

GJ vs GJ

Vergelijking tussen twee warmteopties
voor het Nautilus-complex op het
Zeeburgereiland

Rapport
Delft, december 2013

Opgesteld door:
B.L. (Benno) Schepers



Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

B.L. (Benno) Schepers

GJ vs GJ

Vergelijking tussen twee warmteopties voor het Nautilus-complex op het Zeeburgereiland
Delft, CE Delft, december 2013

Warmte / Koude / Gebouwde omgeving / Duurzame energie / Analyse

Publicatienummer: 13.3B98.71

Opdrachtgever: Gemeente Amsterdam, Programmabureau Klimaat en Energie.

Alle openbare CE-publicaties zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Benno Schepers.

© copyright, CE Delft, Delft



CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al 35 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



Inhoud

	Samenvatting	5
1	Inleiding	7
1.1	Doel van het onderzoek	7
1.2	Opties voor warmte- en koudelevering	7
1.3	Validatie	11
2	Effecten op CO₂-emissie	15
2.1	Methodiek	15
2.2	Uitkomsten	16
2.3	Gevoeligheidsanalyse	16
3	Conclusie	19
	Literatuurlijst	21
Bijlage A	Specificaties	23
A.1	Collectieve warmtelevering	23
A.2	Nautilus-concept	23
Bijlage B	Kengetallen	25
Bijlage C	Berekening CO₂-emissie	27
C.1	Collectieve warmtelevering	28
C.2	Nautilus-concept	29





Samenvatting

In opdracht van de gemeente Amsterdam heeft CE Delft een vergelijking gemaakt van twee systemen voor de warmte- en koudevoorziening van het Nautilus-complex op Zeeburgereiland. Daarnaast is een beperkte review gemaakt van gegevens die ten grondslag liggen aan de vergelijking.

Op Zeeburgereiland geldt een aansluitplicht voor het te realiseren warmtenetwerk van Nuon Warmte NV. Een groep initiatiefnemers, verenigd in een collectief particulier opdrachtgeverschap (CPO) heeft bij de gemeente een voorstel voor ontheffing van de aansluitplicht ingediend, door het Nautilus-complex te ontwerpen met een warmte- en koudevoorziening dat gelijk of beter scoort dan een aansluiting op het warmtenet. Het Nautilus-complex is een woon-werkgebouw met 42 woningen met werkruimtes en gemeenschappelijke ruimtes. In deze studie is gekeken naar de CO₂-emissies van beide voorzieningen.

De twee voorzieningen bestaan uit:

1. Warmtelevering: warmte uit het warmtenet van Nuon Warmte NV, koudelevering door een compressiekoelmachine of Comfort Koeling.
2. Nautilus-systeem: elektrische warmtepompen met een bodem-warmtewisselaar, zonneboilers en zon-PV.

In het onderzoek worden de volgende conclusies getrokken:

- De gegevens en aannames voor de berekening van de emissies van de warmte- en koudelevering in het geval van warmte uit de Diemencentrale zijn aannemelijk.
- De gegevens en aannames voor de berekening van de emissies van de warmte- en koudelevering in het geval van het Nautilus-concept zijn aannemelijk.
- Het Nautilus-concept heeft 60% minder CO₂-emissie dan levering van warmte uit Diemencentrale en scoort daarmee beter (zie Tabel 1).

Tabel 1 Vergelijking warmte-opties

Opties	CO ₂ -emissie (ton/jaar)	Fossiele energie (MJ/jaar)
Collectieve warmtelevering	58,8	992.251
Nautilus-concept	23,3	379.813
Besparing	60%	62%

- De gevoeligheid van de aannames en waarden in het geval van warmte uit de Diemencentrale is gering.
- de gevoeligheid van de aannames en waarden in het geval van het Nautilus-concept zijn redelijk, maar niet van dien orde dat de hoofdconclusie verandert.

In het onderzoek is niet gekeken naar de financiële aspecten, de aspecten die te maken hebben met vergunningaanvragen en heeft er geen gedetailleerde doorrekening van de voorgestelde voorzieningen plaatsgevonden met betrekking tot de haalbaarheid van de voorzieningen.



1 Inleiding

1.1 Doel van het onderzoek

Op het Zeeburgereiland in Amsterdam wordt een nieuw woongebied ontwikkeld. Voor dit woongebied geldt een aansluitplicht op het beoogde warmtenetwerk van Nuon Warmte NV. Een groep initiatiefnemers, verenigd in een collectief particulier opdrachtgeverschap (CPO) heeft bij de gemeente een voorstel ingediend voor het bouwen van het Nautilus-complex, een woon-werkgebouw met 42 woningen met werkruimtes en gemeenschappelijke ruimtes.

Het CPO heeft voor het Nautilus-complex een warmtevoorziening ontwikkeld, welke niet gebaseerd is op het gebruik van het warmtenet en wil hiervoor ontheffing van de aansluitplicht. Om eventueel in aanmerking te komen voor deze ontheffing, dient het voorgestelde Nautilus-concept gelijk of beter te scoren op CO₂-emissie dan de situatie waarbij gebruik wordt gemaakt van het warmtenet. Doel van dit onderzoek is om inzichtelijk te maken wat de emissies van beide opties zijn voor het Nautilus-complex.

In het onderzoek is niet gekeken naar de financiële aspecten, de aspecten die te maken hebben met vergunningaanvragen en heeft er geen gedetailleerde doorrekening van de voorgestelde voorzieningen plaatsgevonden met betrekking tot de haalbaarheid van de voorzieningen.

Bij de start van het project heeft startbijeenkomst plaatsgevonden. In deze bijeenkomst en het verlengde daarvan, zijn afspraken gemaakt over de te gebruiken data, rendementen en kentallen. Deze zijn terug te vinden in de bijlagen.

In de komende paragrafen wordt toegelicht welke opties met elkaar vergeleken worden. In de daaropvolgende hoofdstukken staan de uitkomsten van de emissieberekeningen.

1.2 Opties voor warmte- en koudelevering

Voor het Zeeburgereiland geldt een aansluitplicht op het warmtenet van Nuon Warmte. Dit betekent dat deze aansluiting de referentie is. Het alternatieve Nautilus-concept bestaat uit een elektrische warmtepomp in combinatie met een bodemwarmtewisselaar, zonneboilers en zon-PV. Voor de koude maakt dit concept gebruik van de bodemwarmtewisselaar. Bij de warmtelevering wordt hiervoor gebruik gemaakt van een standaard compressiekoelmachine.

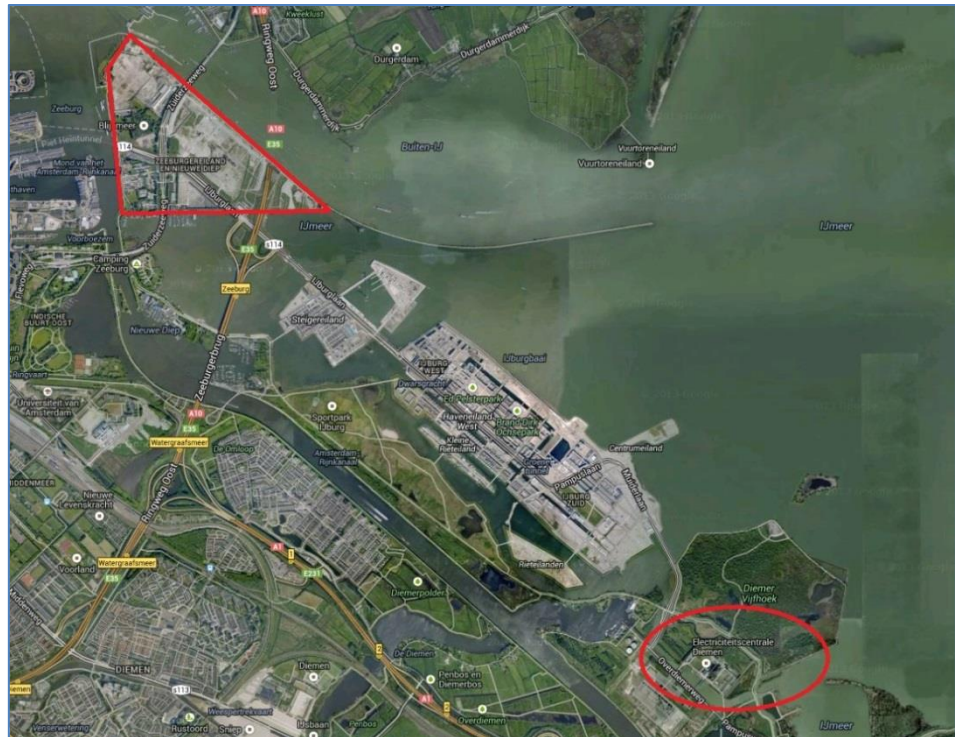
1.2.1 Collectieve warmte (referentie)

Een groot deel van Amsterdam is reeds aangesloten op een aantal warmtenetten. De bronnen voor deze warmtenetten zijn de afvalverbrander van de AEB, de Diemencentrale van Vattenfall Nuon en decentrale WKK's. De locatie Zeeburgereiland wordt aangesloten op de Diemencentrale. De Diemencentrale ligt ongeveer vijf kilometer verwijderd van het Zeeburgereiland en tussen het eiland en de centrale ligt de wijk IJburg. Deze wijk is eveneens aangesloten op het warmtenet dat wordt gevoed vanuit de Diemencentrale (zie Figuur 1).



De Diemencentrale is een STEG-centrale en voor de warmtelevering wordt gebruik gemaakt van aftapwarmte. Dit betekent dat er bij het aftappen van warmte een derving van elektriciteitsproductie plaatsvindt. Doordat deze gedeerde elektriciteit elders opgewekt moet worden, worden de emissies van deze elders opgewekte elektriciteit toegerekend aan de geleverde warmte. Dit gebeurt conform de rekenmethodiek, zoals voorgeschreven in de Uniforme Maatlat van Agentschap NL (2013). Voor de piekvraag in het warmtenet wordt gebruik gemaakt van gasgestookte hulpketels. Deze ketels leveren een beperkt deel van de totale warmtevraag.

Figuur 1 Locatie Zeeburgereiland (links) en Diemencentrale (rechts)

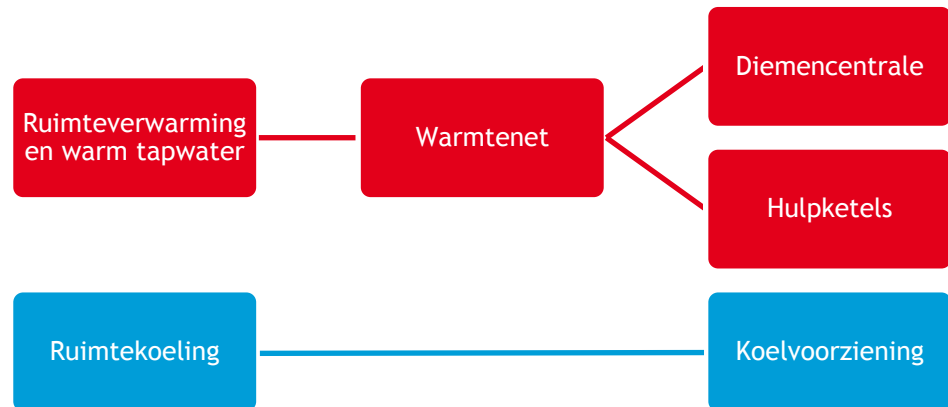


Bij transport en distributie van de warmte gaat een deel verloren door warmteverliezen in het net. Daarnaast staan er in het net meerdere pompen voor het rondpompen van het warme water. De elektrische pompenergie die hiervoor nodig is, wordt meegenomen bij het bepalen van de emissies van de warmte. Hiervoor wordt een forfaitaire waarde gehanteerd uit de Energieprestatienorm voor maatregelen op gebiedsniveau (EMG, NVN 7125:2011).

Voor de koelvoorziening heeft het warmtenet geen centrale invulling. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van een gebouwgebonden oplossing in de vorm van een compressiekoelmachine. Daarnaast wordt de optie bekeken van een koelsysteem dat door Nuon Warmte wordt aangeboden: Comfort Koeling.

In Bijlage A.1 staan de gebruikte waarden voor de bovengenoemde onderdelen.

Figuur 2 Schematische weergave situatie warmtenet



1.2.2 Nautilus-concept (alternatief)

Het concept dat door de CPO Nautilus is ontwikkeld heeft als primaire 'warmtebron' een zestal elektrische warmtepompen welke voorzien in de warmte voor ruimteverwarming en warm tapwater. Deze warmtepompen gebruiken hiervoor een combinatie van gesloten bodemwarmtewisselaars en zonneboilers als voeding van de warmte. De zonneboilers produceren zowel rechtstreeks een deel van het warm tapwater als een deel (voor)verwarming voor de ruimtes in het complex. De elektriciteit die door het systeem wordt gebruikt (pompen en warmtepompen), wordt deels opgewekt door zonnepanelen die op het dak van het Nautilus-complex worden geplaatst.

Figuur 3 Artist impression Nautilus-complex

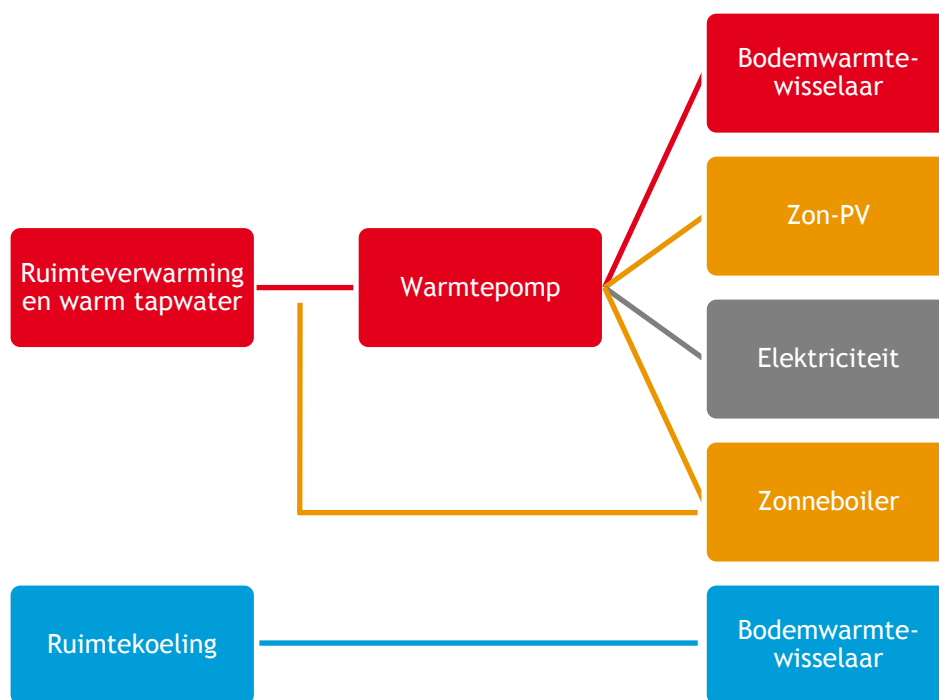


Bron: www.nautilus-amsterdam.nl

Voor de koudelevering maakt het systeem gebruik van de bodemwarmtewisselaars. De koude uit de ondergrond wordt rechtstreeks ingezet voor koeling van het complex.

In Bijlage A.2 staan de gebruikte waarden voor de bovengenoemde onderdelen.

Figuur 4 Schematische weergave situatie Nautilus-concept



1.2.3 Gegevensbronnen

De uitganggegevens voor de berekeningen aan het warmtenet zijn aangeleverd door Nuon Warmte. De gegevens voor het Nautilus-concept door Fore Installatie Adviseurs en het CPO. Daarnaast is gebruik gemaakt van enkele openbare bronnen. In Tabel 2 wordt hier van een overzicht gegeven.

Tabel 2 Overzicht gegevensbronnen

Bron	Wat	Informatie
E-mail CPO (25-10-2013)	Complex	Warmtevraag ruimteverwarming en warm tapwater, koelvraag ruimtekoeling
Kwaliteitsverklaring warmtelevering Amsterdam Zuid en Almere (Ecofys, 2012)	Warmtenet	Eigenschappen warmtelevering: dervingsfactor, inzet hulpketels, leidingverliezen, pompenergie, rendement hulpketels
E-mail Nuon Warmte (23-10-2013)	Warmtenet	Eigenschappen Comfort Koeling: COP
E-mail CPO (29-10-2013)	Nautilus	Berekeningen Fore Installatie Adviseurs: COP's warmtepompen, elektriciteitsgebruik warmtepompen, hulpenergie, productie zonneboiler, productie zon-PV, elektriciteitsgebruik koeling
EPG (NEN 7120)	Algemeen	Primaire energiefactor elektriciteit (tabel 5.4), opwekkingsrendement compressiekoelmachine (tabel 17.6), emissiekental elektriciteit en aardgas (tabel 5.5)

1.3 Validatie

Bij de aangeleverde gegevens door de betrokken partijen is eveneens gekeken of de waarden hiervan aannemelijk zijn. In de onderstaande paragrafen wordt dit kort behandeld.

Voor beide situaties wordt op voorhand aangenomen dat zij beide voldoen aan de gestelde eisen die gelden voor nieuwbouw, zoals de EPC, Bouwbesluit, vergunningverlening, etc. Het controleren hiervan valt buiten de scope van deze studie.

1.3.1 Collectieve warmte

De primaire gegevens van de warmtelevering door Nuon Warmte komen uit de kwaliteitsverklaring die door Ecofys (2012) is opgesteld voor warmtelevering in Amsterdam Zuid en Almere. Deze kwaliteitsverklaring is opgesteld aan de hand van de EMG (NVN 7125:2011) en heeft in een eerder stadium een second opinion ondergaan van de gemeente Amsterdam.

Over het algemeen zijn er geen kanttekeningen bij de wijze waarop deze kwaliteitsverklaring is opgesteld en de inhoud daarvan. De forfaitaire waarden zijn conform nationale regels en de waarden die door Nuon Warmte zijn aangeleverd (leidingverliezen, inzet hulpketels) liggen binnen bandbreedte die gebruikelijk is in Nederland.

Echter, omdat de kwaliteitsverklaring en deze vergelijkende studie een ander doel voor ogen hebben, wordt in deze studie op een aantal onderdelen afgeweken. De belangrijkste zijn:

- De primaire energiefactor voor elektriciteit. In de kwaliteitsverklaring wordt gerekend met een factor van 2, voor het ‘marginale opwekkingsrendement’ uit NEN 5129:2004). In deze studie wordt gerekend met een factor van 2,56, voor elektriciteit uit NEN 7120:2012. Dit komt overeen met het ‘gemiddelde opwekkingsrendement’.
- In de kwaliteitsverklaring wordt niet met CO₂-emissies gerekend, in deze vergelijkende studie wel.

1.3.2 Nautilus-concept

De gegevens van het Nautilus-concept zijn afkomstig van Fore Installatie Adviseurs. Dit bedrijf heeft een verwarmings- en koelingsconcept voorgesteld en de energievraag berekend voor het Nautilus-gebouw.

CE Delft heeft de achterliggende berekeningen niet bekeken, maar kan op basis van de uitkomsten die zijn gepresenteerd door Fore Installatie Adviseurs een goed beeld vormen of deze waarden aannemelijk zijn.

- Energievraag verwarming: dit komt overeen met ongeveer 600-650 m³ aardgas per woning (van ongeveer 100 m²). De woningen in het Nautilus-complex variëren in uitvoering tussen een appartement en een hoekwoning. De Uniforme Maatlat (Agentschap NL, 2013) gaat uit van een gemiddelde warmtevraag bij deze typen woningen (bij EPC 0,6) van omgerekend 300-550 m³ aardgas per woning. Naast de woningen zijn er ook meerdere gemeenschappelijke ruimtes, zoals een zaal voor optredens, expositieruimte, ateliers en logeerruimtes. De warmtevraag van 600-650 m³ voor de woningen gecombineerd met de gemeenschappelijke ruimtes, ligt dan ook in de verwachte orde grootte.
- Energievraag warm tapwater: dit komt overeen met ongeveer 250 m³ aardgas per woning. Dit ligt in de orde grootte van het verbruik van een gemiddeld huishouden in Nederland (WWI, 2011) en van een woning met EPC van 0,6 (Agentschap NL, 2013).



- Energievraag koeling: de hoogte van deze vraag is sterk afhankelijk van het gewenste comfortniveau en is daarmee niet te controleren. Er wordt aangenomen dat deze correct is berekend.
- Gemiddelde COP warmtepompen: de COP per warmtepomp is conform de opgave van de leverancier van, het gemiddelde dat hieruit berekend is, lijkt aannemelijk. Het is niet duidelijk of rekening gehouden is met de invloed van veranderingen in de ondergrond op de COP van de warmtepompen. Om dit te ondervangen, wordt het effect van veranderende COP's meegenomen in de gevoeligheidsanalyse. Op voorhand is correcte inschatting van de praktijkrendementen van de warmtepompen lastig te bepalen. Het wordt dan ook aanbevolen om de prestaties van de warmtepompen te monitoren om een goed beeld te krijgen van de praktijkprestaties en de werkelijke COP's.
- Hulpenergie: het elektriciteitsverbruik voor de pompen (vermogen maal vollaasturen) heeft een aannemelijke omvang.
- Productie zonneboiler: de hoeveelheid geproduceerde warmte door de zonneboilers, komt overeen met ongeveer één zonneboiler per woning.
- Productie zon-PV: voor de berekende productie is ongeveer 35 kW_p aan zon-PV nodig. Dit komt overeen met ongeveer 260 m² aan zonnepanelen. Gegeven de afmetingen van het Nautilus-gebouw is deze ruimte voldoende aanwezig.

Het is aannemelijk dat de aangeleverde een goede weerspiegeling geven van het energiegebruik van het Nautilus-complex.

Wel of niet meenemen zon-PV

Bij het vaststellen van de wijze waarop de systemen met elkaar vergeleken zouden moeten worden, rees discussie over de rol van zon-PV in de berekeningen. Het Bouwbesluit geeft hierbij geen uitsluitel en het was onduidelijk of zon-PV wel of niet meegenomen mocht worden in de bepaling van de CO₂-emissie van het Nautilus-concept.

Navraag bij het Ministerie van BZK, Agentschap NL en ISSO, leert dat er een bewuste keuze is gemaakt om geen vaste methodiek voor te schrijven voor het uitvoeren van de vergelijking, maar de aanvrager en de gemeente hierin een eigen inbreng te laten.

Hierbij doen zich twee mogelijke situaties voor:

1. Er is een *warmteplan* aanwezig: In het warmteplan staat wat de prestaties zijn van gebouwen die op het warmtenet zijn/worden aangesloten en hoe dat berekend is (wat er dus is meegenomen in de berekening). Hoe de prestatie is vastgelegd (in CO₂, CO₂/GJ, GJ/m², etc.) is volledig aan de gemeente. De voorwaarde is dat het transparant is vastgelegd. Op basis van dit warmteplan kan een partij een initiatief nemen om een systeem voor te stellen dat gelijk of beter scoort dan de prestatie in het warmteplan. De initiatiefnemer is hierin volledig vrij. Deze mag alles doen, waarvan hij/zij denkt dat nodig is om een systeem samen te stellen en te presenteren dat uiteindelijk gelijk of beter scoort dan de prestatie in het warmteplan en ook de manier waarop hij/zij dit berekent is volledig vrij. Het is enige dat de initiatiefnemer moet doen is het 'aannemelijk' maken dat het voorgestelde systeem daadwerkelijk gelijk of beter is. De gemeente moet deze aannemelijkheid toetsen/inschatten.
2. Er is *géén warmteplan* aanwezig, maar er is sprake van een overgangsrecht: Het bovenstaande scenario geldt niet, maar in de verordeningen van de gemeente is vastgesteld of en wanneer er uitzonderingen op de aansluitplicht mogelijk zijn en wie bepaald hoe dit moet worden bepaald (hoe het bijvoorbeeld berekend wordt). In de verordeningen kan bijvoorbeeld staan dat B&W bepaalt wanneer afgeweken mag worden en hoe dit berekend moet worden. Dan moet dus B&W de knoop doorhakken voor wat betreft de methodiek van de vergelijking. Uiteraard moet dit eveneens transparant zijn vastgelegd.



Voor het Zeeburgereiland geldt situatie 2, waarbij de gemeente dus bepaalt op welke gronden de vergelijking wordt uitgevoerd. In de geest van het Bouwbesluit, waarbij:

- de initiatiefnemer volledig vrij is in het in te dienen alternatief en dat PV dus aangedragen mag worden als integraal onderdeel van het warmtesysteem;
- het warmtebedrijf geen invloed kan uitoefenen op het wel of niet plaatsen van zonnepanelen door particulieren en dit dus ook niet kan worden gebruikt in de berekeningen voor bijvoorbeeld het halen van de gestaffelde EPC;
- is besloten om zon-PV enkel mee te nemen bij het Nautilus-systeem.

Wel is in de gevoeligheidsanalyse gekeken naar de het effect van het wel of niet meenemen van zon-PV, waarmee de invloed van zon-PV op de uitkomst van de vergelijking zichtbaar wordt.





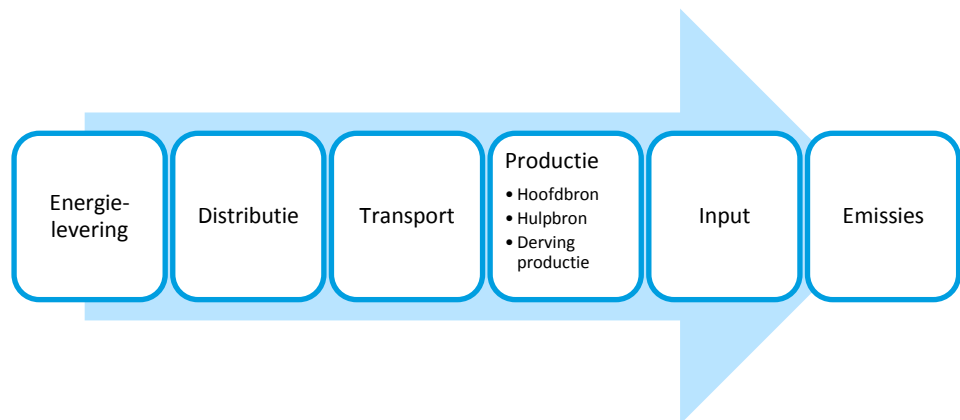
2 Effecten op CO₂-emissie

Aan de hand van de gegevens uit het voorgaande hoofdstuk zijn de verschillen tussen de twee opties berekend. In de komende paragrafen wordt eerst kort de methodiek toegelicht en daarna de uitkomsten gepresenteerd. Onderdeel van de studie is eveneens een beperkte gevoeligheidsanalyse op verschillende aspecten.

2.1 Methodiek

In deze studie wordt enkel gekeken naar het verschil in CO₂-emissie tussen de twee opties. Hierbij wordt vanaf de functionele vraag naar warmte en koude *stroomopwaarts* gekeken naar de hoeveelheid energie die nodig is om in deze vraag te voldoen en welke emissies daarbij vrijkomen. Op hoofdlijnen wordt dit weergegeven in Figuur 5.

Figuur 5 Aanpak vergelijking warmte-opties



Collectieve warmtelevering

Voor collectieve warmtelevering worden de emissies bepaald door te kijken naar de hoeveelheid warmte die geleverd wordt uit de Diemencentrale en uit de hulpketels. De warmte uit de Diemencentrale heeft geen directe emissie. Doordat de centrale minder elektriciteit op kan wekken als gevolg van de warmtelevering, moet deze elektriciteit elders opgewekt worden. De emissie van deze elders opgewekte elektriciteit komt voor rekening van de geleverde warmte. De emissie van de warmte uit de gasgestookte hulpketels wordt omgerekend aan de hand van het rendement van de ketels. Het elektriciteitsgebruik van voor de koeling en hulpenergie wordt omgerekend met de emissiekentallen voor elektriciteit.

Nautilus-concept

De emissies van het Nautilus-concept worden bepaald door te berekenen welk deel van de benodigde elektriciteit van het openbare net wordt gebruikt. Hiertoe wordt eerst bepaald welk deel van de functionele vraag wordt ingevuld door de warmtepompen en welk elektriciteitsverbruik zij hebben (het restant wordt ingevuld door de zonneboilers). Dit wordt aangevuld met de hulpenergie voor de pompen. Van het totale elektriciteitsgebruik wordt de

productie van de zon-PV afgetrokken. Het restant wordt vervolgens van het openbare net gehaald en hieraan zitten dezelfde emissiekentallen als bij de collectieve warmtelevering.

2.2 Uitkomsten

In Tabel 3 staan de verschillende energievragen van het Nautilus-complex die het uitgangspunt vormen voor de berekening van de CO₂-emissies.

Tabel 3 Energievraag Nautilus-complex

Vraag	Hoeveelheid
Ruimteverwarming	862.671 MJ
Warm tapwater	233.320 MJ
Ruimtekoeling	140.952 MJ

Collectieve warmtelevering

De energiestromen en de CO₂-emissies in de referentiesituatie van de warmtelevering zijn weergegeven in Bijlage C.1. De totale jaarlijkse CO₂-emissie is 58,8 ton. Het gerelateerd primaire energiegebruik is 992.251 MJ. Hiervan is bijna 80% voor rekening van de gedeerde elektriciteit en 20% voor de warmte uit de hulpketels.

Nautilus-concept

De energiestromen en de CO₂-emissies in de referentiesituatie van de warmtelevering zijn weergegeven in Bijlage C.2. De totale jaarlijkse CO₂-emissie is 23,3 ton. Het gerelateerd fossiele primaire energiegebruik is 379.813 MJ. Dit is voor 100% voor rekening van de gebruikte elektriciteit.

Vergelijking

In vergelijking heeft de optie van het Nautilus-concept een 60% lagere CO₂-emissie dan wanneer gebruik wordt gemaakt van de collectieve warmtelevering. Het gebruik van fossiele brandstoffen is bij het Nautilus-concept 62% lager.

Tabel 4 Vergelijking warmte-opties

Opties	CO ₂ -emissie (ton/jaar)	Fossiele energie (MJ/jaar)
Collectieve warmtelevering	58,8	992.251
Nautilus-concept	23,3	379.813
Besparing	60%	62%

2.3 Gevoeligheidsanalyse

Om inzichtelijk te maken wat de effecten van de verschillende onderdelen van de berekening zijn, is een beperkte gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Aan de hand van deze analyse kan worden bekeken of bepaalde onderdelen van de vergelijking nadere toelichting of onderzoek vergen en kan worden gekeken welke invloed de aannames en waarden, die zijn gebruikt in de berekening, hebben op de uitkomst van de vergelijking. In Tabel 5 staan de verschillende gevoeligheidsanalyses.



Tabel 5 Overzicht uitgevoerde gevoeligheidsanalyses

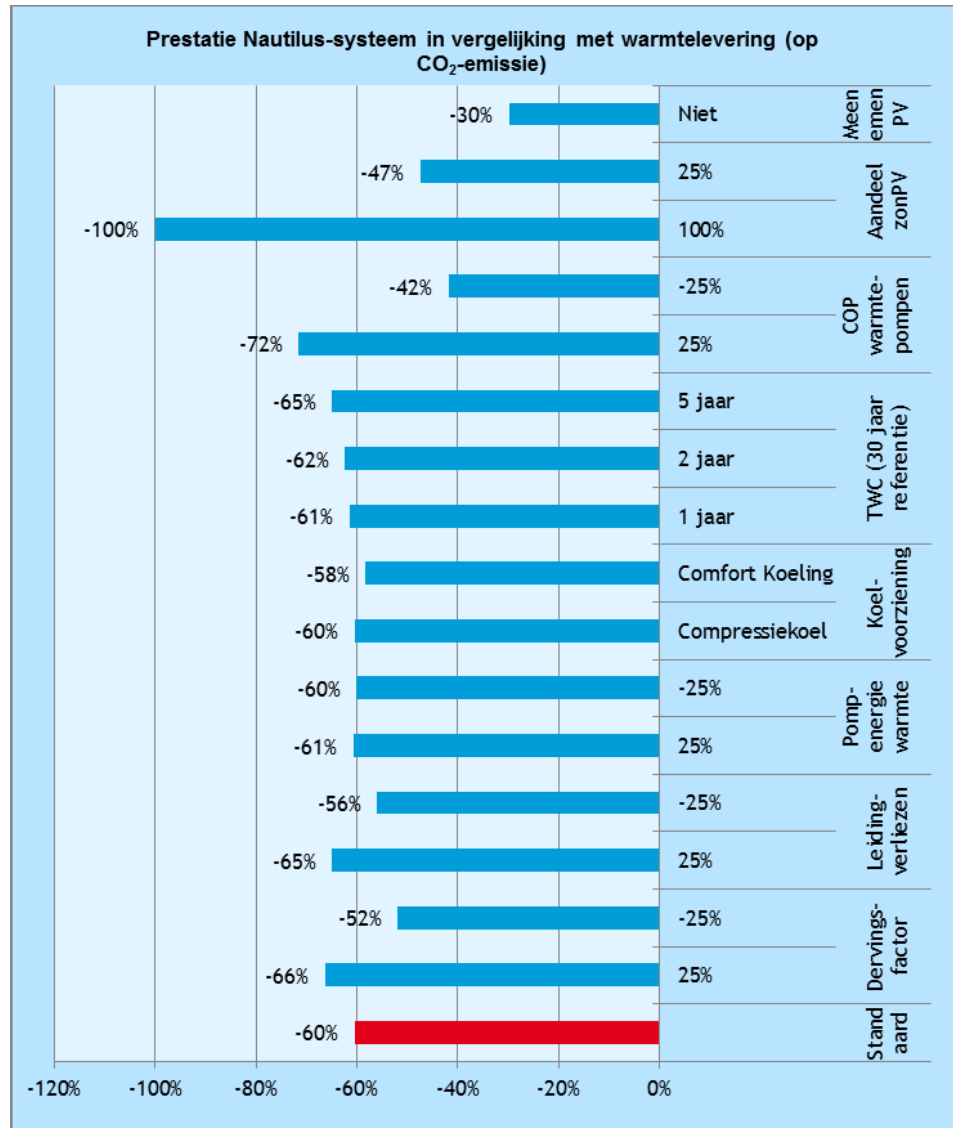
Analyse	Bandbreedte	Toelichting
Gevoeligheid collectieve warmtelevering		
Dervingsfactor	-25%/+25%	De factor voor de derving van elektriciteitsproductie in de Diemencentrale.
Leidingverliezen	-25%/+25%	De warmteverliezen als gevolg van het transport van warm water.
Pompenenergie warmte	-25%/+25%	Hier is een forfaitaire waarde gebruikt, in werkelijkheid is die mogelijk anders.
Koelvoorziening	Compressie/Comfort	In de standaard situatie wordt koeling geleverd door een compressiekoelmachine, maar het efficiëntere Comfort Koeling kan ook worden toegepast.
TWC	1/2/5 jaar	Er is een mogelijkheid dat er een tijdelijke warmtecentrale (TWC) wordt geplaatst voor tijdelijke levering van warmte. Het effect over 30 jaar wordt berekend.
Gevoeligheid Nautilus-concept		
COP warmtepompen	-25%/+25%	De opgaven zijn nu conform de gegevens van de leverancier, afwijkingen in de praktijk zijn mogelijk. Daarnaast worden mogelijke effecten van de ondergrond op de COP inzichtelijk voor de emissies.
Aandeel zon-PV	100%/25%	Indien de productie van de zonnepanelen lager of hoger is dan nu wordt voorgesteld en het aandeel van de elektriciteitsvraag meer of minder wordt gedekt.
Meenemen zon-PV	Niet	Zon-PV wordt niet meegenomen in de vergelijking.

De uitkomsten van de verschillende gevoeligheidsanalyses worden weergegeven in Figuur 6. Uit de figuur blijkt dat gevoeligheid van de aspecten van warmtelevering redelijk beperkt is; de afwijkingen ten opzichte van de standaard situatie zijn gering. De figuur laat zien dat in de aangenomen standaard situatie het Nautilus-systeem 60% minder emissies heeft dan in het geval van warmtelevering. Wanneer bijvoorbeeld het Comfort Koeling-systeem wordt gebruikt in plaats van een compressiekoelmachine, dan worden de emissies 58% minder. Als de leidingverliezen in het warmtenet met 25% afnemen, dan scoort het Nautilus-systeem 56% beter op CO₂-emissie.

De gevoeligheid van de aspecten van het Nautilus-concept is groter. Met name de afwijking in COP leidt tot een relatief grote afwijking in de uitkomst. Deze afwijkingen leiden er echter niet toe, dat het Nautilus-concept slechter scoort dan de warmtelevering. Hieruit kan geconcludeerd worden dat, ook als de bodemwarmtewisselaars van invloed zijn op de ondergrond en dit consequenties heeft op de COP van de warmtepomp, de uitkomst van de vergelijking gelijk blijft. Hetzelfde geldt voor de zon-PV, waarbij ook het niet-meenemen van zon-PV in de vergelijking niet leidt tot een andere conclusie.



Figuur 6 Uitkomsten gevoeligheidsanalyses



3 Conclusie

Uit de voorgaande hoofdstukken kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De gegevens en aannames voor de berekening van de emissies van de warmte- en koudelevering in het geval van warmte uit de Diemencentrale zijn aannemelijk.
- De gegevens en aannames voor de berekening van de emissies van de warmte- en koudelevering in het geval van het Nautilus-concept zijn aannemelijk.
- Het Nautilus-concept heeft 60% minder CO₂-emissie dan levering van warmte uit Diemencentrale en scoort daarmee beter (zie Tabel 6)

Tabel 6 Vergelijking warmte-opties

Opties	CO ₂ -emissie (ton/jaar)	Fossiele energie (MJ/jaar)
Collectieve warmtelevering	58,8	992.251
Nautilus-concept	23,3	379.813
Besparing	60%	62%

- De gevoeligheid van de aannames en waarden in het geval van warmte uit de Diemencentrale is gering.
- De gevoeligheid van de aannames en waarden in het geval van het Nautilus-concept zijn redelijk, maar niet van dien orde dat de hoofdconclusie verandert.



Literatuurlijst

Agentschap NL, 2013

Protocol Uniforme Maatlat 3.3
Utrecht : Agentschap NL, 2013

Ecofys, 2012

Kwaliteitsverklaring warmtelevering Amsterdam Zuid en Almere
Utrecht : Ecofys, 2012

NEN, 2011

NVN 7125 (nl) Energieprestatienorm voor maatregelen op gebiedsniveau (EMG)
Delft : Nederlands Normalisatie-instituut, 2011

NEN, 2012

NEN 7120+C2 (nl) Energieprestatie van gebouwen (EPG)
Delft : Nederlands Normalisatie-instituut, 2012

WWI, 2011

Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties
Cijfers over Wonen, Wijken en Integratie 2010
Den Haag : Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, 2011

