebruiksfase
Organisatorisch	Conceptontwikkeling in afstemming met andere betrokkenen Bewaken exploitatiebaarheid Vastleggen verantwoordelijkheden voor de energieprestatie	Projectleiding energievoorzieningen Afstemming met de projectontwikkelaar over wijzigingen Toezien op de realisatiekwaliteit	Voorlichting en contacten gebruikers Verantwoordelijkheid voor de prestatie van het systeem Optimalisatie van het systeem Beheer Tarifiering, inkoop
Inhoudelijk	Inbreng specifieke kennis en ervaring Technisch ontwerp	Vaststellen effecten van wijzigingen	Oplossen klachten en storingen Deskundigheid bij contacten met leveranciers
Financieel	Opstellen business plan Model voor de financiering van de (meer)kosten Contacten met	Contacten met betrokkenen en financiers	Budgettering Facturering Reservevorming

6.3 VOORDELEN ESCO

Het inschakelen van een ESCO kan voordelen hebben voor de verschillende betrokken partijen in de ontwikkeling van de wijk.

Ontwikkelaar

De ontwikkelaar van woningen in de wijk kan gebruik maken van de energie-expertise van de ESCO. Daarnaast zullen de ontwerpkosten voor het energieconcept gevoelig dalen aangezien de ESCO er voor zal instaan. In principe kan ook de verkoopprijs van de woningen verlaagd worden (tot 25 k€) aangezien het energieproductiesysteem in eigendom van de ESCO kan blijven en geleased worden aan de toekomstige eigenaars van de woningen.

Finaal wordt het risico in verband met realisatie, exploitatie en onderhoud van het energiesysteem uit handen gegeven aan de ESCO.

Koper

De koper van een woning of een kavel zal in principe een woning aan lagere initiële investeringskost kunnen kopen/bouwen. Hiervoor gaat hij een lease+onderhoudscontract aan met de ESCO. In ruil voor een vaste periodieke vergoeding staat de ESCO in voor de aankoop, het onderhoud én eventuele herstelwerkzaamheden gedurende de loop van de overeenkomst. Een ESCO garandeert de koper een gegarandeerd comfort tegen een vaste periodieke vergoeding. Onverwachte kosten vallen steeds ten laste van de ESCO, zodat een koper zich geen zorgen moet maken bij eventuele noodzakelijke herstel- en aanpassingswerkzaamheden.

Gemeente, distributienetbeheerder en bij uitbreiding de samenleving

De duurzame wijk De Vloei kan zich profileren als een energieneutrale wijk. Daarnaast wordt de wijk een pilootproject om oplossingen te zoeken voor de uitdagingen in verband met de integratie van hernieuwbare energie in het elektriciteitsnetwerk en in de woningbouw.

7 BESLUIT

Uit deze gedetailleerde energetische en economische analyse van 4 energieconcepten kunnen een aantal zeer duidelijke conclusies getrokken worden.

1. Beide warmtepompconcepten leiden tot een zeer grote energiebesparing tov een aardgasconcept.
2. De beste energieprestatie wordt gehaald met een bodemenergieconcept, waarbij een collectief boorveld energie-efficiënter is dan individuele boringen per woning.
3. Economisch beschouwd is het ontegensprekelijk interessant om een PV systeem te plaatsen, met maximaal vermogen, zelfs zonder overheidssteun.
4. De economische prestatie van de warmtepompconcepten wordt sterk verbeterd door de synergie met een PV-systeem. Dit geldt ook omgekeerd: de economische prestatie van een PV-systeem wordt sterk verbeterd door de aanwezigheid van een warmtepomp.
5. Ook zonder enige investeringssteun zijn energieconcepten op basis van warmtepompen en PV rendabel ten opzichte van een concept met gasketels en PV.
6. Op twintig jaar beschouwd is het altijd beter om te investeren in bodemenergie technieken, zowel individueel als collectief.
7. Op tien jaar beschouwd zijn de verschillende energieconcepten aan elkaar gewaagd. Door de grote energiebesparing van de bodemenergieconcepten lijken deze daarom ook op deze korte termijn de beste keuze te zijn.
8. De kwalitatieve analyse van de concepten toont geen noemenswaardige nadelen van de bodemenergieconcepten tov de lucht-water warmtepomp. Uit de analyse blijkt wel dat het collectieve concept veeleisender is mbt fasering van het project tov beide andere warmtepompconcepten. Dit kan echter opgevangen worden door op tijd een duidelijke keuze te maken en de ontwikkeling van het collectief boorveld goed in te plannen in de ontwikkeling van de volledige site. Daarnaast heeft het collectief boorveld een hoger technisch risico dat weliswaar overkomelijk is door een juiste keuze van partners bij het ontwerp, realisatie en de opvolging van het project.

8 AANBEVELINGEN

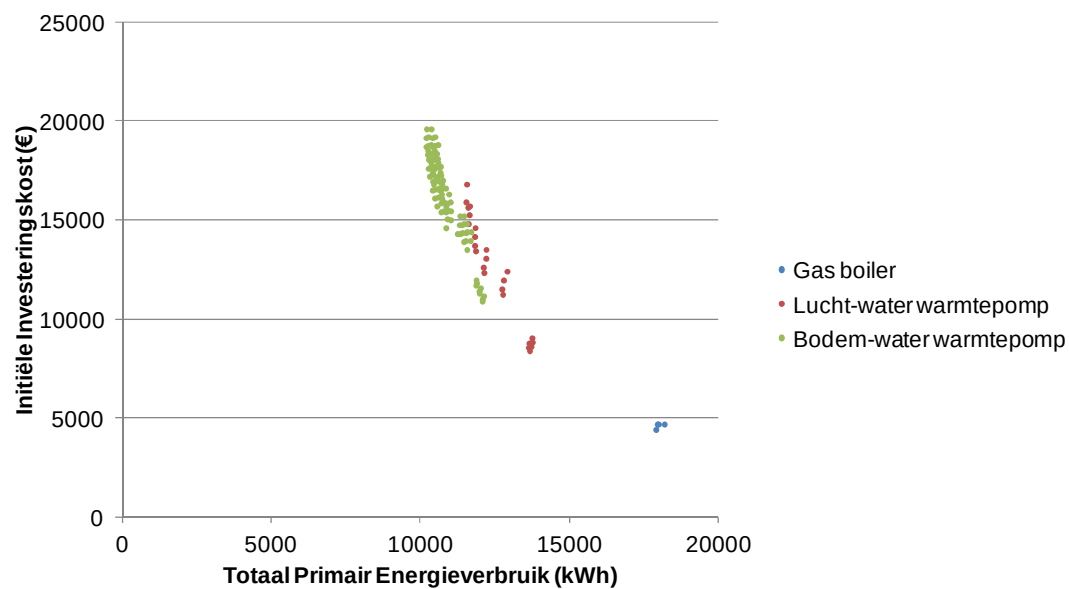
Rekening houdend met de financiële, ecologische en kwalitatieve vergelijking, kan 3E een aantal zeer duidelijke aanbevelingen formuleren:

- Kies voor bodemenergie
- Kies voor fotovoltaïsche energie
- Kies voor ESCO (Energy Service Company) en maak van de duurzame wijk een slimme wijk

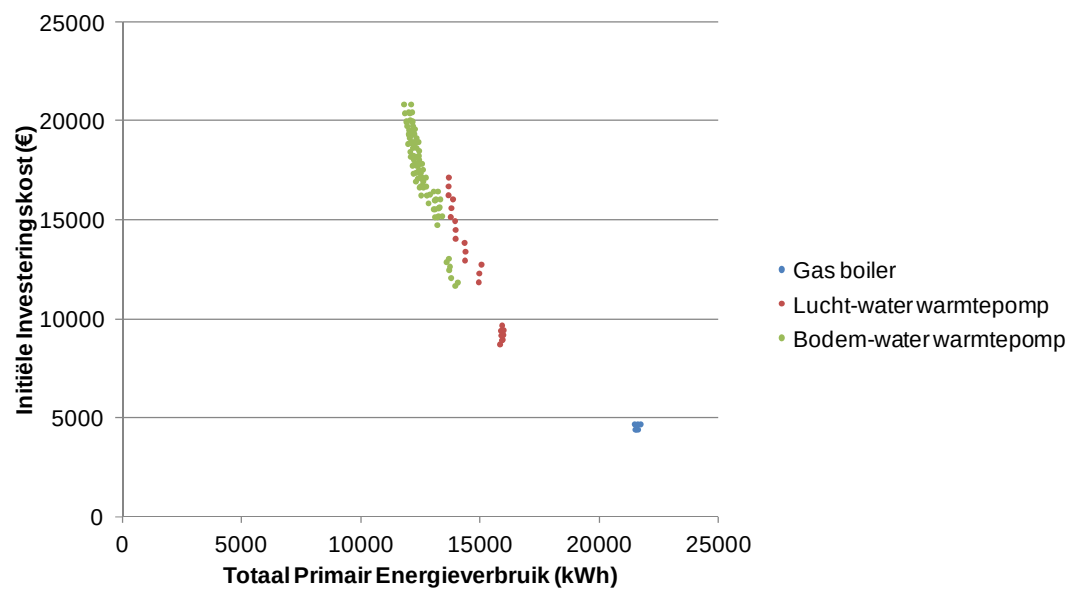
Bij erg hoge ambities (ecologisch en innovatief): kies voor collectief boorveld

ANNEX A – INVESTERINGS- EN EXPLOITATIEKOSTEN

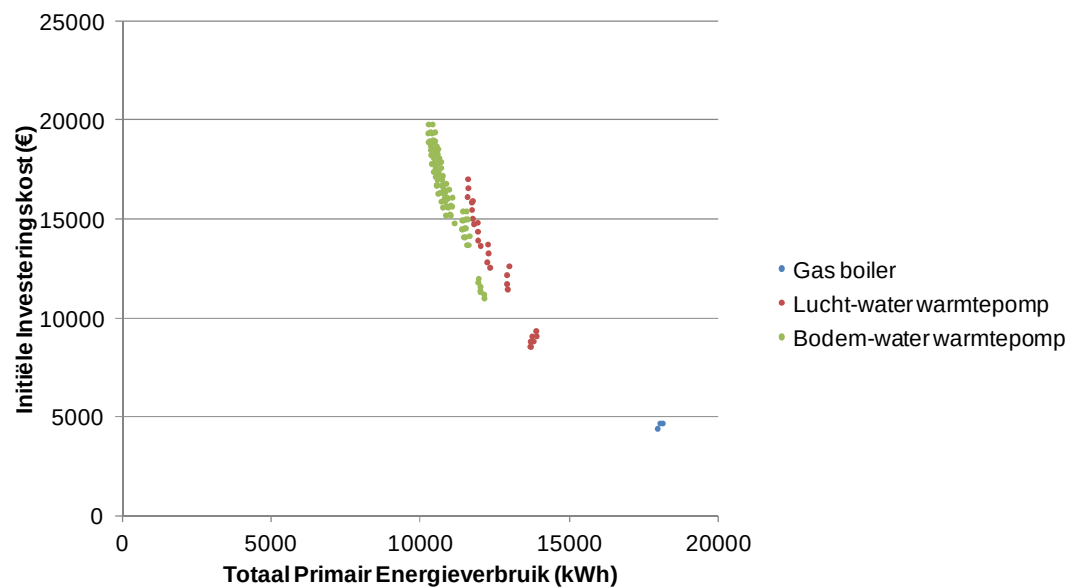
Initiële investeringskosten zonder PV



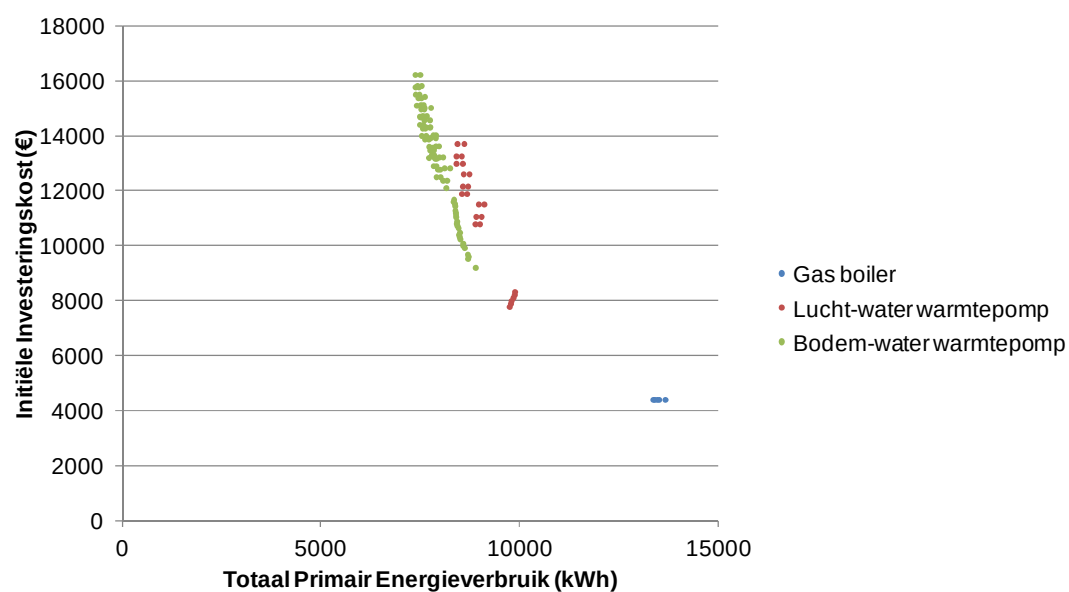
Figuur 22: T1, zonder PV



Figuur 23: T3, zonder PV

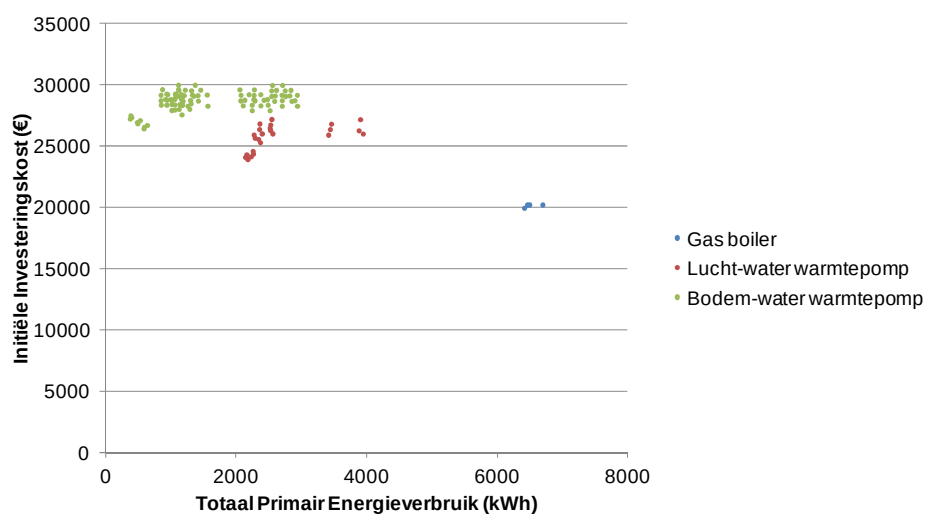


Figuur 24: T4, zonder PV

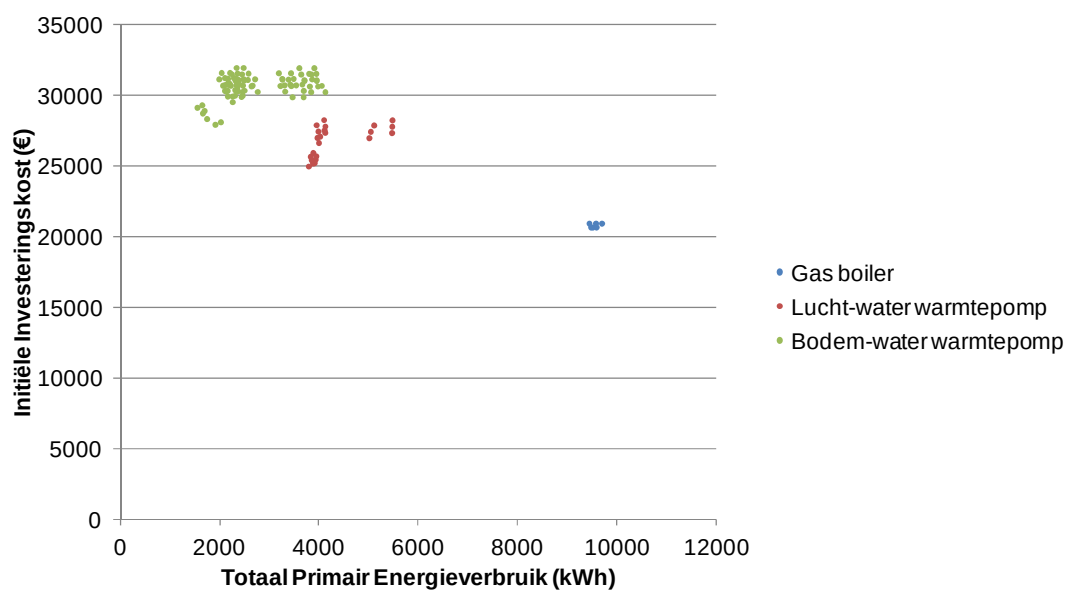


Figuur 25: T6, zonder PV

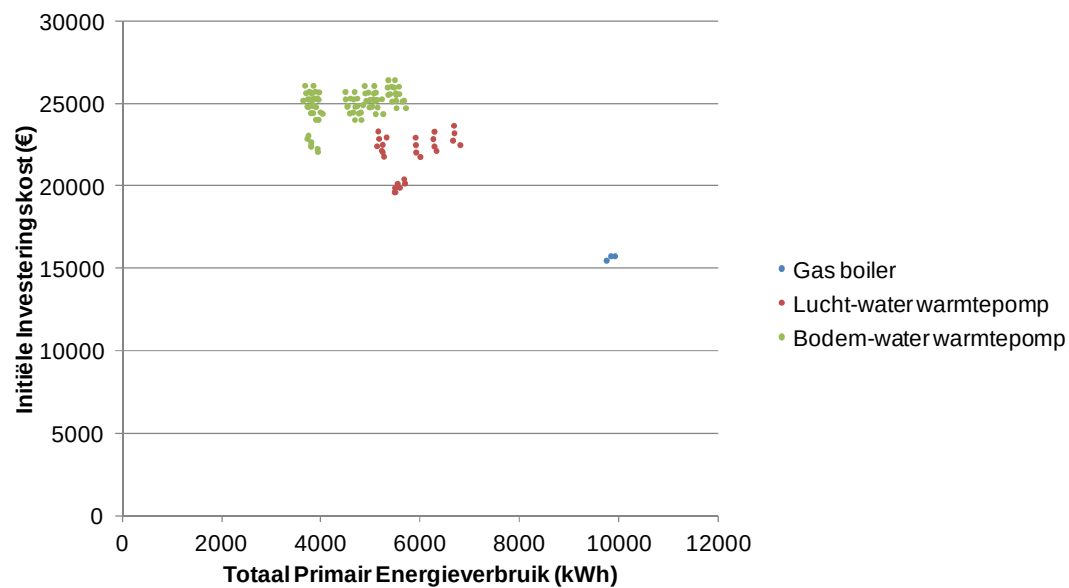
Initiële investeringskosten mét PV



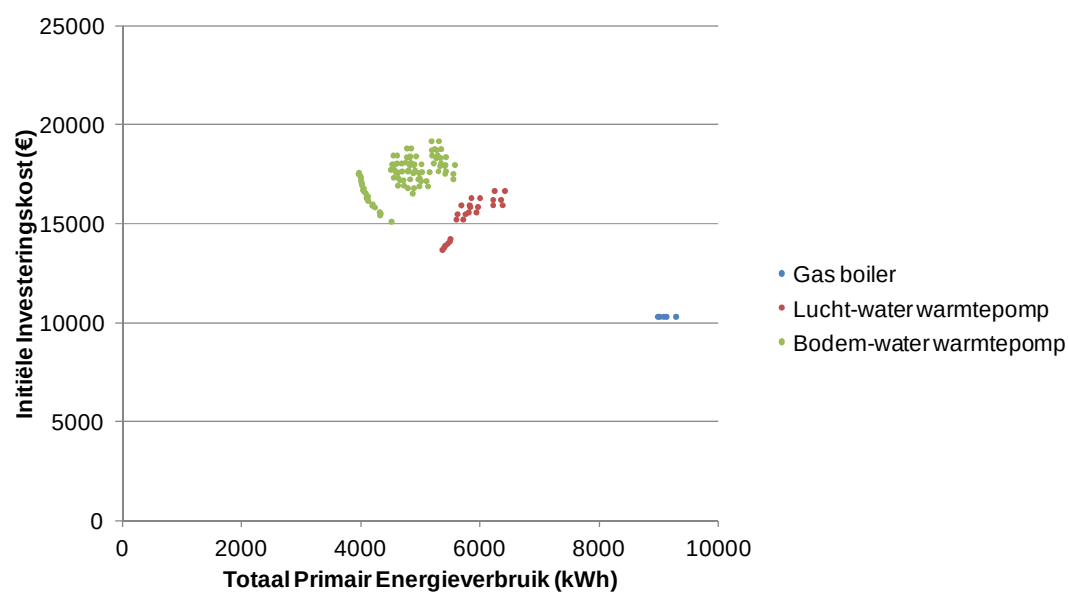
Figuur 26: T1, mét PV



Figuur 27: T3, mét PV

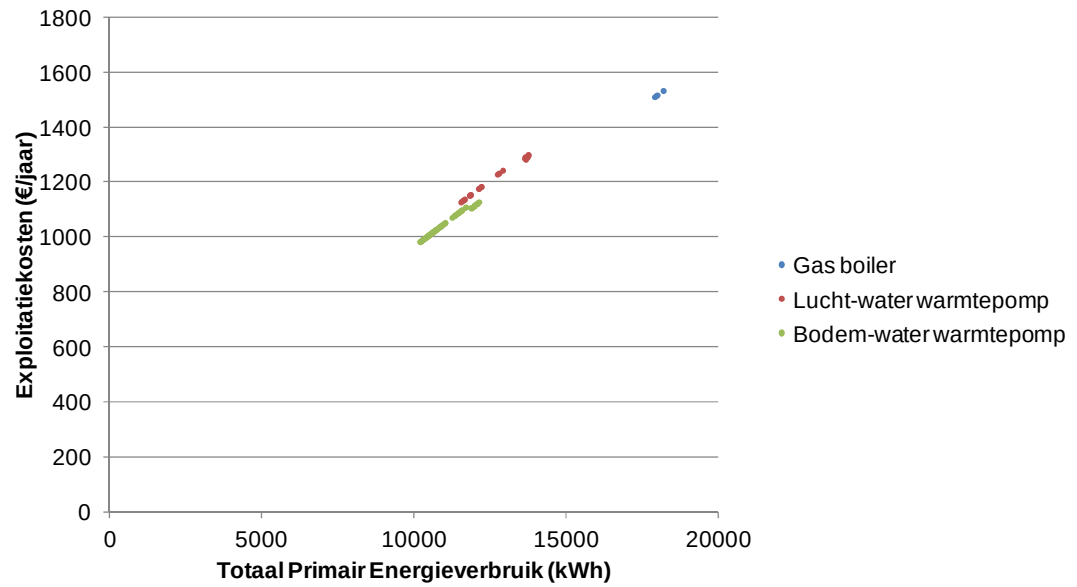


Figuur 28: T4, mét PV

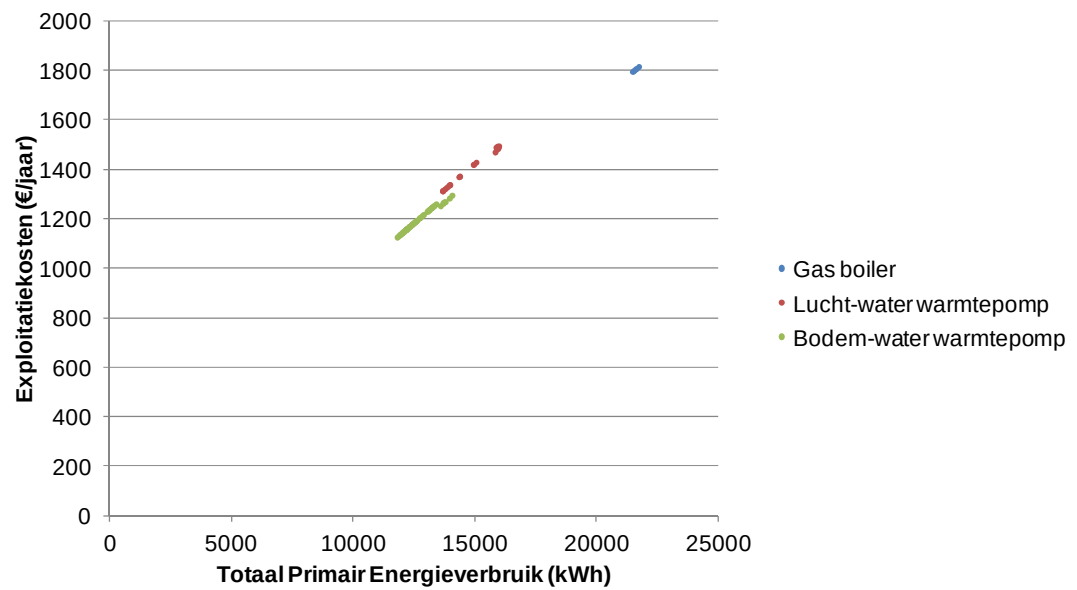


Figuur 29: T6, mét PV

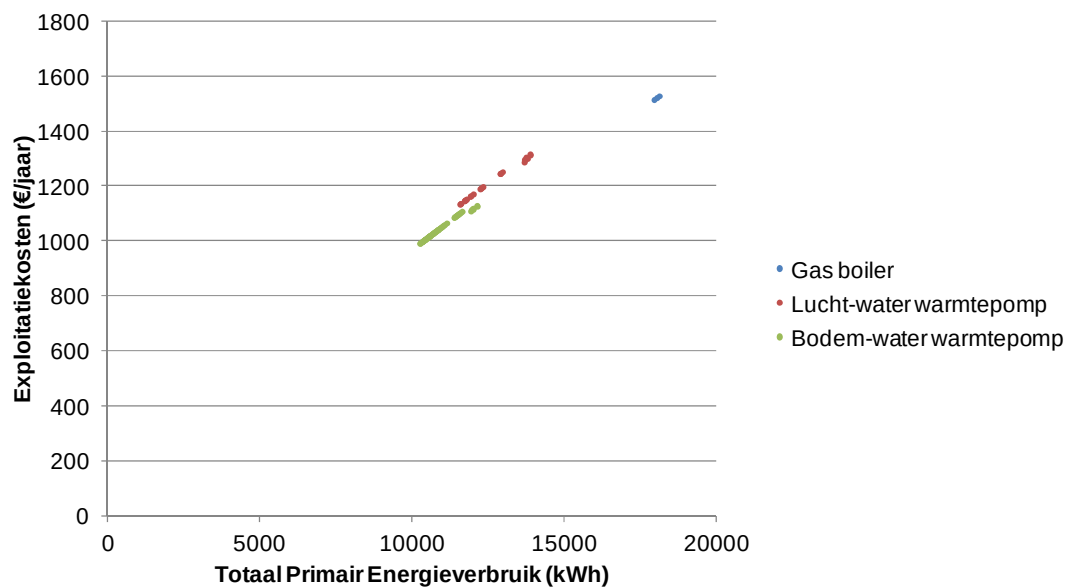
Exploitatiekosten zonder PV



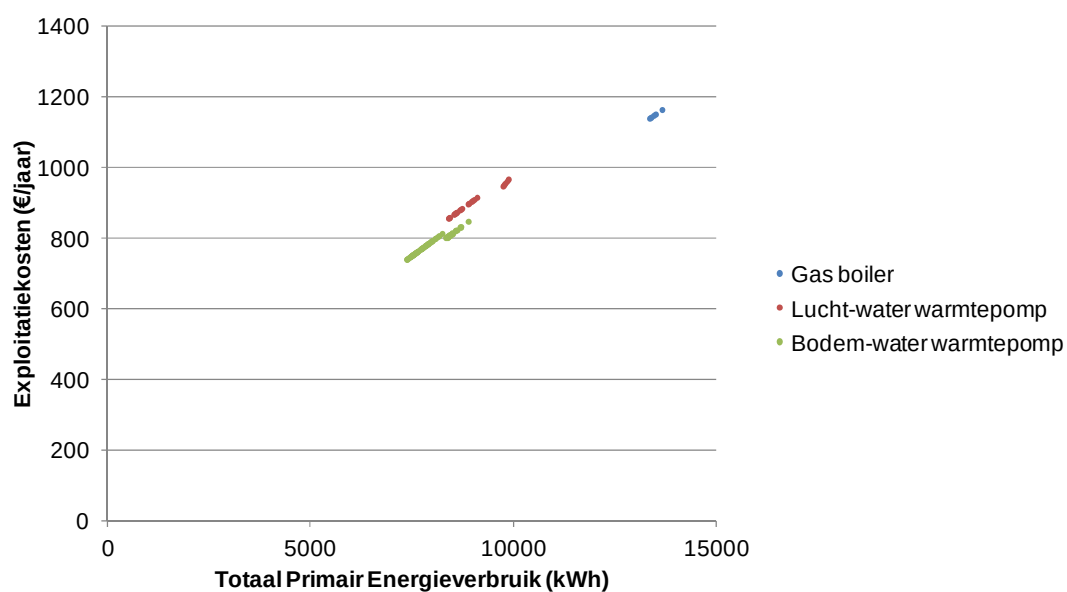
Figuur 30: T1, S1, zonder PV



Figuur 31: T3, S1, zonder PV

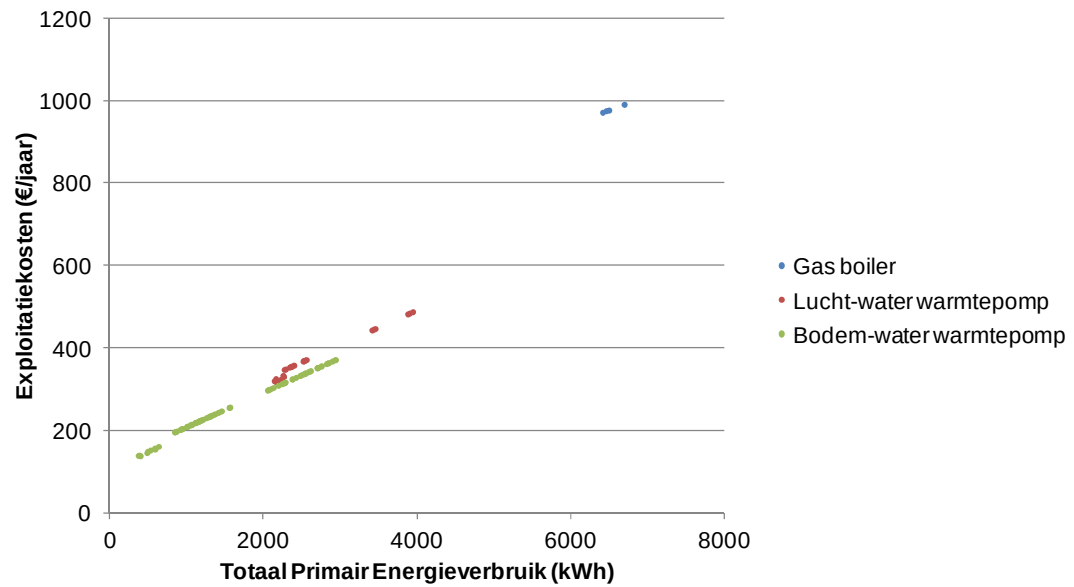


Figuur 32: T4, S1, zonder PV

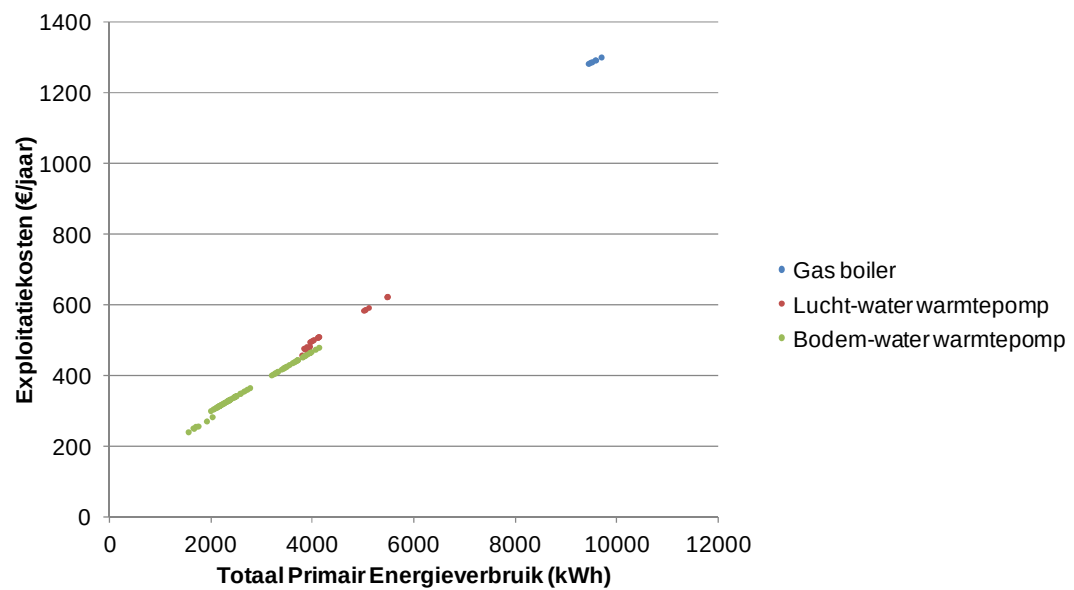


Figuur 33: T6, S1, zonder PV

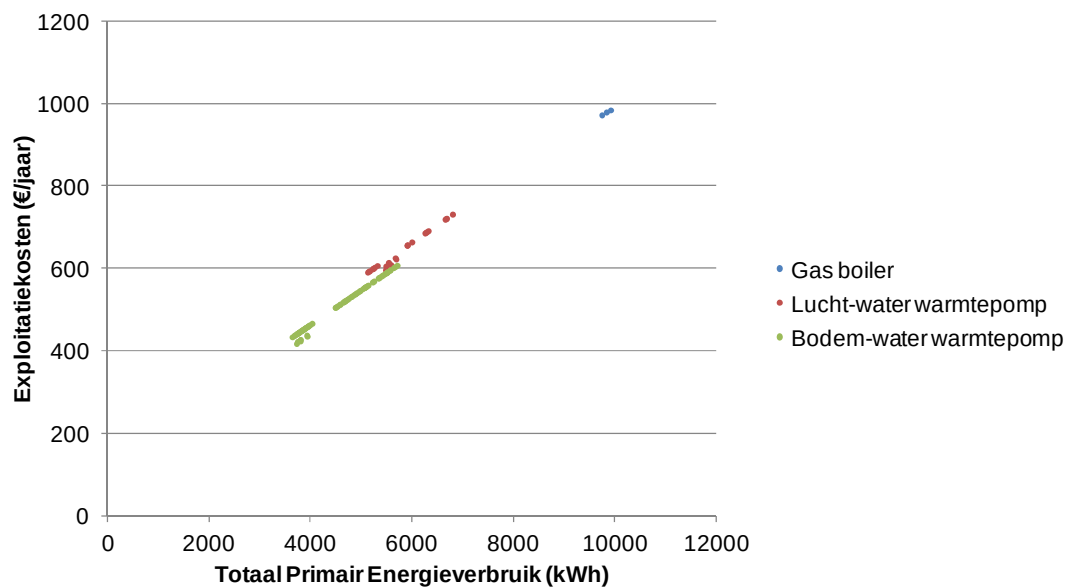
Exploitatiekosten mét PV



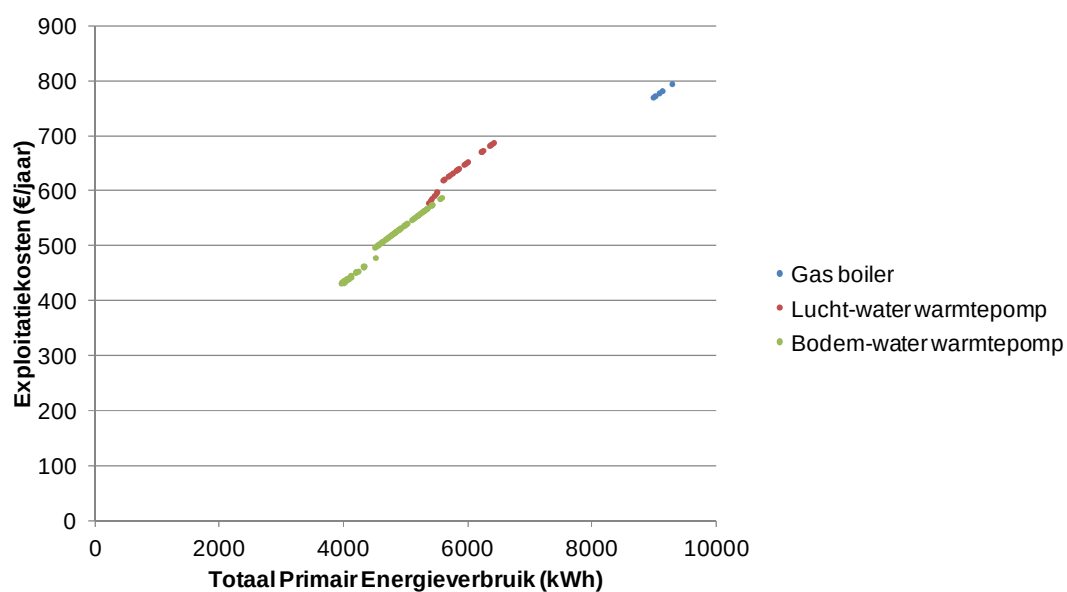
Figuur 34: T1, S2, mét PV



Figuur 35: T3, S2, mét PV



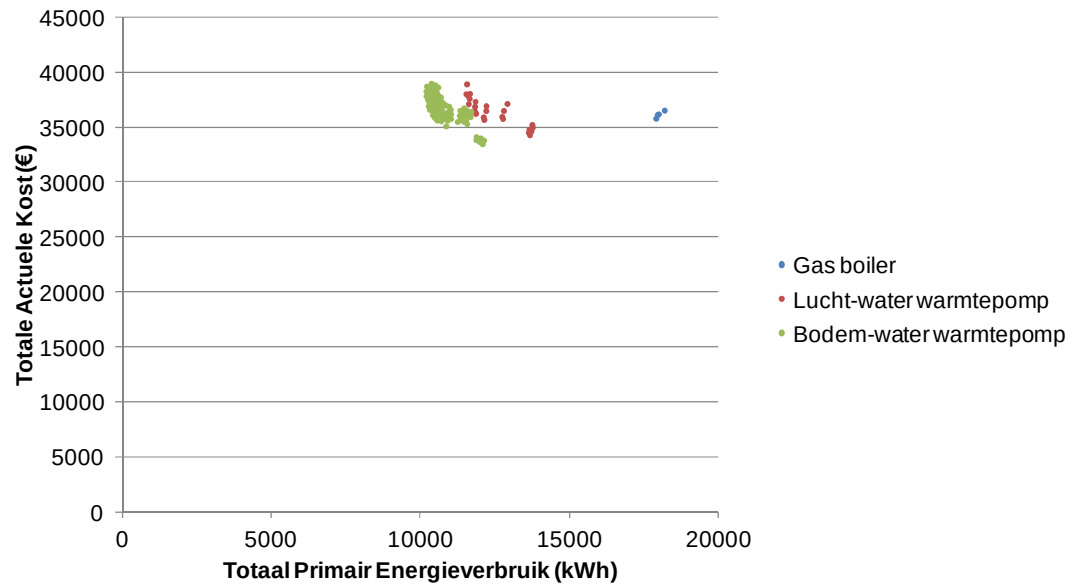
Figuur 36: T4, S2, mét PV



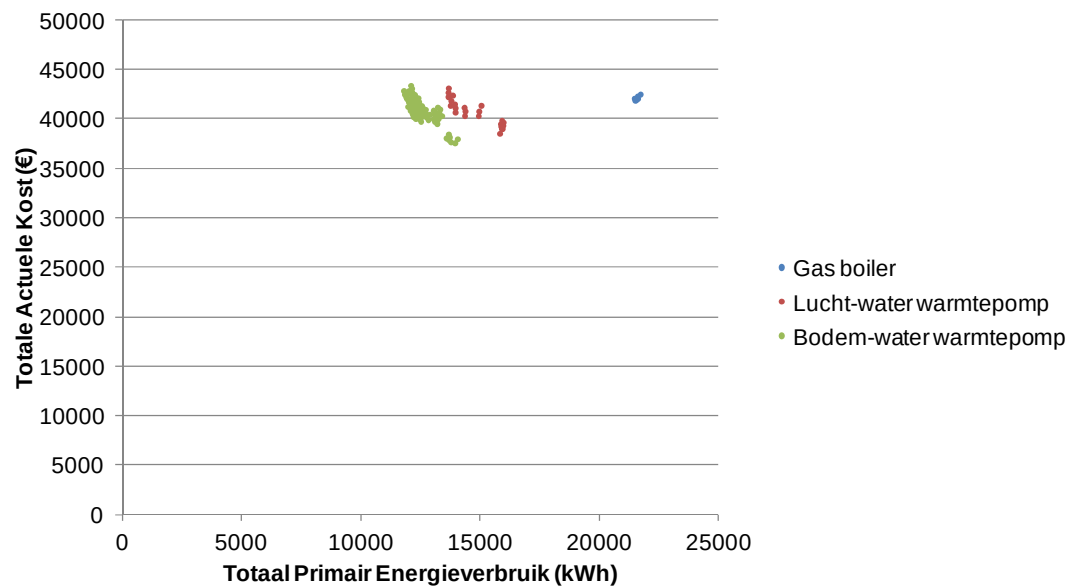
Figuur 37: T6, S2, mét PV

ANNEX B – VOLLEDIGE RESULTATEN

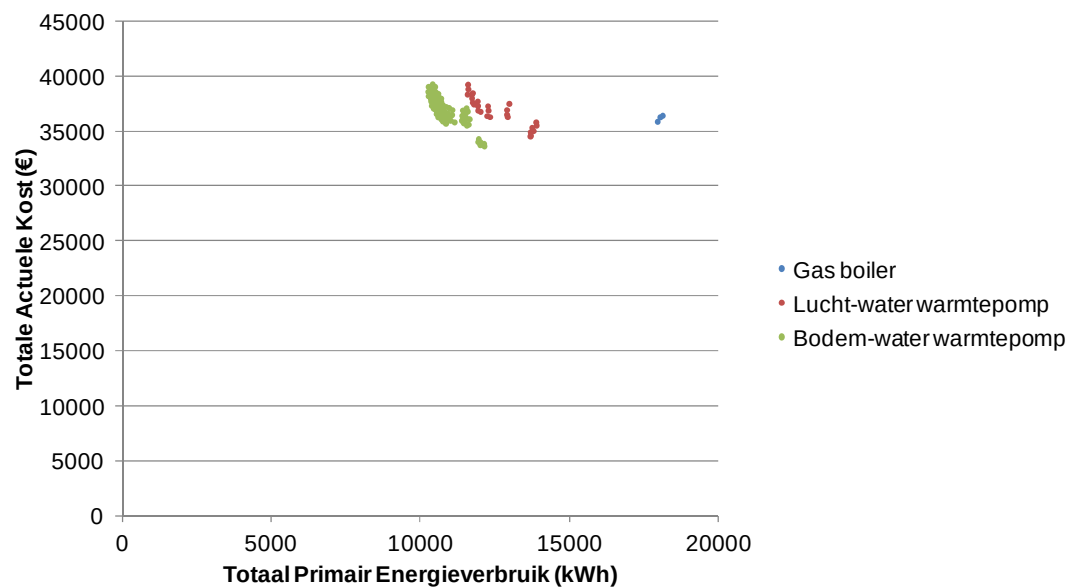
S1, geen PV



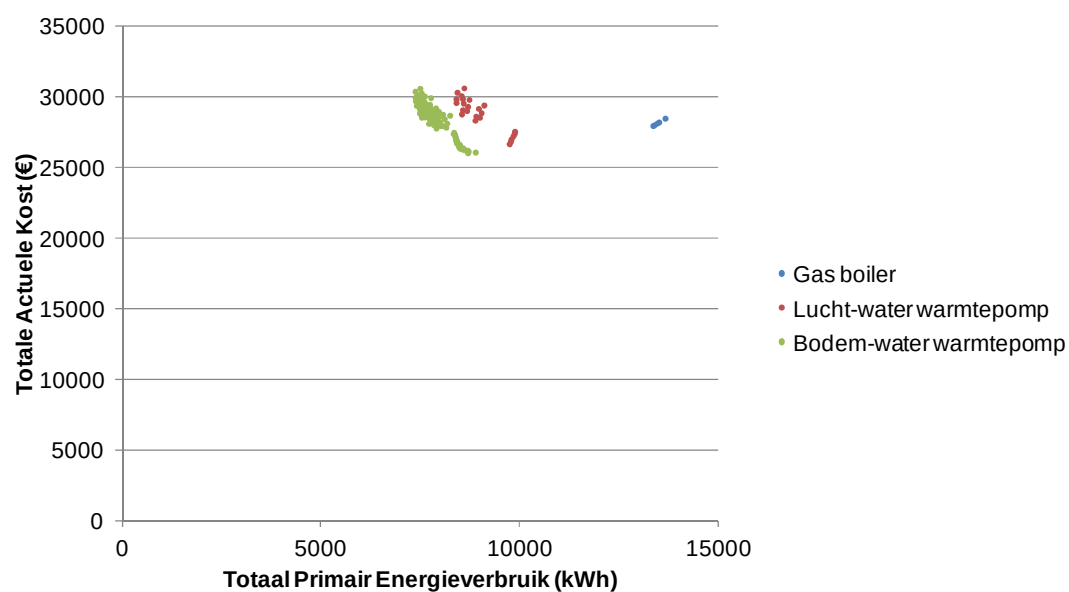
Figuur 38: T1, S1 : géén PV, geen investeringssteun.



Figuur 39: T3, S1 : géén PV, geen investeringssteun.

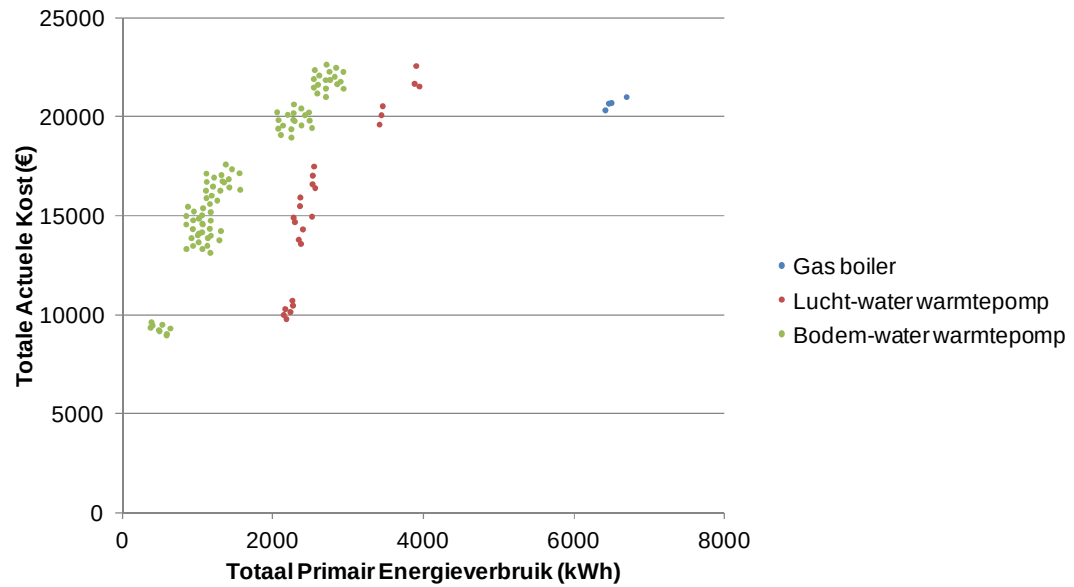


Figuur 40: T4, S1 : géén PV, geen investeringssteun.

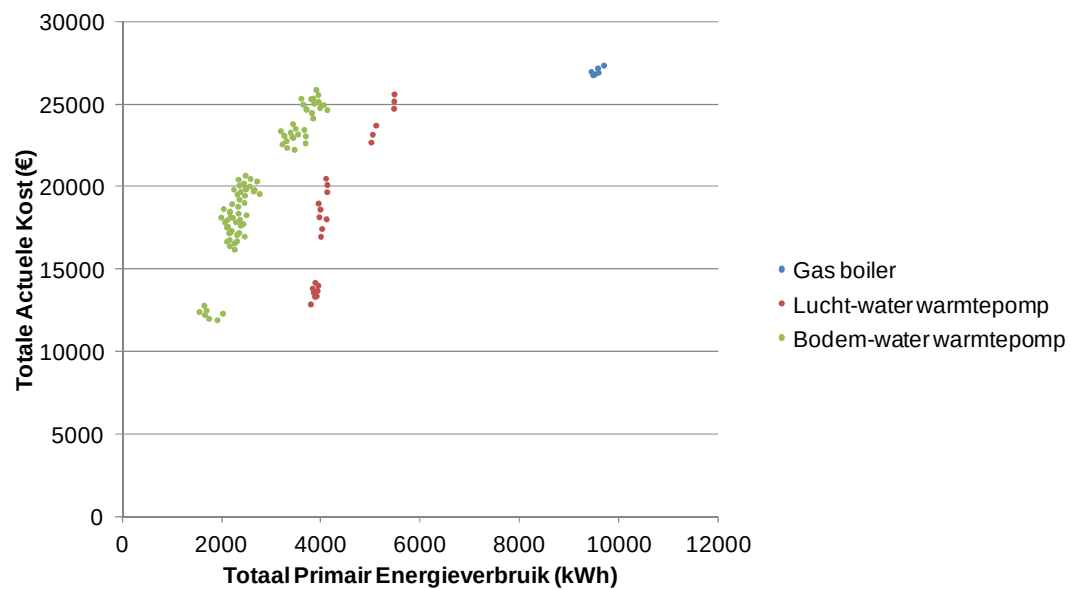


Figuur 41: T6, S1 : géén PV, geen investeringssteun.

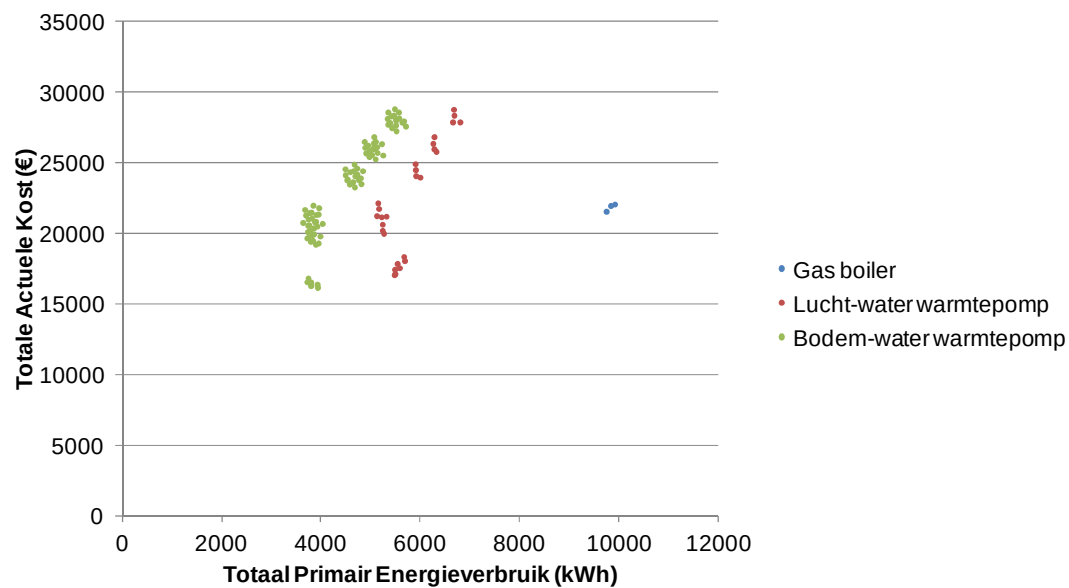
S1, met PV



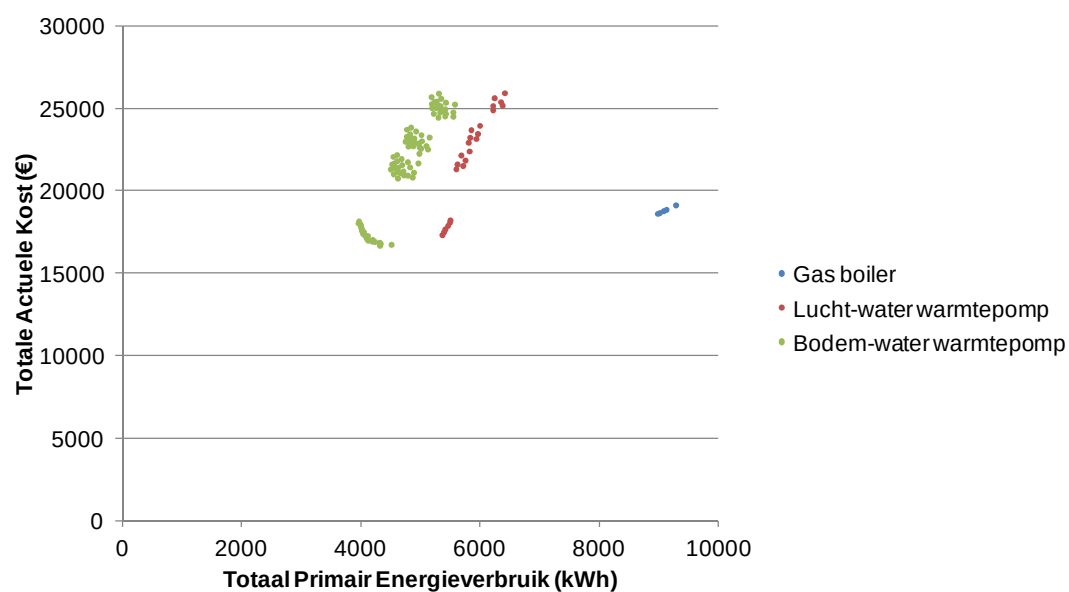
Figuur 42: T1, S1 mét PV, géén investeringssteun, géén GSC.



Figuur 43: T3, S1 mét PV, géén investeringssteun, géén GSC.

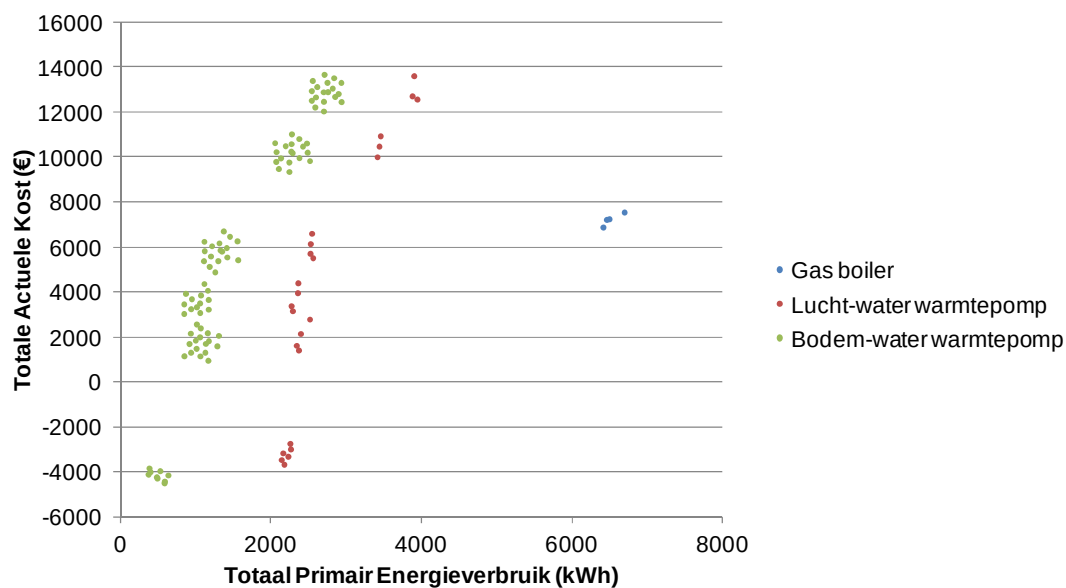


Figuur 44: T4, S1 mét PV, géén investeringssteun, géén GSC.

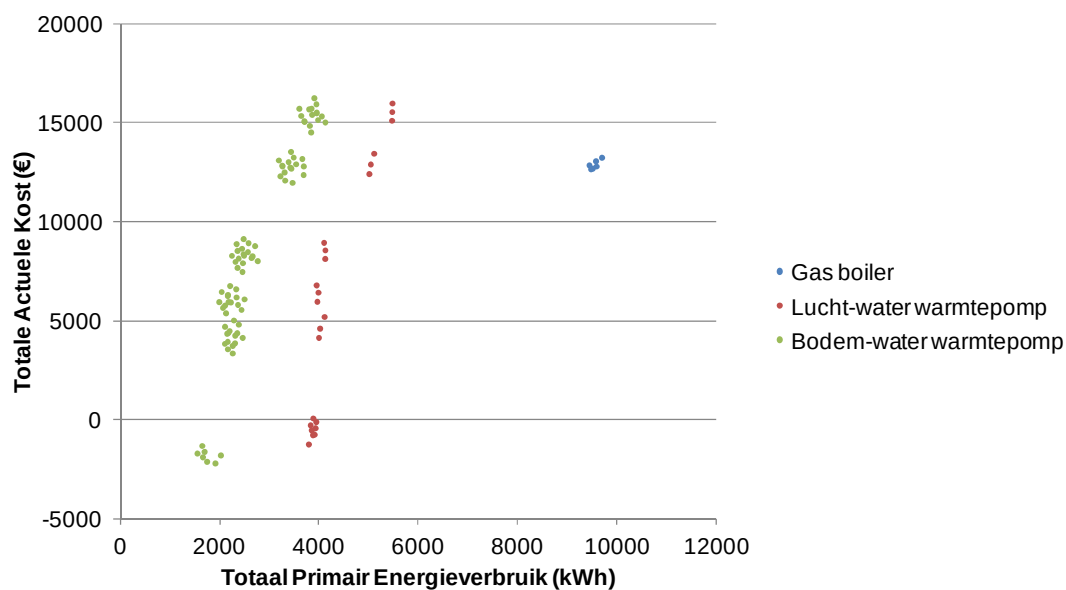


Figuur 45: T6, S1 mét PV, géén investeringssteun, géén GSC.

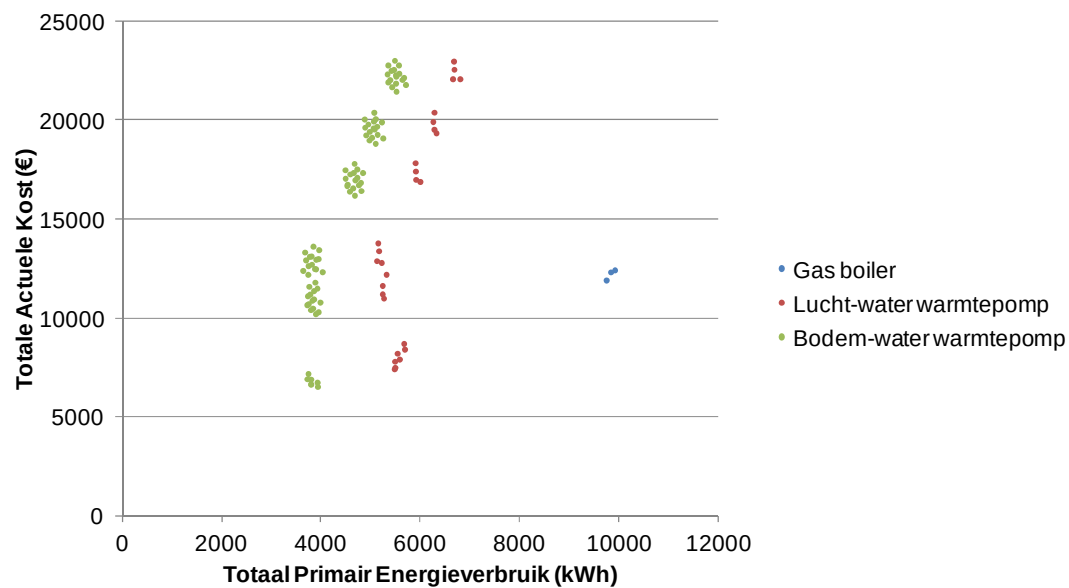
S2: PV, géén investeringssteun, wél GSC



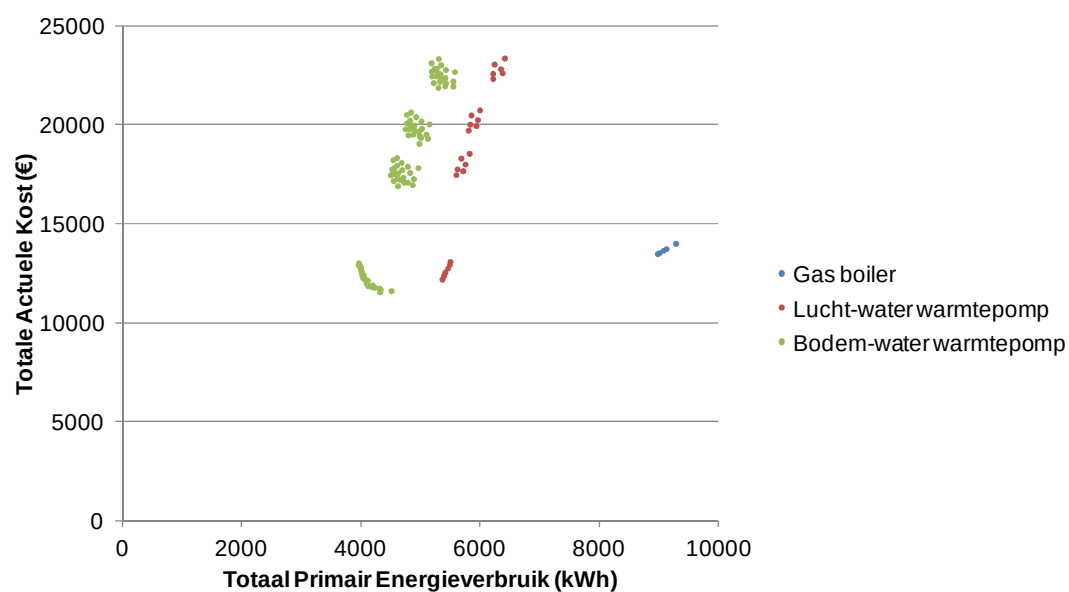
Figuur 46: T1, S2 mét PV, géén investeringssteun, wél GSC.



Figuur 47: T3, S2 mét PV, géén investeringssteun, wél GSC.

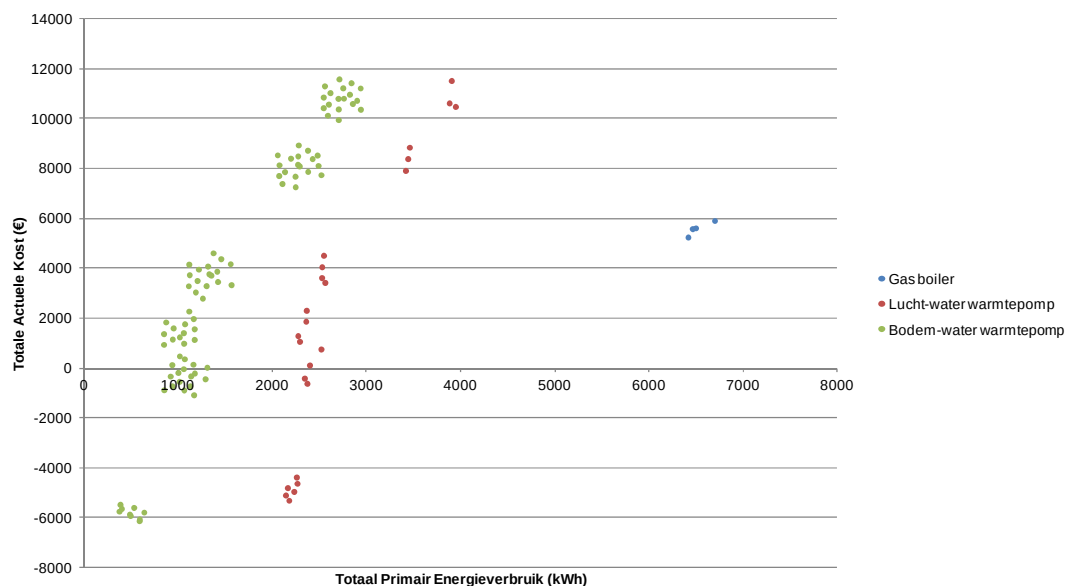


Figuur 48: T4, S2 met PV, géén investeringssteun, wél GSC.

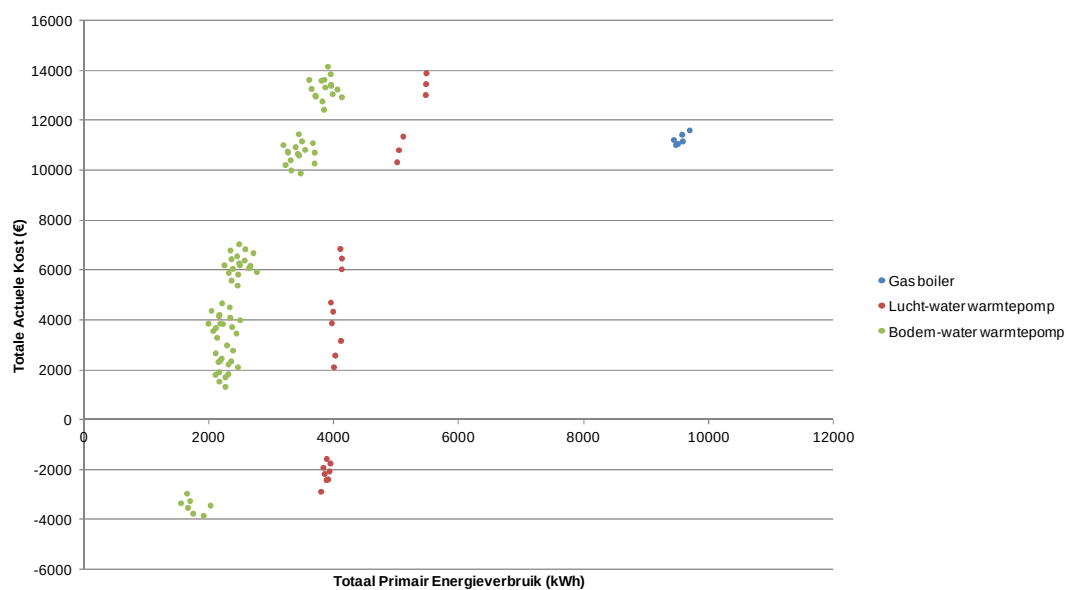


Figuur 49: T6, S2 met PV, géén investeringssteun, wél GSC.

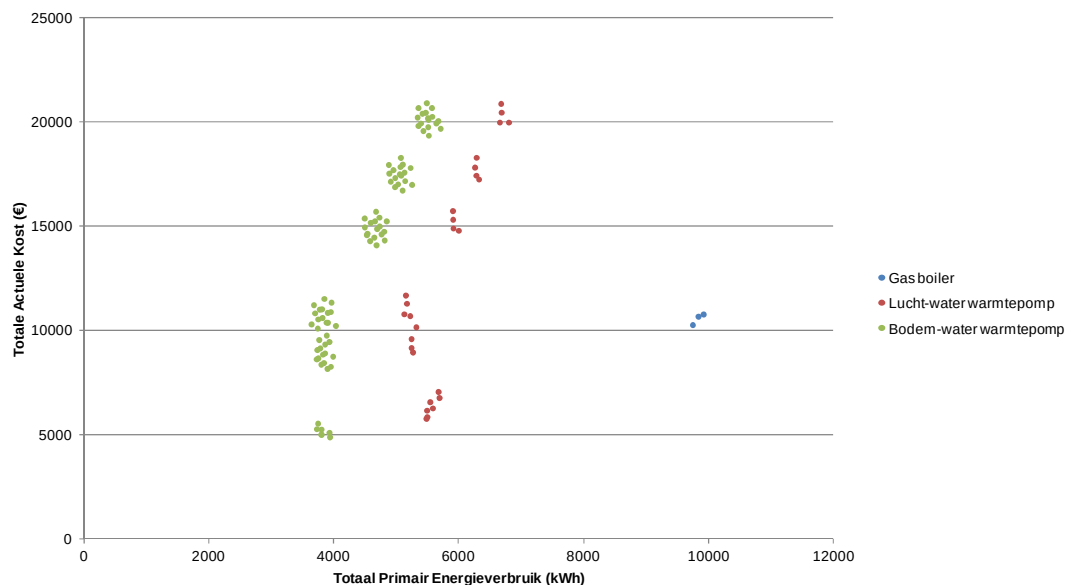
S3 – Mét investeringssteun en GSC



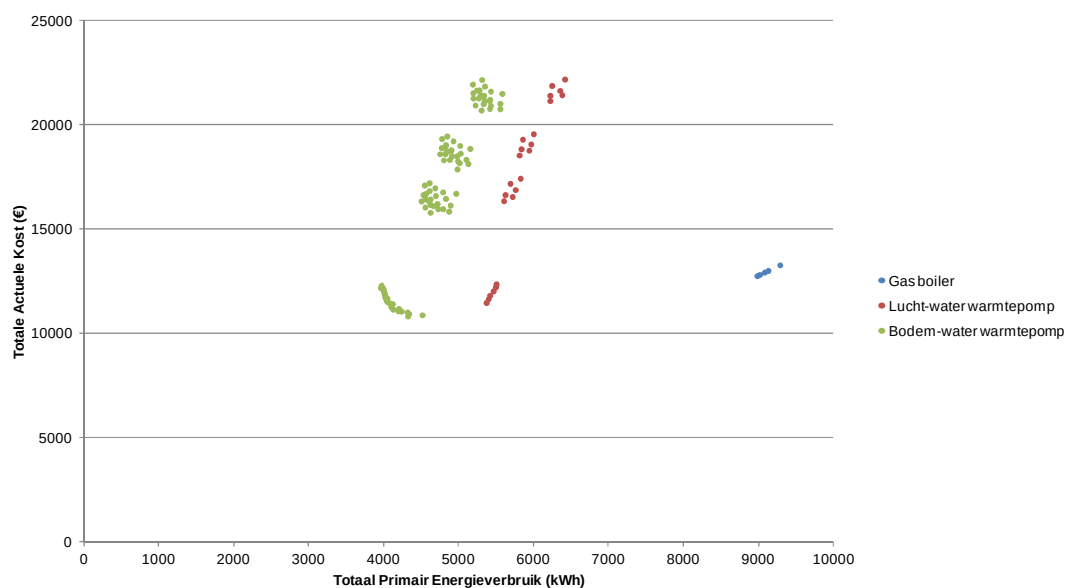
Figuur 50: T1, S3 mét PV, investeringssteun en GSC.



Figuur 51: T3, S3 mét PV, investeringssteun en GSC.

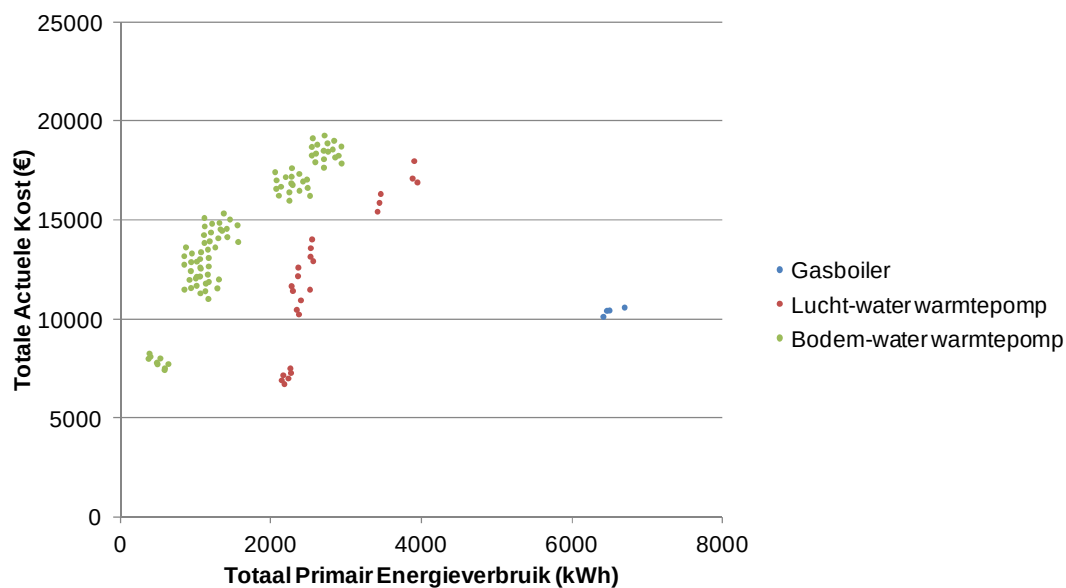


Figuur 52: T4, S3 mét PV, investeringssteun en GSC.

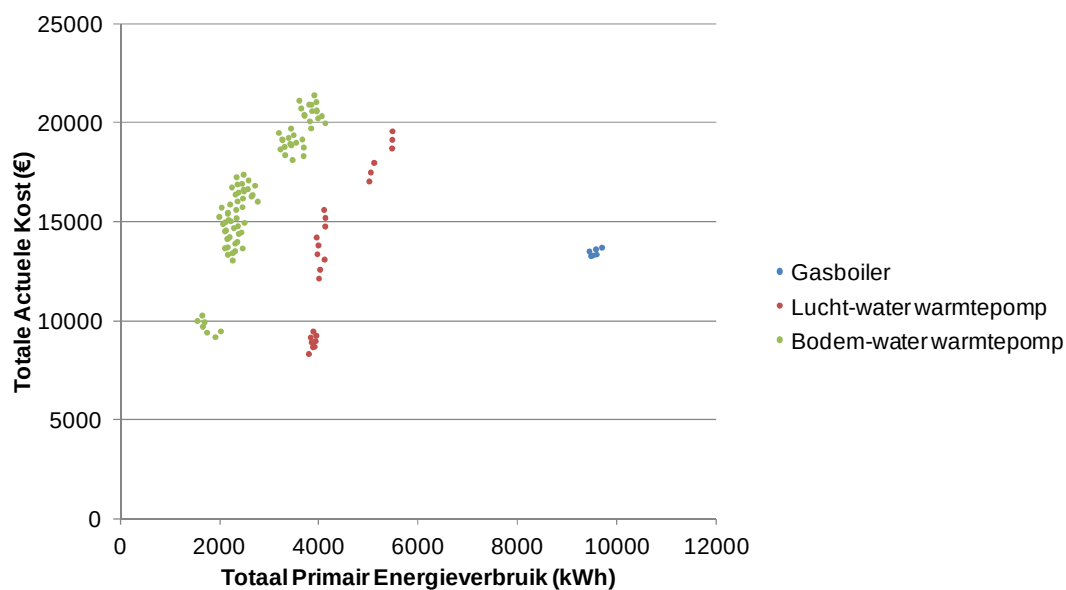


Figuur 53: T6, S3 mét PV, investeringssteun en GSC.

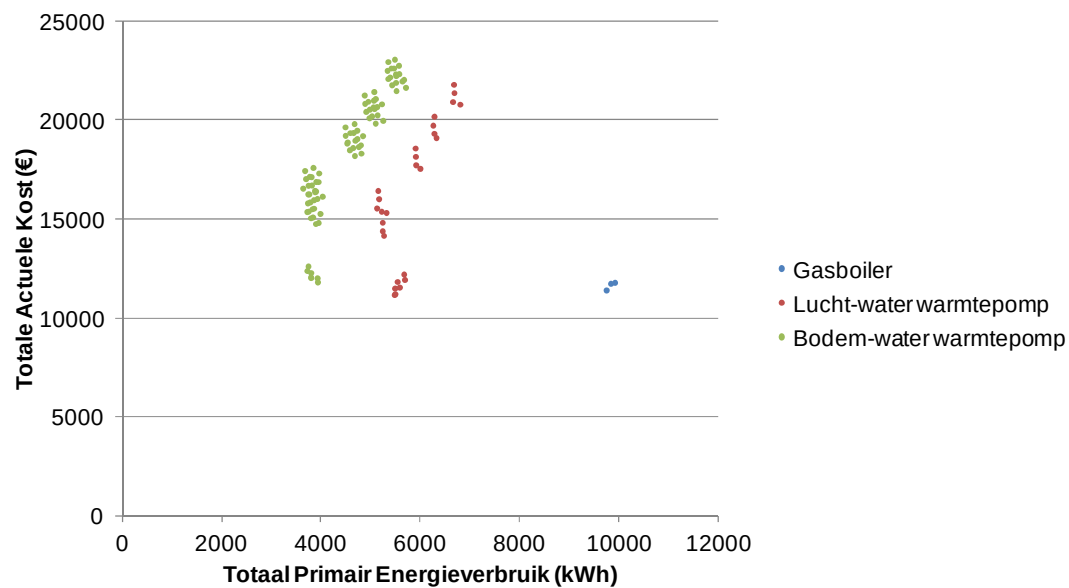
S4 - Korte termijn : géén investeringssteun, wél GSC en TAK op 10 jaar



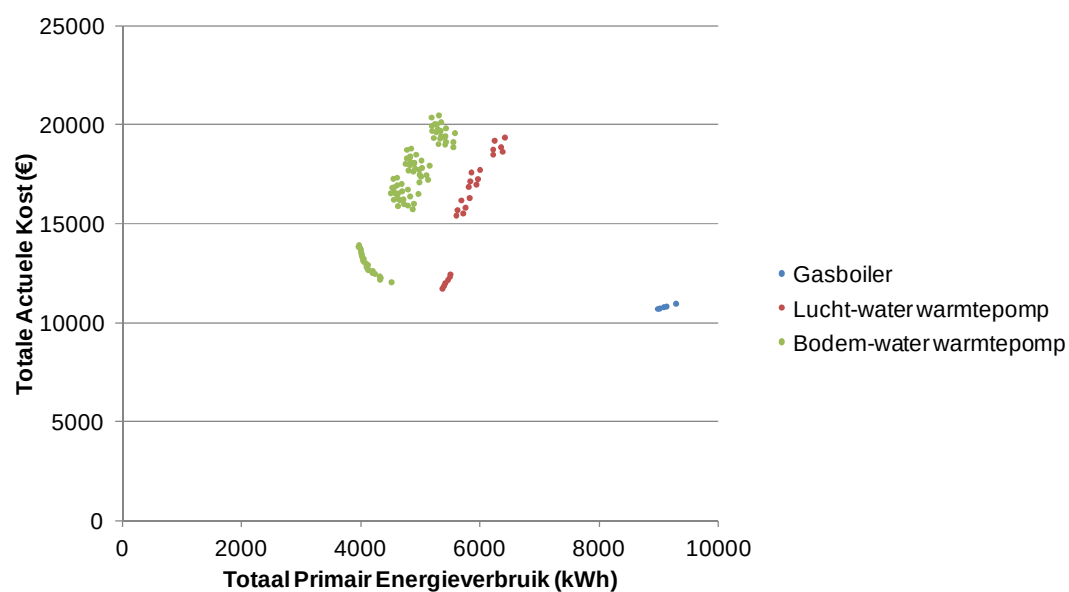
Figuur 54: T1, S4 mét PV, géén investeringssteun, wél GSC en TAK op 10 jaar.



Figuur 55: T3, S4 mét PV, géén investeringssteun, wél GSC en TAK op 10 jaar.



Figuur 56: T4, S4 mét PV, géén investeringssteun, wél GSC en TAK op 10 jaar.



Figuur 57: T6, S4 mét PV, géén investeringssteun, wél GSC en TAK op 10 jaar.

KWALITEITSINFORMATIE

Auteur :

Roel De Coninck

Verificatie door :

Matthijs De Deygere

27/02/2012

Goedgekeurd door

Stijn De Roo

27/02/2012