



Rapport

“Haalbaarheidsstudie warmtenet gekoppeld op aquathermie in het noorden van Schagen”

Eindrapport V3 - 22 januari 2026

Contact

Dieter Stienlet
Projectingenieur
Dieter.stienlet@extraqt.be
+32 471 48 85 56

EXTRAQT BV
BE 0770.846.528
Brusselsestraat 190/5
3000 Leuven

HAALBAARHEIDSTUDIE WARMTENET GEKOPPELD OP AQUATHERMIE IN HET NOORDEN VAN SCHAGEN

1	Inleiding	3
2	Afbakening project.....	3
3	Werkpakket 1: Thermische analyse.....	6
3.1	3D digital twin	6
3.2	Input parameters.....	8
3.3	Resultaten potentie aquathermie.....	9
4	Werkpakket 2: Voorontwerp bronnen en warmtenet	11
4.1	Waterlichamen koppelen aan warmtevraag clusters	11
4.2	Bronnenstrategie.....	13
4.3	Ontwerp aquathermie.....	15
4.4	Ontwerp overige bronnen en warmtenet	20
5	Werkpakket 3: Businesscase	28
5.1	Financiële structuur MT- en ZLT-warmtenet.....	28
5.2	Randvoorwaarden.....	29
5.3	Businesscase per cluster	33
5.4	Perspectief eindgebruiker	42
6	Conclusie en vervolg stappen	47
7	Annex	49
7.1	Input thermische analyse.....	49
7.2	Resultaten thermische analyse.....	51
7.3	Aquathermie installatie.	57
7.4	Randvoorwaarden businesscase.....	59

1 Inleiding

De gemeente Schagen wenst de haalbaarheid van een warmtenet, gekoppeld op aquathermie, in het noorden van Schagen te onderzoeken. Welke waterlichamen geschikt zijn voor aquathermie en wat dan hun eventuele potentiële warmte zou zijn, werd onderzocht in werkpakket 1 op basis van de afbakening van het project.

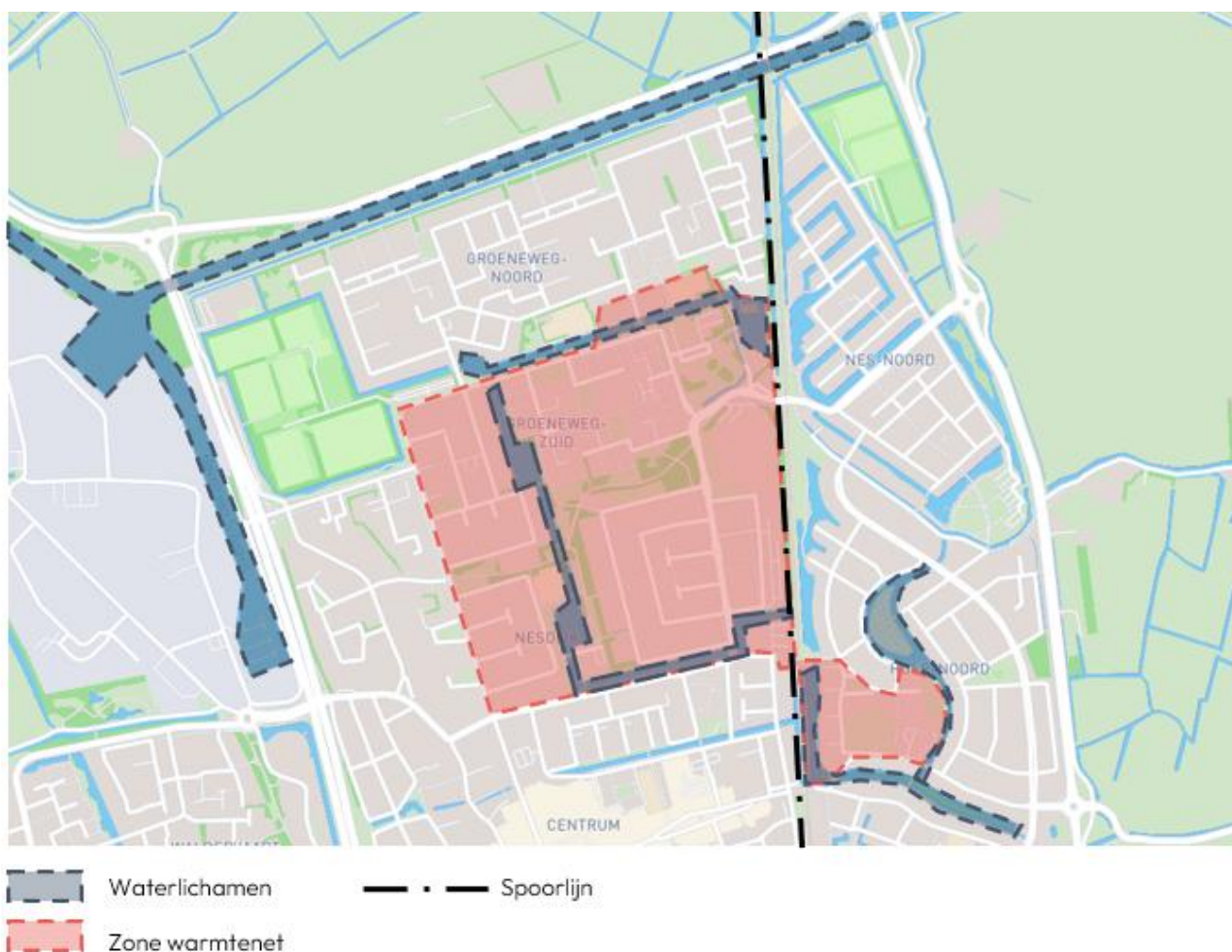
Op basis van de resultaten uit werkpakket 1 werden clusters van gebouwen gevormd voor een toekomstig warmtenet. In één cluster werkt één warmtenet. In deze studie is de limiterende factor voor de grootte van de clusters het potentieel van aquathermie in de nabijgelegen waterlichamen. Er werden zo, met input van de stuurgroep rond duurzame warmte in Schagen, drie mogelijke clusters gedefinieerd. In werkpakket 2 werd voor elke cluster een voorontwerp van de aquathermische installatie en het warmtenet gemaakt.

In werkpakket 3 werd er voor elke cluster een financiële analyse gemaakt. Voor elke cluster werden verschillende variabelen gebruikt om verschillende scenario's per cluster financieel uit te werken. Eén van die parameters die de werkgroep duurzame warmte uit Schagen wou onderzoeken, was of het warmtenet een midden-temperatuurnet (MT) of zeer-lage temperatuurnet (ZLT) zou worden. Het grote verschil tussen de twee netten zijn de temperaturen in de leidingen en de plaats van de warmtepompen. Bij een MT net zijn alle warmtepompen centraal geplaatst en levert het net een temperatuur van 65°C. Deze temperatuur is klaar voor gebruik. Bij een ZLT net zijn er nog altijd centrale warmtepompen, maar die zijn kleiner doordat de temperatuur in het warmtenet maar op 15°C wordt gehouden. In elk individueel gebouw wordt een booster warmtepomp geplaatst die deze 15°C verder zal verhogen naar 65°C.

De verschillende businesscases die voor de drie clusters zijn gemaakt, geven een inzicht in welke warmtenetten haalbaar zijn. Ze geven de gemeente een inzicht in welke clusters prioriteit kunnen krijgen.

2 Afbakening project

In een voorgaande studie van de stuurgroep rond duurzame warmte in Schagen bleek dat het noorden van Schagen kansrijk zou zijn voor een warmtenet. Meer specifiek kwam de rode zone in Figuur 1 er positief uit. De studie focust in eerste instantie dan ook op deze wijken. Deze haalbaarheidsstudie onderzoekt of een warmtenet technisch en financieel haalbaar is of dat individuele oplossingen logischer zijn in deze context. Door de grote aanwezigheid van waterlichamen wordt er bekeken of dit warmtenet kan worden aangedreven door aquathermie. De waterlichamen die groot genoeg zijn voor aquathermie rond de rode zone, worden in het blauw aangeduid op Figuur 1.



Figuur 1: Initiële afbakening project

Bij aanvang van deze studie werden er drie opmerkingen gemaakt op de initiële afbakening van de stuurgroep. Ten eerste loopt er een spoorlijn dwars door het rode gebied. Dit maakt het technisch moeilijk en kostelijk om één warmtenet in de hele rode zone aan te leggen. Aangezien het oostelijke deel van de rode zone (vanaf nu Hoep-noord genoemd in dit document) maar acht gebouwen telt, werd er aangenomen dat hier lokaal in waterplassen genoeg aquathermie potentie was om dit deel los te koppelen van de algemene rode zone. De studie onderzoekt dus ook een apart warmtenet in deze zone. Als de waterlichamen toch niet genoeg potentie zouden hebben, kan de optie om de hele rode zone toch te verbinden nog onderzocht worden.

Ten tweede werd ook de analyse gemaakt dat het noordelijk gelegen kanaal op een afstand van 385 m van het centrum ligt. Dat is een grote afstand tussen een bron en een warmtenet. Vanuit een financieel perspectief is het daarom veel interessanter om voor het centrum alleen de waterlichamen binnen de rode zone te gebruiken. Enkel als de potentie van die waterlichamen niet groot genoeg is, wordt er een verbinding met het kanaal gemaakt.

De laatste opmerking is een gevolg van de tweede opmerking. Als het kanaal toch verbonden wordt met de rode zone, dan zou het ook nuttig zijn om de rode zone uit te breiden met het gebied tussen

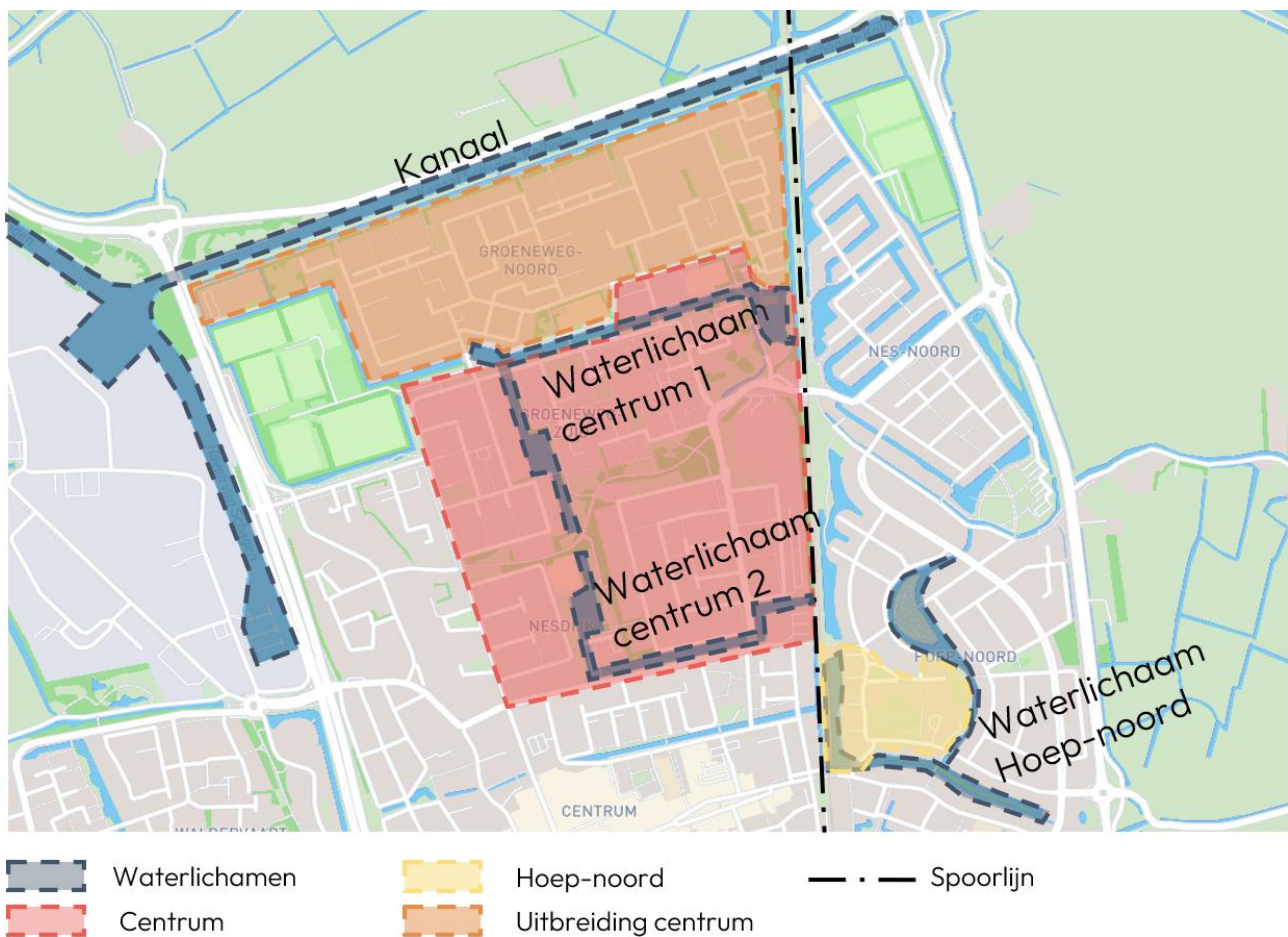
het kanaal en de rode zone. De mogelijke uitbreidingszone van het centrum wordt in Figuur 2 aangeduid met de oranje zone.

Er ontstaan zo drie mogelijke clusters van warmtenetten:

- Het centrum: de rode zone;
- Hoep-noord: de gele zone;
- Het centrum met uitbreiding: de rode en oranje zone.

Op basis van deze drie clusters komen er ook vier waterlichamen naar boven van dewelke de potentie voor aquathermie bepaald moet worden. Deze zijn:

- Het kanaal;
- Waterlichaam centrum 1;
- Waterlichaam centrum 2;
- Waterlichaam Hoep-noord.



Figuur 2: Update afbakening project

3 Werkpakket 1: Thermische analyse

Dit deel van de studie onderzoekt hoeveel warmte er jaarlijks maximaal uit de verschillende waterlichamen van het project onttrokken kan worden. Dit moet wel gebeuren binnen de thermische grenzen van het waterlichaam. Dat wil zeggen dat het water niet meer dan 4°C mag afkoelen op een bepaald moment door de onttrekking van warmte.

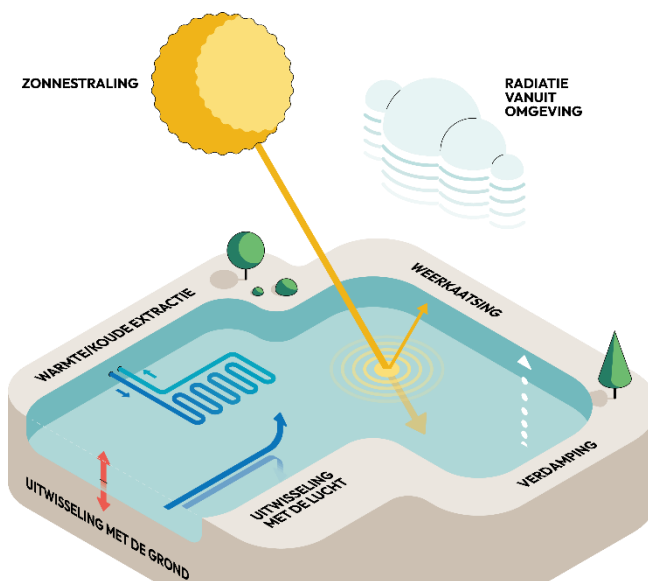
Dit is een complex proces, want een waterlichaam staat continue in contact met de omgeving. Hierdoor moet er niet enkel gekeken worden naar hoeveel warmte er onttrokken wordt voor het warmtenet, maar ook naar factoren als inkomende zonnestraling, interactie met de bodem, wind, interne menging met de rest van het waterlichaam ... Al deze elementen zitten vervat in de 3D digital twin die EXTRAQT maakt van de waterlichamen om de potentie te bepalen.

Eerst gaat dit hoofdstuk dieper in op de werking van deze 3D digital twin. Daarna bekijkt dit deel meer in detail welke inputparameters gebruikt werden voor deze waterlichamen. Tot slot worden de resultaten van dit model besproken.

3.1 3D digital twin

Het 3D digital twin model van EXTRAQT bepaald voor bepaald lastenprofiel de thermische impact of het water. Dit lastenprofiel is de warmtevraag per uur in een bepaalde periode. Voor deze haalbaarheidsstudie wordt gewerkt met een periode van drie jaar. Voor een warmtevraag wordt er warmte onttrokken uit het water, waardoor het water afkoelt. Deze afkoeling mag niet te groot zijn, omdat dit milieuschade kan veroorzaken. In Nederland is er vanuit de regelgeving in het kader koude lozing 2.0 (STOWA) bepaald dat de maximale afkoeling 4°C mag zijn. Echter kijken ze hier naar homogene afkoeling in het totale waterlichaam. In onze analyse analyseren we die 4°C impact op een specifiek niveau zodat het later ook overeenstemt met vergunningseisen. Dit wordt verder gespecificeerd in Figuur 36 in sectie 7.1 *Input thermische analyse* in de Annex.

De 3D Digital Twin simuleert de snelheid en de temperatuur van elk waterelement in het afgebakende watervolume. Op deze manier wordt een duidelijk ruimtelijk beeld gevormd van alle lokale effecten die zouden plaatsvinden. Het gebruikte thermische model houdt rekening met regeneratie effecten vanuit de omgeving. De invloed van zoninstraling, uitwisseling met de lucht en ondergrond bepalen namelijk hoe snel een afkoeling in het waterlichaam zich kan herstellen en kan regenereren naar de originele watertemperatuur. Daarnaast houdt het ook rekening met de lokale



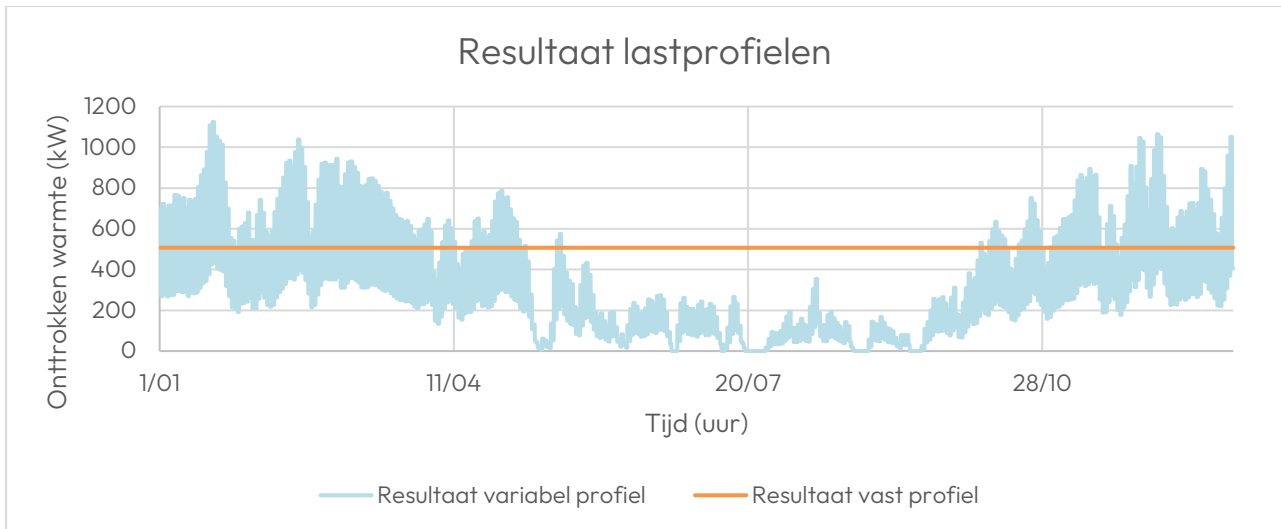
Figuur 3: Visuele voorstelling 3D digital twin

difussieve en convectieve menging in het water zelf. Deze effecten worden visueel voorgesteld op Figuur 3.

Specifiek aan deze studie is het primaire doel om de maximale warmtevraag te bepalen dat uit een waterlichaam te onttrekken valt, zonder de milieugrenzen te overschrijden. De 3D Digital Twin zal iteratief gebruikt worden om zo de maximale potentie van de waterlichamen te bepalen. Het model start met een bepaald lastprofiel en berekent wat de thermische impact is van dit lastenprofiel. Als nergens de kritische grens van 4°C wordt overschreden, dan kan het lastprofiel verhoogd worden om zo meer warmte te onttrekken. Dit proces herhaalt zich tot de hoogte van het lastenprofiel is gevonden waarvoor de kritische grens net niet bereikt wordt. Dat lastenprofiel is dan de maximale potentie.

Er werd voor elk waterlichaam twee standaard lastenprofielen gebruikt om de maximale potentie te bepalen. Het eerste profiel is een typisch lastenprofiel voor een warmtenet. De pieken met het maximale vermogen liggen dan in de wintermaanden. In de zomer is de warmtevraag veel kleiner. Dit profiel is van toepassing wanneer aquathermie de enige bron is in het warmtenet. Het ander onderzochte profiel is een vast profiel. Daar gaat het hele jaar hetzelfde vermogen uit het water onttrokken worden. Dit profiel wordt gebruikt wanneer aquathermie in combinatie staat met een WKO. In de winter gaat aquathermie actief warmte leveren aan het warmtenet samen met de WKO. In de zomer gaat de WKO geregeerd worden door aquathermie. De WKO is dus geen echte energiebron, maar dient om de energie uit aquathermie, vooral uit de zomer, op te sparen voor de pieken in de winter.

In Figuur 37 in sectie 7.1 *Input thermische analyse* worden de twee verschillende lastenprofielen getoond die als input voor elk waterlichaam werden gebruikt. Op basis van deze grafiek zou de conclusie kunnen volgen dat het maximale vermogen bij de twee profielen even groot is. Dit is echter niet het geval. Het variabele profiel heeft pieken die van korte duur zijn. Het water kan na die korte piek snel weer regenereren, waardoor de thermische impact beperkt blijft. Bij een constant profiel duurt de piek het hele jaar door, waardoor de thermische impact bij lagere waarden al groter zal zijn. Het effect van beide profielen wordt duidelijker in de resultaten. Figuur 4 toont dat het maximale vermogen van het vaste profiel minder dan 50% is van de piek bij het variabele profiel. Het vaste profiel onttrekt zijn vermogen wel de hele tijd waardoor de totaal onttrokken energie wel bijna het dubbele is van het variabele profiel. Dit resultaat wordt nu getoond om het effect van de lastenprofielen te verduidelijken. De volledige resultaten worden besproken in *3.3 Resultaten potentie aquathermie*.



Figuur 4: Resultaat lastprofielen

3.2 Input parameters

Zoals eerder aangegeven zijn er vier waterlichamen waarvan de potentie voor aquathermie wordt onderzocht. Deze zijn:

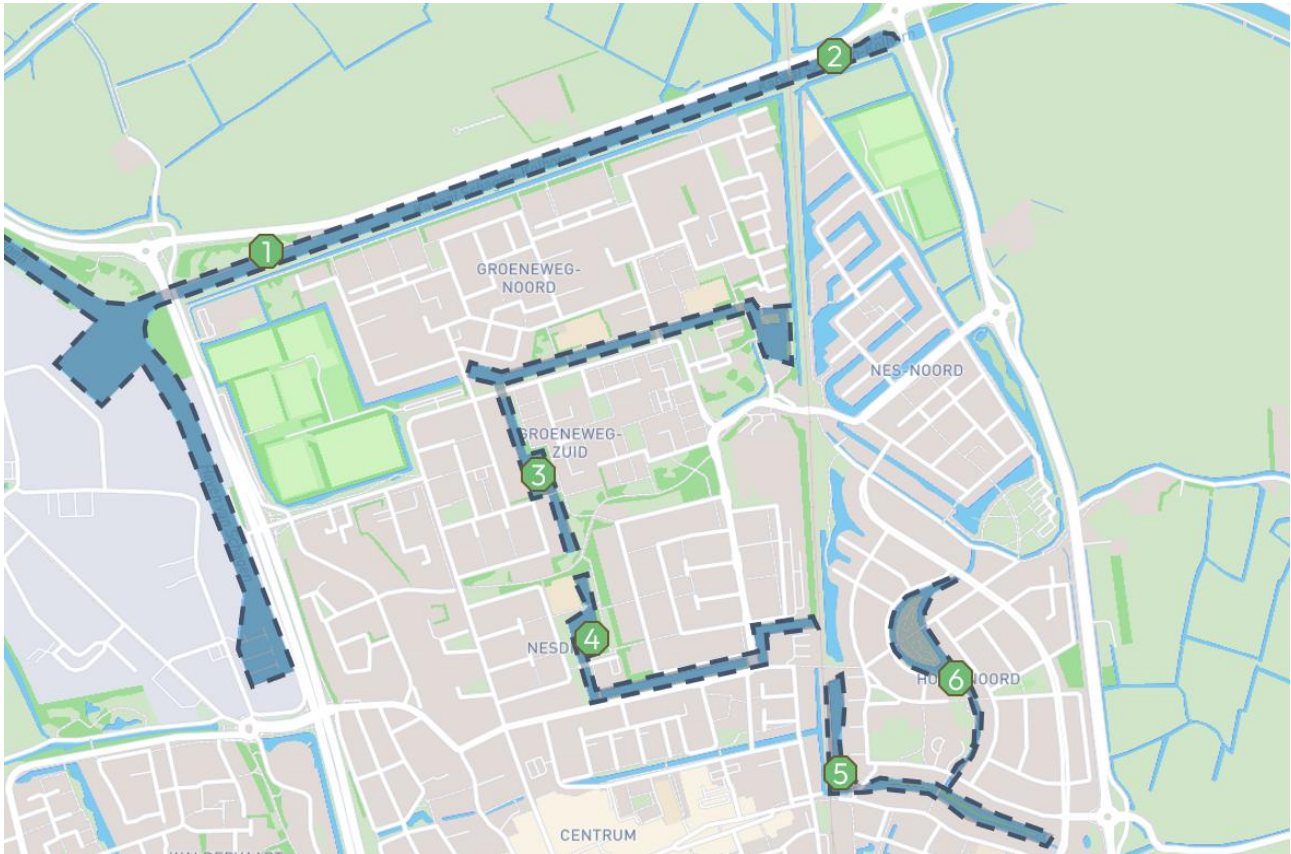
- Het kanaal
- Waterlichaam centrum 1
- Waterlichaam centrum 2
- Waterlichaam Hoep-noord

Voor het kanaal gaf de stuurgroep duurzame warmte uit Schagen aan dat er twee mogelijke locaties op het kanaal zijn waar een captatiepunt kan komen voor aquathermie. Er wordt wel maar één van de twee effectief gebouwd, dus de studie bekijkt de twee punten als onafhankelijke punten die niet samen een impact maken op het waterlichaam.

Daarnaast is het de bedoeling om de cluster Hoep-noord onafhankelijk te maken van het centrum. Om zeker genoeg potentie aquathermie te hebben in Hoep-noord, werden er hier twee captatiepunten verondersteld in de lokale vijver. In tegenstelling tot het kanaal werd hier wel aangenomen dat beide punten samen actief zijn en elkaar dus kunnen beïnvloeden.

Door deze extra opsplitsingen zijn er zes punten die gemodelleerd moeten worden. Deze zes punten die gemodelleerd worden, worden weergegeven in Figuur 5. De studie zal vanaf nu verwijzen naar deze waterlichamen als:

1. Kanaal locatie 1
2. Kanaal locatie 2
3. Vijver Groeneweg-noord
4. Vijver Nesdijk
5. Vijver Hoep-noord punt 5
6. Vijver Hoep-noord punt 6



Figuur 5: Overzicht te modelleren punten aquathermie

Om het debiet van het kanaal te bepalen werd contact opgenomen met het waterschap Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. Het waterschap gaf aan dat er door de sluiswerking geen merkbaar debiet aanwezig is op het kanaal. Hierdoor worden punten 1 en 2 van Figuur 5 als stilstaand water gemodelleerd. Punten 3, 4, 5 en 6 zijn vijvers zonder stroming. Ze werden daarom ook gemodelleerd als stilstaand.

De andere inputparameters in het model zijn de water- en luchttemperatuur, zonnestraling, windsnelheid en relatieve luchtvochtigheid. Deze kunnen gevonden worden in Figuur 38 en Figuur 39 in sectie 7.1 *Input thermische analyse* van de Annex.

3.3 Resultaten potentie aquathermie

Zoals eerder vermeld in sectie 3.1 *3D digital twin* is er voor elk waterlichaam de potentie aquathermie bepaald voor een variabel en vast profiel. Elk waterlichaam heeft dus twee versies resultaten. Tabel 1 geeft voor elk waterlichaam het maximale bronvermogen en de bronwarmte die jaarlijks onttrokken kan worden. De uitgebreide resultaten met grafieken per case zijn te vinden in sectie 7.2 *Resultaten thermische analyse* van de Annex.

Waterlichaam	Piek variabel (kW)	Jaarlijkse warmte variabel (GWh)	Piek vast (kW)	Jaarlijkse warmte vast (GWh)
Kanaal locatie 1	1124	3,01	507	4,44
Kanaal locatie 2	1283	3,43	578	5,06
Vijver Groeneweg-noord	591	1,55	330	2,89
Vijver Nerdijk	657	1,66	345	3,02
Vijver Hoep-noord punt 5	419	1,10	233	2,04
Vijver Hoep-noord punt 6	398	1,04	221	1,93

Tabel 1: overzicht resultaten bronpotentie waterlichamen

Het kan contra intuïtief aanvoelen dat de twee captatiepunten in het kanaal een ander resultaat hebben. Dit komt door een verschil in ontwerp van aquathermie. Bij kanaal locatie 1 werd uitgegaan van een afstand van 40 m tussen het captatie- en lozingspunt voor aquathermie. Bij kanaal locatie 2 werd 50 m tussen de twee punten aangenomen, waardoor er iets meer energie onttrokken kan worden. Als op locatie 1 ook 50m wordt aangehouden, kan daar dezelfde hoeveelheid warmte onttrokken worden. Hier wordt later in het verslag dieper op ingegaan.

Belangrijk om te duiden bij deze resultaten, is dat dit bronpotenties zijn. Dit is hetgeen het aquathermie systeem zal onttrekken aan de waterlichamen. Warmtepompen zullen de kwaliteit van de warmte nog verhogen en hierdoor energie toevoegen aan het totaal. Hoe dit werkt wordt verder uitgelegd in Figuur 51: Werking warmtepomp van de Annex. Voor Tabel 2 werd gerekend met een gemiddelde COP van 3.5. Het vaste profiel veronderstelt ook dat aquathermie in combinatie werkt met een WKO. Belangrijk hierbij is dat een WKO zichzelf voor 20% regenereert. Die 20% is extra warmte die geleverd wordt aan het warmtenet. Dit wordt in Tabel 2 daarom ook meegenomen in de jaarlijkse warmte bij een vast profiel. Deze waarde geeft weer hoeveel energie een systeem met aquathermie, met vast profiel, en WKO kunnen leveren. Het zijn de waarden van die verder gebruikt zullen worden in werkpakket 2 en voor het ontwerp van de installatie. De financiële analyse werkt wel met een variabel COP-profiel voor het elektriciteitsverbruik in te schatten.

Waterlichaam	Piek variabel (kW)	Jaarlijkse warmte variabel (GWh)	Piek vast (kW)	Jaarlijkse warmte vast (GWh)
Kanaal locatie 1	1574	4.21	710	7.46
Kanaal locatie 2	1796	4.80	809	8.50
Vijver Groeneweg-noord	827	2.17	462	4.86
Vijver Nerdijk	920	2.32	483	5.07
Vijver Hoep-noord punt 5	587	1.54	326	3.43
Vijver Hoep-noord punt 6	557	1.46	309	3.24

Tabel 2: overzicht resultaten leverbare warmte waterlichamen

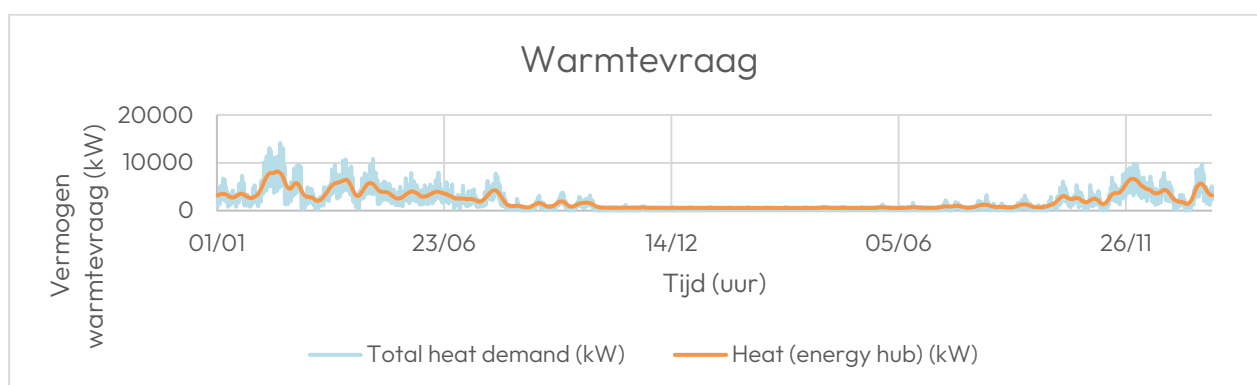
4 Werkpakket 2: Voorontwerp bronnen en warmtenet

Dit onderdeel van de studie vertrekt van de warmtevraag van de verschillende gebouwen in de verschillende clusters die gedefinieerd zijn in sectie 2 *Afbakening project* en de leverbare warmte uit de waterlichamen in combinatie met WKO die werden gegeven in Tabel 2. Het koppelen van waterlichamen aan clusters gebeurt in sectie 4.1. Op basis van de nodige vermogens wordt in sectie 4.2 een bronnenstrategie gemaakt voor de verdeling van de verschillende warmtebronnen. Met die verdeling wordt dan een voorontwerp gemaakt van de aquathermie installatie voor elke cluster in sectie 4.3. Sectie 4.4 bekijkt daarna eventuele andere bronnen van warmte naast aquathermie voor het warmtenet. Ook alle andere componenten van het warmtenet die nodig zijn om de warmte tot in de gebouwen te brengen, worden hier besproken.

4.1 Waterlichamen koppelen aan warmtevraag clusters

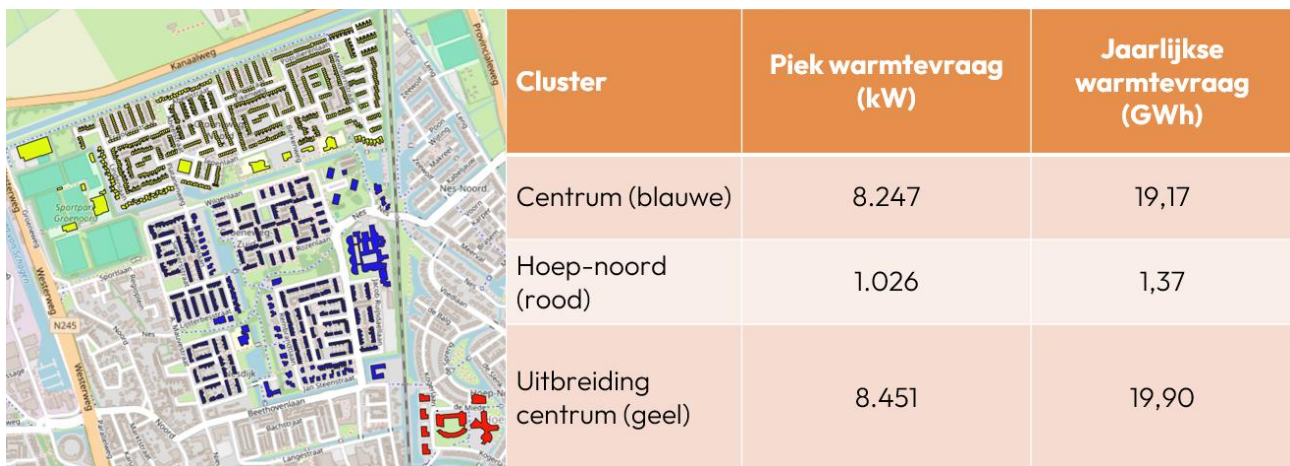
Het eerste wat moet gebeuren in dit onderdeel, is het bepalen van de warmtevraag. Voor de meeste gebouwen werd de data van de Datavoorziening Energietransitie Gebouwde Omgeving (DEGO) gebruikt. Dit is een nationale databank in Nederland die onder andere het gasverbruik van 2022 op PC6 niveau bevat. De DEGO-viewer gaat dat gasverbruik binnen het PC6 gebied verdelen over de gebouwen, op basis van oppervlakte, naar elk individueel gebouw. Voor woningen is dit een goede tool, maar voor grotere gebouwen is dit vaak een onderschatting van het verbruik. Daarom werden voor de drie Acasia appartementengebouwen en de zorgcentra Magnushof en de Bron data die de stuurgroep aanleverde gebruikt. Dit geeft de warmtevraag van elke individuele woning, maar dit houdt nog geen rekening met het warmtenet. Wanneer warmte in een net vervoerd wordt, treden er warmteverliezen op in het net. Om bronnen aan wijken te koppelen is het belangrijk om deze ook mee te nemen in de berekening.

Daarnaast heeft een warmtenet het grote voordeel van gelijktijdigheid. Dit fenomeen ontstaat doordat niet elke woning op exact hetzelfde moment een piek heeft in verwarming en sanitair warm watergebruik. Doordat dit gespreid is in de tijd, vallen pieken van individuele woningen net naast elkaar, waardoor ze elkaar niet versterken. Dit wordt uitgedrukt in een gelijktijdigheidsfactor. De gebruikte gelijktijdigheidsfactor in deze studie is 59%. Dit is een veel gebruikte waarde in studies rond warmtenetten. De totale energievraag blijft wel constant, maar de totale piek wordt dus wel kleiner in een warmtenet. Dit is zichtbaar in Figuur 6 waar het profiel van de warmtecentrale lagere pieken heeft dan de totale vraag.



Figuur 6: effect gelijktijdigheid

Figuur 7 geeft een overzicht van de warmtevraag van elke wijk bij de warmtecentrale. Samen met gegevens van Tabel 2 kunnen de waterlichamen aan clusters worden gekoppeld.



Figuur 7: Overzicht warmtevraag clusters

Als de leverbare warmte uit Tabel 2 van kanaal locatie 2 wordt opgeteld bij die van de vijvers in Groeneweg-noord en Nesdijk, dan kan een totale warmteproductie van 18,43 GWh bereikt worden. De leverbare piek is in totaal maar 1.981 kW, maar samen met een WKO kan die piek verhoogd worden tot de piek gevraagd wordt. De jaarlijkse warmtevraag van het centrum is 0,74 GWh groter dan de leverbare warmte van de drie eerder vernoemde waterlichamen. Dit valt te overbruggen met een goede bronnenstrategie, maar dit betekent wel dat het kanaal verbonden moet worden met het centrum en dat de uitbreiding niet meegenomen kan worden. De uitbreiding van het centrum zou de warmtevraag meer dan verdubbelen. Er werd daarom gekozen om deze cluster te laten vallen uit het onderzoek.

Omdat Hoep-noord een kleine cluster is, is het de bedoeling om dit netwerk met enkel aquathermie te verwarmen. Meerdere bronnen gebruiken is niet kostenefficiënt en zou ook weer extra plaats innemen. Er moet voor deze cluster daarom naar de resultaten van het variabele profiel gekeken worden. Als dan de resultaten van punten 5 en 6 in vijver Hoep-noord worden opgeteld, dan is er een maximaal leverbaar vermogen van 1.144 kW en 3,00 GWh aan warmte. Het is dus technisch mogelijk om Hoep-noord als een apart warmtenet uit te bouwen. Alle warmte wordt hier geleverd door aquathermie.

Aangezien de uitbreiding van het centrum als extra cluster technisch niet mogelijk is, kwam er ruimte vrij voor nog een extra cluster door te rekenen. In samenspraak met de stuurgroep duurzame warmte van Schagen werd een nieuwe cluster gezocht. Er werd besloten om te werken met een cluster die een beperking is van het centrum. Het opzet was om een cluster in het centrum af te bakenen waarvoor het kanaal niet nodig was als warmtebron en de twee vijvers volstaan als warmtebron. Een voorwaarde was wel dat de drie Acasia flatgebouwen en het Magnushof in deze cluster werden opgenomen. In Figuur 8 stellen de groene gebouwen de nieuwe cluster in het centrum voor en wordt het aangepaste overzicht van de warmtevraag van de drie clusters getoond.



Figuur 8: Nieuw overzicht warmtevraag clusters

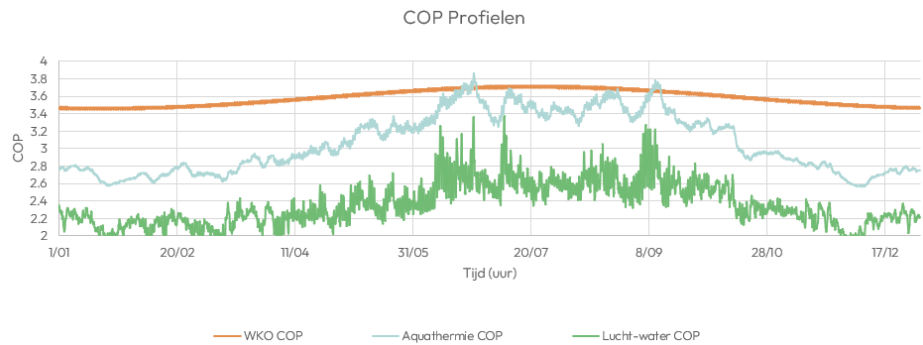
4.2 Bronnenstrategie

Zoals eerder aangegeven zullen het centrum en cluster 3 niet enkel met aquathermie verwarmd worden. Voor deze grootte van clusters wordt het interessant om aquathermie te gebruiken in een mix met WKO en centrale lucht-water warmtepompen. Het schalen van de piek van elke bron en dat de strategie om de bron te gebruiken zullen een belangrijke invloed hebben op de financiële analyse en is dus zeer belangrijk.

Zoals in sectie 4.3 verder besproken zal worden, is het aquathermie vermogen van het kanaal te groot om te werken met gesloten warmtewisselaars, want dit zou te veel obstructie creëren in het kanaal. Er zal dus gewerkt moeten worden met een open systeem dat water uit het kanaal trekt, door een warmtewisselaar stuurt en daarna terug loost in het water. Aangezien het systeem ook warmte zal onttrekken, zal het water worden afgekoeld met 3°C. Aangezien er geen interne bevriezing mag ontstaan in het systeem, wordt aquathermie uitgeschakeld bij een water temperatuur van 4°C. Op die momenten zullen de WKO en centrale lucht-water warmtepompen de warmte moeten leveren. Dit kan op momenten zijn met de piek in warmtevraag, waardoor de maximale vermogens van de WKO en lucht-water warmtepompen samen gelijk moeten zijn aan de maximale warmtevraag. Om de investeringskosten en ruimtelijke impact van de WKO te beperken, werd er gekozen om de WKO en lucht-water warmtepompen in eerste instantie elk op 50% van de maximale warmtevraag te ontwerpen. Dit wordt later verder geoptimaliseerd in functie van de financiële analyse.

Er werd daarnaast ook gekeken wat de meest efficiënte manier is om de drie bronnen in te zetten. Hier werd er voor elk uur gekeken wat de meest efficiënte bron is om te gebruiken, op basis van de COP die er in dat uur door de temperatuur verwacht kan worden. Figuur 9 toont de verschillende COP-profielen voor elke bron. Daar valt op dat de COP van de WKO relatief constant en hoog is doorheen het jaar. Dit komt doordat de temperatuur van de bodem vrij constant blijft. Op basis van deze figuur kan het lijken dat er best enkel gebruik wordt gemaakt van de WKO. Dit is echter niet waar omdat een WKO ook geregenereerd moet worden met een andere bron.

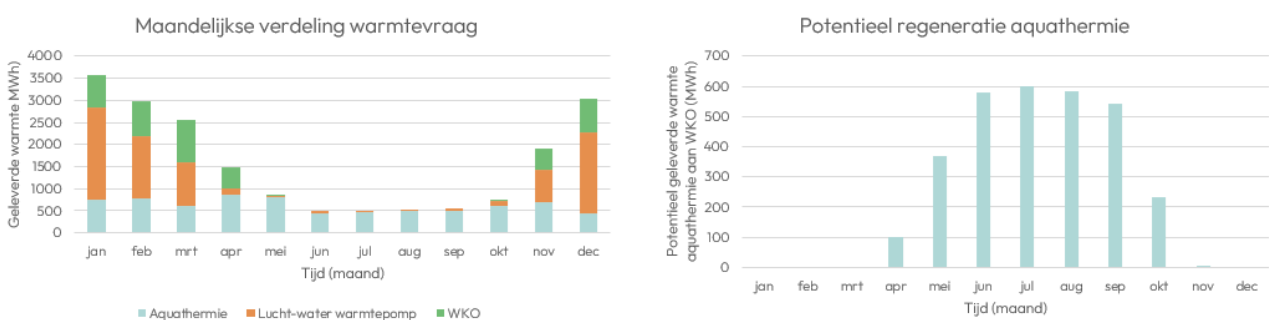
Gemiddelde COP (@65°C)	
Aquathermie	3,07
WKO	3,58
Lucht-water	2,36



Figuur 9: COP-profielen

De regeneratie van de WKO gebeurt passief met aquathermie. Dit betekent dat de aquathermie bronwarmte rechtstreeks naar de WKO gaat en niet eerst wordt opgewaardeerd door een warmtepomp. Dit is energie efficiënter, maar vereist wel dat de watertemperatuur hoger is dan de bodemtemperatuur. Hierdoor zal aquathermie vooral in de zomer gebruikt worden voor regeneratie.

Zoals eerder aangehaald werd de gedimensioneerde piek voor de WKO beperkt om de investeringskosten en ruimtelijke impact te beperken. Hierdoor zullen op bepaalde momenten de centrale lucht-water warmtepompen gebruikt moeten worden, ondanks dat ze op dat moment niet het meest efficiënt zijn. Daarnaast was er voor het centrum ook een jaarlijks te kort aan aquathermie en WKO van 0,74 GWh. Dit zal ook door de lucht-water warmtepompen opgevangen moeten worden. Meer inzetten op de WKO is geen rechtstreekse oplossing, want de energie van de WKO moet ook terug geregenereerd worden via aquathermie. Al deze afwegingen leiden tot de profielen in Figuur 10 voor het centrum. Een belangrijke opmerking bij deze grafieken is dat de linker grafiek enkel de actief geleverde warmte toont. De hoeveelheid warmte waarmee aquathermie de WKO regeneert, wordt enkel in de rechter figuur gegeven.



Figuur 10: verdeling bronnen

Voor cluster 3 ontstaan er gelijkaardige profielen, maar voor Hoep-noord zijn deze niet van toepassing. Daar zal de warmtelast altijd ingevuld worden met aquathermie. Om zeker te zijn dat de warmtepiek op elk moment vervuld kan worden, wordt er in Hoep-noord ook met thermische buffers gewerkt om warmte voor een paar uur op te slaan. Dit wordt verder toegelicht in sectie 0.

4.3 Ontwerp aquathermie

Deze sectie behandelt het ontwerp voor de vijf aquathermie punten die nodig zijn voor de diverse clusters. Dit gaat over hoe de warmte onttrokken wordt uit het water. Hoe deze warmte tot in de warmtecentrale komt, en hoe die warmtecentrale en warmtenet er voor elke cluster uitzien, wordt verder in sectie 4.4 besproken. Figuur 11 geeft een overzicht voor welke vermogens elk punt voor aquathermie ontworpen zal worden. Ook geeft het weer of er gewerkt zal worden met een open of gesloten systeem. De combinaties van clusters en aquathermie punten zijn:

- Cluster Centrum (blauwe en groene gebouwen) met punten A, B en C
- Cluster Hoep-noord (Rode gebouwen) met punten D en E
- Cluster 3 (groene gebouwen) met punten B en C.



Aquathermie punt	Piek ontwerp (kW)	Type systeem
A: Kanaal	578	Open
B: Vijver Groeneweg-noord	330	Gesloten
C: Vijver Nesdijk	345	Gesloten
D: Vijver Hoep-noord punt 5	419	Gesloten
E: Vijver Hoep-noord punt 6	398	Gesloten

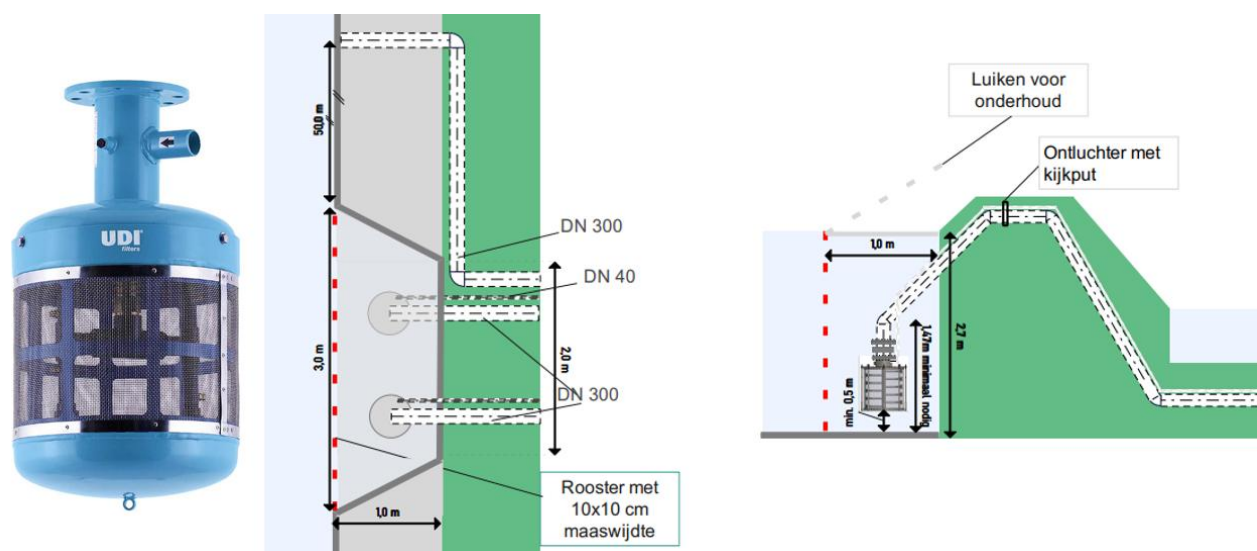
Figuur 11: Overzicht punten aquathermie installatie

Zoals eerder vermeld wordt er in het kanaal gewerkt met een open systeem en niet met een gesloten systeem. Met een gesloten systeem worden warmtewisselaars rechtstreeks in het water gelegd. Omdat er dan geen water direct in het systeem wordt opgenomen, is er geen nood aan filtersystemen en kan een antivriesmiddel zoals glycol gebruikt worden om zelfs bij vriestemperaturen warmte te kunnen leveren. Het nadeel van een gesloten systeem is dat het bij grote vermogens veel plaats inneemt in het waterlichaam. Aangezien er (plezier)vaart aanwezig is op het kanaal en dat boten aanmeren op de plaats voor aquathermie, is een gesloten systeem in het kanaal geen optie. Een veel gebruikte grens tussen open en gesloten systemen is 500 kW aan bronvermogen. Onder die grens zijn gesloten systemen kostenefficiënter en vaak ook iets energetisch performanter. Bij kleine systemen gaat de extra energie voor de pomp en filters zwaarder doorwegen. Bij een groot bronvermogen is dit in verhouding beperkter.

4.3.1 A: Kanaal locatie 1

Bij een open systeem wordt er geen warmtewisselaar rechtstreeks in het water geplaatst. De warmtewisselaar staat bij een open systeem in een technische ruimte/pompgebouw op het droge. In het water worden er korffilters geplaatst in het water. Dit zijn cilindervormige filters die de grotere

deeltjes (tot 1.200 micron) uit het leidingsysteem houden. Het ontwerp gaat uit van een zelfreinigende filter. Dit wil zeggen dat de filter instaat is om een stuk van het gefilterde water onder hoge druk terug over het gaas te sturen zodat het vuil terug loskomt. Er werd ook gekozen om niet één grote filter te plaatsen, maar om te werken met twee kleinere filters. Zo wordt er redundantie gecreëerd en wordt de kans kleiner dat er helemaal geen aquathermie meer is door een defect. Om de ruimtelijke impact zo klein mogelijk te houden, worden de korffilters weggewerkt onder een inham in de kade. Deze inham is in het water afgeschermd met een rooster met 10x10 cm maaswijdte. Langs de bovenkant wordt de inham afgewerkt met een luik. Hierdoor is de inham niet zichtbaar op de kade, maar nog wel bereikbaar voor onderhoud. De inham moet minimaal 1 m breed zijn en minimaal 1,47 m diep zijn, zoals te zien is op Figuur 12 en verder wordt beschreven in sectie 7.3. Bijlage 1 *Open systeem kanaal* bevat het ontwerp ook in meer detail. Tabel 3 en Tabel 4 bevatten de specificaties van de verschillende componenten van dit deel van de installatie.



Figuur 12: Installatie korffilter open systeem

Leidingen	
Materiaal	Kunststof HDPE – niet geïsoleerd
Diameters	DN 300 voor aanvoer- en retourleiding DN 40 voor de spoelleiding

Tabel 3: Specificatie leiding kanaal - pompgebouw

(2) Korffilter	
Materiaal	Polyester gecoat staal met rvs-filterscherm
Afmetingen	Hoogte: 770 mm Diameter: 508 mm
Filtergrootte	1.200 micron
Debiet	86 m ³ /h

Tabel 4: Specificatie korffilter

Het water wordt door een centrifugaalpomp opgepompt door de korffilter naar het pompgebouw. Daar gaat het water eerst door een fijn filter waarna het door een platenwarmtewisselaar loopt. Om een lange levensduur te garanderen, wordt een titanium wisselaar gebruikt. De fijn filter en warmtewisselaar worden net zoals de korffilter ontdubbelt om redundantie in het systeem te creëren. Deze warmtewisselaar geeft de warmte af aan een bronnet dat het naar de warmtecentrale stuurt, zoals verder besproken zal worden in sectie 4.4. Al deze componenten staan in een pompgebouw dat dicht bij het kanaal staat zoals te zien is in sectie 4.4. Sectie 7.3 van de annex geeft ook hier weer extra informatie over deze installatie.

Figuur 13 geeft een indicatieve voorstelling van de verschillende componenten in het pompgebouw. De specificaties worden gegeven in Tabel 5, Tabel 6 en Tabel 7. Om al deze componenten goed te kunnen plaatsen en onderhouden, heeft het pompgebouw nood aan een grondoppervlak van 21 m op 11 m.



Figuur 13: componenten pompgebouw

Pomp	
Type	Centrifugaalpomp van 7,5kW
Materiaal	Gietijzer
Afmetingen (l x b x h)	46,9 x 27,3 x 34,0 cm

Tabel 5: Specificatie pomp - pompgebouw

(2) Fijn filter	
Materiaal	Kunststof
Afmetingen (l x b x h)	0,633m x 0,505m x 1,97m
Reiniging	Filter moet instaat zijn om zichzelf tijdens operatie te kunnen spoelen/kuisen. Dit kan met een borstel en nozzle systeem → als de druk (vervuiling) te groot wordt gaat dit systeem geactiveerd worden en de filter reinigen.
Filtergrootte	100 - 200 micron voor 86 m ³ /h

Tabel 6: Specificatie fijn filter - pompgebouw

(2) Warmtewisselaar	
Materiaal	Titanium
Afmetingen (l x b x h)	9,25m x 5,73m x 2,30m
Vermogen	300 kW – 86 m ³ /h

Tabel 7: Specificatie warmtewisselaar – pompgebouw

4.3.2 B: Vijver Groeneweg-noord en C: Vijver Nesdijk

Omdat beide vijvers in het centrum een gelijkaardig vermogen hebben, zullen hun installaties identiek zijn. Ze worden ook samen gebruikt in de clusters Centrum en 3 en worden daarom samen besproken.

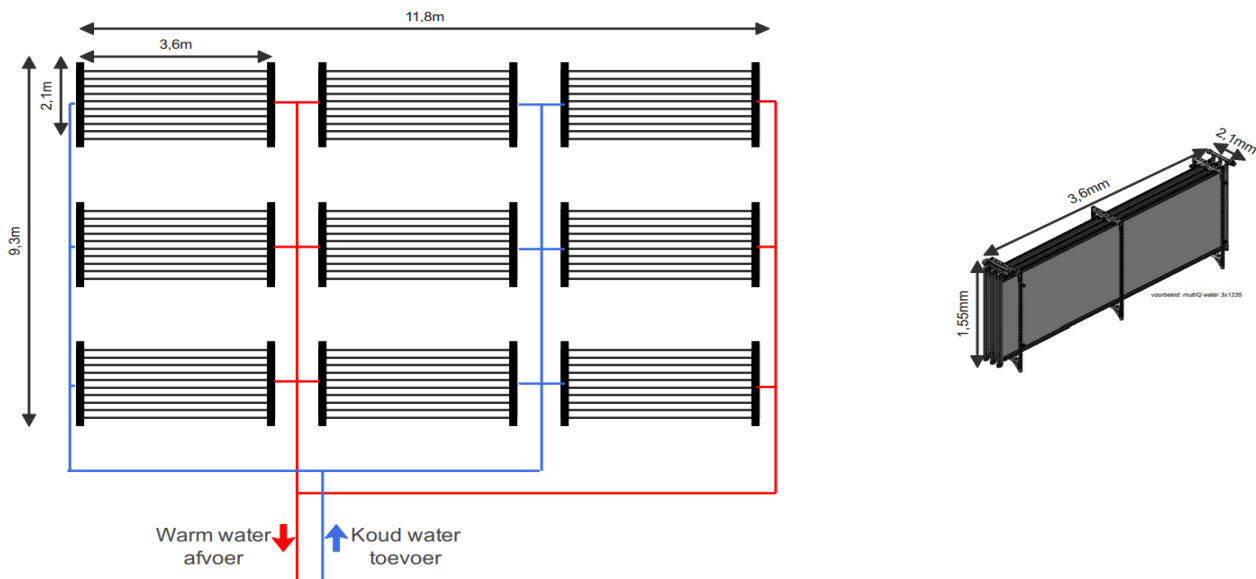
Zoals eerder vermeld zal er in de vijvers gebruik worden gemaakt van gesloten systemen. Deze hebben meer plaats in het water nodig dan een open systeem, maar de nood voor filters en pompgebouwen valt weg.

De verschillende vijvers hebben een diepte van 1,70m. Daarom ging het ontwerp uit van warmtewisselaars die maximaal 1,55m hoog zijn. Zoals te zien is in Tabel 8, zijn er dan negen kunststoffen warmtewisselaars nodig. Er werd gekozen voor kunststof, omdat deze zeer goed bestand zijn tegen verschillende waterkwaliteiten en goedkoper zijn dan rvs-warmtewisselaars.

Warmtewisselaar	
Materiaal	Kunststof met RVS metalen frame
Afmetingen (l x b x h)	3,6m x 2,1m x 1,55m
Vermogen	9 x 39 kW

Tabel 8: Specificatie warmtewisselaars vijvers centrum

Zoals te zien is in Figuur 14 zouden negen warmtewisselaars een totale lengte van 11,8 m hebben en een breedte van 9,3 m. Deze figuur is ook terug te vinden als bijlage 3 *Gesloten systeem vijvers centrum*. Deze installatie komt in de vijver Groeneweg-noord en Nesdijk. De twee vijvers hebben samen dus achttien warmtewisselaars.



Figuur 14: Opstelling warmtewisselaars vijvers Groeneweg-noord en Nesdijk

De afmetingen van de installatie kunnen afschrikken, maar zoals te zien is in Figuur 15 is het een relatief kleine installatie in vergelijking met de vijver. Zoals eerder beschreven, heeft deze installatie geen nood aan een apart pompgebouw met extra filtering. Hierdoor kunnen de toe- en afvoerleidingen rechtstreeks naar de warmtecentrale gaan.



Figuur 15: Ruimtelijke inpassing warmtewisselaars Groeneweg-noord

4.3.3 D: Vijver Hoep-noord punt 5 en punt 6

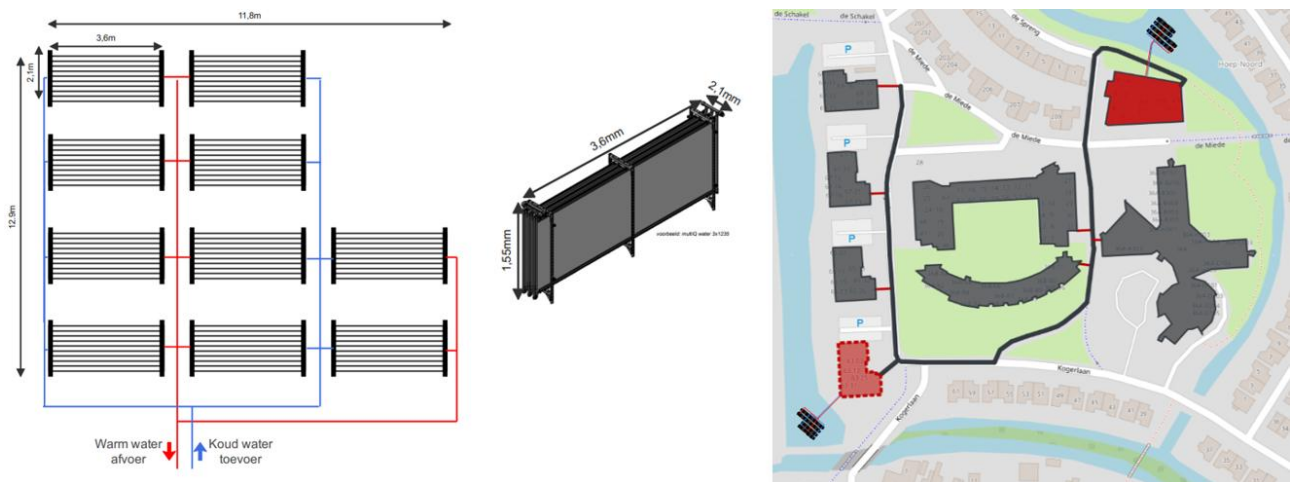
Ook in de vijvers bij Hoep-noord wordt er gewerkt met een gesloten systeem. Aangezien aquathermie de enige warmtebron van deze cluster wordt, is het cruciaal dat die altijd beschikbaar is. Zoals eerder vermeld kan een open systeem dit niet garanderen, doordat een open systeem niet kan werken bij temperaturen onder een bepaalde kritische temperatuur om interne bevrozing te voorkomen.

Het systeem in de Hoep-noord zal ook werken zonder WKO en zal daarom ontworpen worden op de piek bij een variabel profiel. Net zoals de waterlichamen in het centrum zijn de waterlichamen in Hoep-noord 1,7 m diep. Het design gebruikt daarom dezelfde types warmtewisselaars als in de vijvers in het centrum. De specificaties worden weergegeven in Tabel 9.

Warmtewisselaar	
Materiaal	Kunststof met RVS metalen frame
Afmetingen (l x b x h)	3,6m x 2,1m x 1,55m
Vermogen	10 x 39 kW

Tabel 9: Specificatie warmtewisselaars vijvers Hoep-noord

De opstelling van de tien warmtewisselaars in elke vijver is zichtbaar in Figuur 16. Deze figuur toont ook de ruimtelijke impact van de installatie, die ook hier gering is. Deze figuren zijn in meer detail te zien in bijlage 2 *Gesloten systeem vijvers Hoep-noord*.



Figuur 16: Opstelling warmtewisselaars vijvers Hoep-noord

4.4 Ontwerp overige bronnen en warmtenet

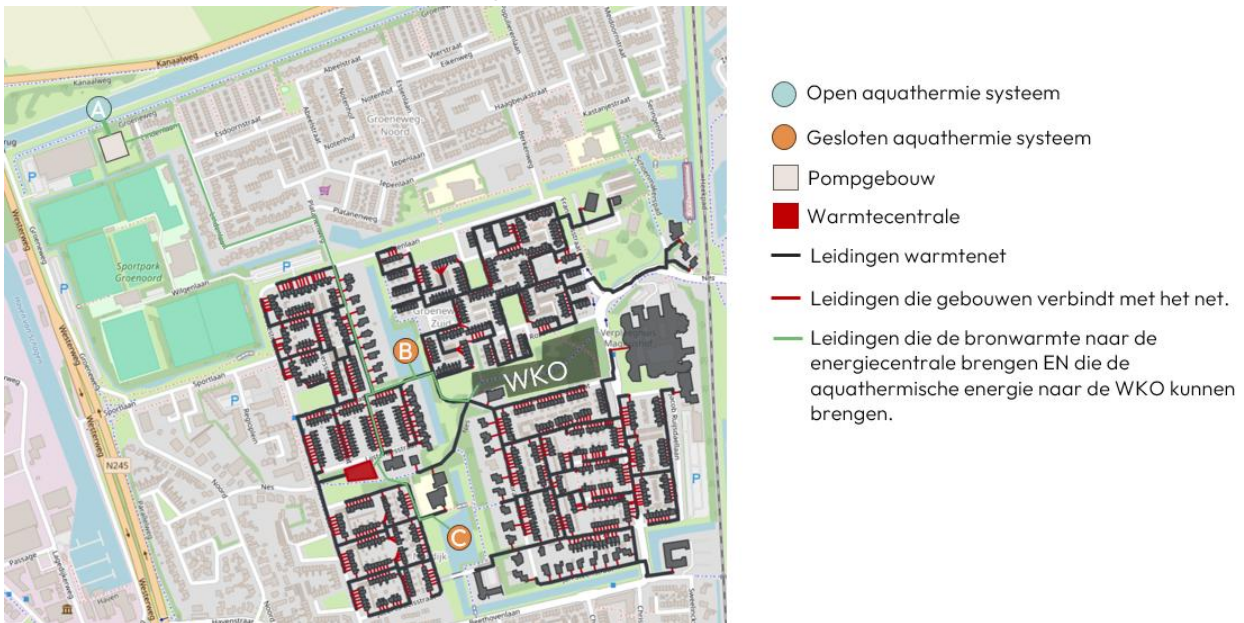
Dit onderdeel bespreekt hoe de energie die gewonnen werd via aquathermie naar de warmtecentrale gaat en hoe die via warmtepompen opgekrikt wordt voor het warmtenet. Ook bespreekt deze sectie de andere bronnen die aanwezig zijn in een cluster en de leidingen die het warmtenet zullen vormen. Dit is zeer specifiek per cluster en zal daarom ook apart besproken worden.

Dit onderdeel bespreekt niet de investerings- en gebruikskosten van alle componenten. Dit wordt besproken in sectie 0 *Werkpakket 3: Businesscase*. Tijdens de studie gebeurden werkpakketten 2 en 3 wel parallel en iteratief, zodat het ontwerp wel de financieel beste oplossing kon gebruiken.

De combinatie van centrale warmtepompen per technologie en buffervaten hangt ook af van het type warmtenet, MT of ZLT, en of er een vaste of variabele elektriciteitsprijs is. Er ontstaan zo 4 scenario's per cluster, die elk tot een andere combinatie van warmtepompen en buffers zal leiden.

4.4.1 Cluster centrum

Zoals eerder besproken zal het centrum het open aquathermie in het kanaal en de gesloten aquathermie systemen in de vijvers in het centrum gebruiken. Daarnaast wordt er ook gebruik gemaakt van een WKO. Deze vier bronnen van warmte moeten verbonden worden met de warmtecentrale. Dit gebeurt via een bronnet. De temperaturen in dit net zijn nog niet verhoogd door warmtepompen, waardoor de leidingen niet geïsoleerd hoeven te worden. Dat verlaagt de kost van de leidingen aanzienlijk, maar door de lage temperaturen in dit bronnet kan er eventueel vriesschade ontstaan in de leidingen. Daarom worden deze leidingen best gevuld met een $\pm 20\%$ glycol of ethanol oplossing om dit te voorkomen. Dit bronnet wordt in Figuur 17 in het groen aangeduid. Een belangrijke opmerking bij dit bronnet is dat dit ook de waterlichamen met de WKO verbindt. Zo kunnen de waterlichamen de WKO regenereren in de zomer.



Figuur 17: Schematische voorstelling warmtenet cluster Centrum

Op basis van de vermogens aquathermie, moet het bronnet uit DN 300 bestaan. Voor de WKO werd op basis van het debiet in de WKO de inschatting van DN 400 leidingen tussen de WKO en warmtecentrale gemaakt. Tabel 10 geeft de totale lengte van de leidingen in het bronnet. Deze tabel is dus wel indicatief door de WKO en moet dus een onderdeel zijn van een verder detailontwerp. Het bronnet wordt vaak gemaakt uit niet-geïsoleerde HDPE-leidingen, maar andere kunststoffen zijn ook mogelijk.

Bronnet leidingen cluster Centrum	
Diameter	Lengte (m)
DN 400	375
DN 300	1.230

Tabel 10: Bronnet leidingen cluster Centrum

In de warmtecentrale wordt de temperatuur verhoogd naar 65°C in een MT-net en naar 15°C voor een ZLT-net. Door dit verschil zullen de warmtenetten ook verschillen in materiaal en diameters. Een ZTL-net bestaat ook uit niet-geïsoleerde leidingen, maar heeft door de hogere temperaturen geen nood aan antivries in de leidingen. Bij een ZLT-net is de retourtemperatuur 5°C, waardoor er een delta T van 10°C is. Bij een MT-net is de retourtemperatuur 35°C. Door dit 30°C temperatuurverschil kan er met een kleiner debiet, en dus kleinere leidingdiameter, eenzelfde hoeveelheid energie getransporteerd worden. Door de hogere temperatuur is er ook geen nood aan antivries in het net en volstaat water in het MT-net. Deze leidingen moeten wel geïsoleerd worden en worden niet in kunststof uitgevoerd, maar in staal. Tabel 11 geeft een overzicht van alle leidingen die gebruikt worden in de warmtenetten.

Warmtenet leidingen cluster Centrum		
Diameter	Lengte geïsoleerde MT-leidingen (m)	Lengte niet-geïsoleerde ZLT-leidingen (m)
DN 400	0	622
DN 315	0	277
DN 280	0	128
DN 250	622	191
DN 225	0	572
DN 200	277	619
DN 180	0	205
DN 150	498	526
DN 125	944	416
DN 110	0	940
DN 100	497	497
DN 90	0	930
DN 80	439	842
DN 65	947	919
DN 50	996	913
DN 40	632	8.862
DN 32	1.317	0
DN 25	9.793	0

Tabel 11: Overzicht leidingen warmtenet cluster Centrum

Er is ook een verschil tussen een MT- en ZLT-net in de manier waarop ze het warmtenet binnenbrengen bij de gebouwen. Bij een MT-net is de geleverde warmte al op 65°C, waardoor het meteen bruikbaar is. Er wordt hier gewerkt met een afgiftestation dat de warmte aan het sanitair warmwater en centrale verwarming systeem geeft. Bij een ZLT-net sluit het warmtenet aan op een

water-water booster warmtepomp. Die gaat de 15°C van het bronnet verder opkrikken naar de benodigde temperatuur. Dit is dan ook het grote voordeel van een ZLT-net. Elke gebruiker kan de temperatuur verhogen naar de temperatuur die nodig is voor dat specifieke gebouw. Als dit gebouw goed geïsoleerd is kan 50°C of zelfs 35°C volstaan voor de centrale verwarming.

Het enige onderdeel dat nog niet specifiek besproken werd, is de warmtecentrale. De warmtecentrale wordt in het rood aangeduid in Figuur 17. Deze warmtecentrale omvat de verschillende warmtepompen en de buffervaten. Deze buffervaten staan tussen de warmtepomp en het warmtenet. Ze werken dus niet op de brontemperaturen, maar op de temperaturen van het warmtenet. Dit is dan ook geen seizoen buffer, maar een buffer die energie voor een paar uur kan opslaan. Wanneer alle bronnen altijd aanwezig kunnen zijn, is dit niet meteen handig. Het kan eventueel dienen om de pieken voor het ontwerp van de bronnen te verkleinen, maar financieel is dit zelden interessant. Deze buffer wordt pas interessant als er duurdere en goedkopere momenten zijn om warmte te produceren. Voor een stuk is dit al het geval door temperatuurschommelingen in de bronnen. Die zorgen ervoor dat het efficiënter, en dus goedkoper, is om bijvoorbeeld overdag warmte te maken voor een koude nacht. Net zoals het limiteren van de pieken is de mogelijke financiële besparing vaak niet groot genoeg om de extra kost van de buffer te dekken.

De buffer wordt wel interessant wanneer er variabele stroomprijzen zijn. Hierdoor is er wel een duidelijk financieel voordeel om toch te investeren in de buffer. Er kan dan extra warmte geproduceerd worden op momenten met lage stroomprijzen die dan gebruikt kan worden op momenten met hoge stroomprijzen. Met het verduurzamen van de elektriciteitsproductie wordt dit ook belangrijk. Het is zo mogelijk om de warmteproductie te laten samenvallen met momenten met veel wind en zon, om dan momenten met weinig wind en zon op te vangen. Er komen zelfs momenten met negatieve stroomprijzen. Hierdoor wordt het zelfs financieel voordelig om zo veel mogelijk elektriciteit te verbruiken door minder efficiënte bronnen in te schakelen. Dit zal leiden tot grotere lucht-water warmtepompen, ten koste van de WKO zoals te zien is in Tabel 12. Dit kan contraproductief aanvoelen in een verhaal rond verduurzaming, maar de stroomprijs is negatief door zeer veel zon- en windenergie. De CO₂ impact van deze stroom is dus gering. Toch moet hier een wel overwogen beslissing over gemaakt worden. Het kan zijn dat deze negatieve prijzen een tijdelijk fenomeen zijn en dat de elektriciteitsmarkt hier in de toekomst beter op gaat reageren.

	MT Constante stroomprijs	MT Variabele stroomprijs	ZLT Constante stroomprijs	ZLT Variabele stroomprijs
Aquathermie bron (kW)	1.253	1.253	1.253	1.253
Aquathermie WP (kW)	1.916	1.913	610	615
WKO-bron (kW)	5.241	4.961	3.824	3.824
WKO WP (kW)	7.160	6.778	4.589	4.589
LW WP (kW)	2.004	2.760	452	452
Buffer (m ³)	0	150	0	150

Tabel 12: Combinatie bronnen en buffer cluster Centrum

Tabel 12 toont voor aquathermie en de WKO altijd het bronvermogen en het vermogen van de warmtepomp (WP). Zoals in sectie 3.3 Resultaten potentie aquathermie werd uitgelegd, zal de

warmtepomp nog extra energie toevoegen aan de bronwarmte om het naar een hogere temperatuur te krijgen. Hierdoor verhoogd ook het totale vermogen dat geleverd kan worden. Bij lucht-water warmtepompen (LW WP) is er geen opsplitsing tussen bron en warmtepomp zoals bij aquathermie en WKO. Het vermogen is meteen voor de afgifte.

Bij de ZLT-scenario's zijn de bronvermogens aquathermie groter dan de vermogens bij de warmtepomp. Dit komt doordat aquathermie niet enkel actief warmte levert via de warmtepomp, maar ook passief warmte levert aan de WKO voor regeneratie. Doordat dit passief gebeurt, komt de aquathermie warmtepomp niet tussen in dit proces en moet het vermogen dus ook niet groter worden. De piek van het bronvermogen aquathermie ligt voor deze scenario's dus bij de regeneratie in de zomer, en niet bij de actieve warmtelevering zoals bij de MT-scenario's.

Voor de gevraagde WKO-bronvermogens zijn er minstens twee captatie- en twee lozingspunten nodig. Een captatie- en lozingspunt moeten hier best op ongeveer 250 m afstand van elkaar liggen. Tussen twee captatiepunten moet een afstand van 20 m liggen. Dit wordt voorgesteld in Figuur 18.



Figuur 18: WKO-opstelling

4.4.2 Cluster Hoep-noord

De cluster in Hoep-noord is iets eenvoudiger. Er zijn minder gebouwen om te verbinden met het warmtenet en er is vooral geen mix van bronnen en de waterlichamen liggen vlak naast de cluster. Omdat dit een kleinere cluster is, gaat het ontwerp ervan uit dat de warmtepompen en eventuele buffers in bestaande gebouwen gepast kunnen worden. Zoals in Figuur 19 getoond wordt, is er niet echt sprake van een bronnet in deze opstelling.



- Gesloten aquathermie systeem
- Warmtecentrale
- Leidingen warmtenet
- Leidingen die gebouwen verbindt met het net.
- Leidingen die de bronwarmte naar de warmtecentrale brengen

Figuur 19: Schematische voorstelling warmtenet cluster Hoep-noord

Het warmtenet zelf is ook eerder beperkt. Ook in deze cluster wordt een MT- en ZLT-net met elkaar vergeleken. De specificaties van de leidingen blijven dezelfde als in sectie 4.4.1 Cluster centrum en worden hier dus niet terug herhaald. Het overzicht met de leidingen voor het warmtenet wordt gegeven in Tabel 13.

Warmtenet leidingen cluster Hoep-noord		
Diameter	Lengte geïsoleerde MT-leidingen (m)	Lengte niet-geïsoleerde ZLT-leidingen (m)
DN 125	0	6
DN 100	168	339
DN 80	177	0
DN 50	0	8
DN 40	8	42
DN 32	97	55
DN 25	104	104

Tabel 13: Overzicht leidingen warmtenet cluster Hoep-noord

Ook voor deze cluster werd er een optimale combinatie van warmtepompen en buffers gezocht voor het MT- en ZLT-net, zowel voor een constante en variabele stroomprijs. Deze resultaten worden weergegeven in Tabel 14.

	MT Constante stroomprijs	MT Variabele stroomprijs	ZLT Constante stroomprijs	ZLT Variabele stroomprijs
Aquathermie bron (kW)	705	704	565	565
Aquathermie WP (kW)	1.026	1.026	678	678
WKO bron (kW)	0	0	0	0
WKO WP (kW)	0	0	0	0
LW WP (kW)	0	0	0	0
Buffer (m ³)	41	200	7	486

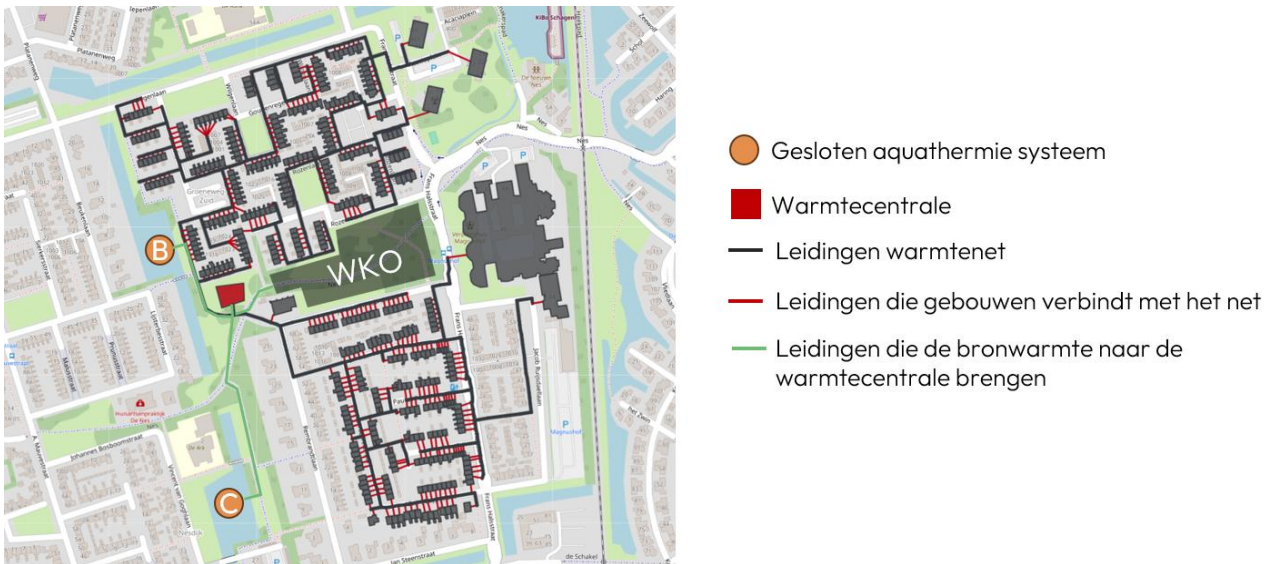
Tabel 14: Combinatie bronnen en buffer cluster Hoep-noord

Een belangrijk verschil met de andere clusters is dat aquathermie de enige bron is in Hoep-noord. Om te kunnen garanderen dat de warmtevraag op elk moment kan worden ingevuld met

aquathermie, wordt er hier altijd een buffer ingezet. Dit is vooral nodig als de gevraagde piek te lang duurt of te snel na elkaar komt. Het water heeft dan geen tijd om te recupereren en zou dan te veel afkoelen. De buffer voorkomt dit.

4.4.3 Cluster 3

De laatste cluster heeft gelijkenissen met de eerste cluster. Een groot verschil is dat het kanaal nu niet verbonden is met het warmtenet. Daardoor verkleint het bronnet significant, zoals Figuur 20 toont. Ter herinnering, het was enkel mogelijk om het kanaal uit te sluiten als het aantal gebouwen, en dus de energievraag, werd beperkt. De prioriteit werd gegeven aan het Magnushof en de drie Acasia flatgebouwen. Daarna werden woningen rond deze prioriteiten toegevoegd totdat het maximale vermogen van de vijvers benut werd. Figuur 20 toont ook welke gebouwen nog meegenomen worden in deze cluster.



Figuur 20: Schematische voorstelling warmtenet cluster 3

De totale afstanden van het bronnet zijn nu veel beperkter. Dit zal in de financiële analyse een positieve impact hebben, omdat dit de investeringskosten van de bronnen significant beperkter. Tabel 15 geeft het overzicht van de nodige leidingen. Deze zijn opnieuw indicatief door het ontwerp van de WKO.

Bronnet leidingen cluster 3	
Diameter	Lengte (m)
DN 400	60
DN 300	429

Tabel 15: Bronnet leidingen cluster 3

Tabel 16 geeft een overzicht van de leidingen die nodig zijn voor het MT- en ZLT-warmtenet. Deze tabel is vrij gelijkaardig aan de tabel van cluster Centrum en heeft dan ook dezelfde opmerkingen.

Warmtenet leidingen cluster 3		
Diameter	Lengte geïsoleerde MT-leidingen (m)	Lengte niet-geïsoleerde ZLT-leidingen (m)
DN 355	0	17
DN 280	0	265
DN 250	0	471
DN 225	0	274
DN 200	74	253
DN 180	0	131
DN 150	676	378
DN 125	491	246
DN 100	320	351
DN 90	0	335
DN 80	314	0
DN 75	0	415
DN 65	421	390
DN 50	326	387
DN 40	299	3.957
DN 32	603	0
DN 25	4.343	0

Tabel 16: Overzicht leidingen warmtenet cluster 3

Ook in de laatste cluster werd een optimale combinatie van bronnen gezocht voor de scenario's met MT- en ZLT-netten en een variabele en constante stroomprijs. De resultaten in Tabel 17 zijn vergelijkbaar met die voor het hele centrum, maar nu kleiner omdat er minder gebouwen in de cluster zijn.

	MT Constante stroomprijs	MT Variabele stroomprijs	ZLT Constante stroomprijs	ZLT Variabele stroomprijs
Aquathermie bron (kW)	675	675	675	675
Aquathermie WP (kW)	163	305	146	176
WKO-bron (kW)	2.589	2.309	1.936	1.912
WKO WP (kW)	3.544	3.158	2.323	2.294
LW WP (kW)	1.628	1.976	452	452
Buffer (m ³)	0	150	0	150

Tabel 17: Combinatie bronnen en buffer cluster 3

De opstelling voor de WKO blijft ook gelijkaardig aan Figuur 18. Bij een detail ontwerp kan dit wel verder geoptimaliseerd worden op het exacte bronvermogen.

5 Werkpakket 3: Businesscase

Op basis van de gemaakte voorontwerpen en bronverdeling wordt er een analyse van de gemaakte investeringskosten (CAPEX) en operationele kosten (OPEX) gemaakt voor de verschillende MT- en ZLT-scenario's in elke cluster. Op basis van deze kosten wordt er een businesscase gemaakt uit het punt van een warmtebedrijf.

Dit warmtebedrijf is een organisatie die het collectieve deel van het warmtenet gaat bouwen en uitbaten. Deze maatschappij moet sinds 2026, door de Wet Collectieve Warmte, voor minstens de helft in handen komen van de lokale overheid. Die lokale overheid kan ervoor kiezen om dit alleen te doen, maar vaak wordt er met een professionele en ervaren partner samengewerkt. De keuze van partner bepaald mee wat de gewenste winstgevendheid van een warmtenet is.

Zoals in de eerdere werkpakketten werd aangehaald wordt er in elke cluster gekeken naar een MT- en ZLT-warmtenet. Deze netten verschillen niet enkel technisch, maar ook in hun financiële structuur. Sectie 5.1 *Financiële structuur MT- en ZLT-warmtenet* gaat dieper in op wat deze verschillen zijn, wie de verschillende kosten draagt en waar eventuele inkomsten vandaan komen. Met de randvoorwaarden van sectie 5.2 wordt in sectie 5.3 de businesscase voor elke cluster gemaakt. Hier worden dus ook de verschillende CAPEX- en OPEX-resultaten van elk scenario besproken en wordt duidelijk hoe winstgevend een bepaald scenario is voor een toekomstig warmtebedrijf. In sectie 5.4 wordt dan finaal gekeken wat de financiële gevolgen zijn voor een gemiddelde eindgebruiker van de verschillende opties.

5.1 Financiële structuur MT- en ZLT-warmtenet

Zoals eerder werd uitgeklaard, zijn de grote verschillen tussen een MT- en ZLT-net de temperatuur in het net en de plaats van de warmtepompen.

Bij een MT-net staan alle warmtepompen op één plaats. Dat is de warmtecentrale waar de temperatuur van het warmtenet op 65°C wordt gehouden. Deze 65°C wordt dan via het net naar de gebouwen gebracht. Aangezien de warmte al een temperatuur heeft van 65°C, kan de eindgebruiker meteen gebruik maken van deze warmte. De uitbater van het warmtenet biedt hier dus niet enkel het warmtenet als bron aan, maar levert ook effectief warmte.

In een ZLT-net zijn er ook warmtepomp in een warmtecentrale, maar die brengen de temperatuur maar op 15°C in het net. De eindgebruiker moet dus zelf nog een booster warmtepomp installeren om die 15°C naar een gewenste temperatuur te brengen. Het ZLT-net dient dus als een bron voor de booster warmtepomp. De booster warmtepomp levert hier de warmte aan het gebouw en niet het ZLT-net.

Dit verschil in gebruik zorgt ervoor dat de kostenstructuur ook anders is bij de twee warmtenetten. Voor de twee warmtenetten moet er een investeringskost betaald worden. Bij een MT-net is dit een kost die betaald wordt aan de warmtemaatschappij voor de afgifteset en connectie met het

warmtenet. Bij een ZLT-net is dit de kost voor de booster warmtepomp. Het kan zijn dat deze aankoop via de warmtemaatschappij verloopt, maar het kan ook individueel.

Daarnaast zijn er nog de effectieve gebruikskosten. Voor beide netten is er een jaarlijkse vaste kost voor gebruik te kunnen/mogen maken van het net. Bij een MT-net wordt er effectief warmte geleverd en dus verkocht. Hierdoor vraagt het warmtebedrijf nog een extra prijs per gebruikte kWh uur warmte bij. Bij een ZLT-net kan dit niet gevraagd worden, want er wordt geen warmte geleverd door het net. Zoals sectie 5.4 zal aantonen is er ook hier een kost per kWh voor de eindgebruiker, namelijk de elektriciteitskost van de booster warmtepomp. Dit wordt door de eindgebruiker betaald aan de elektriciteitsleverancier en niet aan het warmtebedrijf.

Doordat de enige jaarlijkse inkomsten voor een ZLT-net uitbater komen uit de jaarlijkse vaste vergoeding, wordt dit ook een totaal andere businesscase ten opzichte van een MT-net.

5.2 Randvoorwaarden

Deze sectie bespreekt de randvoorwaarden die gebruikt zijn om voor de technische concepten de financiële analyse te maken. De waarden van alle parameters staan beschreven in 7.4 *Randvoorwaarden businesscase* van de Annex. De betekenis en keuzes van bepaalde parameters worden hier wel verder besproken.

Op basis van eerdere projecten, werd er geopteerd om een termijn van 30 jaar te gebruiken om de businesscase te evalueren. Deze termijn is ideaal om de CAPEX, OPEX en opbrengsten met elkaar te vergelijken. De herinvesteringen die in deze periode gemaakt moeten worden, zijn ook meegenomen in de analyse. Er wordt een gemiddelde jaarlijkse inflatie van 2% aangenomen. Dit kan voor bepaalde jaren wel afwijken, maar zal zichzelf wel corrigeren naar dit gemiddelde over een periode van 30 jaar. Dit gemiddelde wordt ook gehanteerd door verschillende financiële instanties zoals de ECB.

Zoals besproken in sectie 5.1 zijn er bepaalde tarieven die een warmtebedrijf mag aanrekenen aan een eindgebruiker. De maximale bedragen voor deze tarieven worden in Nederland jaarlijks bepaald door de Autoriteit Consument & Markt (ACM). In 2025 bepaalde de ACM dat een eindgebruiker maximaal € 5.000 mag aangerekend worden om aan te sluiten op een warmtenet via een afgifteset. Deze prijs is vooral van toepassing op een MT-net. Bij een ZLT-net is er geen echte afgifteset, maar gaat de eindgebruiker zelf investeren in een booster warmtepomp. Daarnaast mag er, zowel voor MT- als ZLT-netten, jaarlijks een maximale vaste bijdrage van € 600 vragen om gebruik te maken van het net.

Daarnaast is er ook een maximale warmteprijs die elk jaar bepaald wordt. Uit eerdere ervaringen blijkt dat deze prijs te hoog is om mensen te overtuigen om aan te sluiten op een warmtenet. De simulatie rekent daarom met een warmteprijs die slechts 90% is van de ACM-warmteprijs. Dat komt neer op een warmteprijs van 0,142 €/kWh. Zoals eerder vermeld is deze prijs enkel van toepassing op MT-warmtenetten. Bij een ZLT-net mag een warmtebedrijf geen warmteprijs vragen.

De éénmalige aansluitkost, jaarlijkse vaste kost en warmteprijs zijn inkomsten voor het warmtebedrijf. Ze duwen de winstgevendheid van een businesscase omhoog. Er zijn natuurlijk ook kosten voor het warmtebedrijf. Figuur 56: Algemene randvoorwaarden in de Annex geeft een overzicht van alle investeringskosten per kW en per meter voor de verschillende technologieën alsook de jaarlijkse onderhoudskosten voor de verschillende componenten.

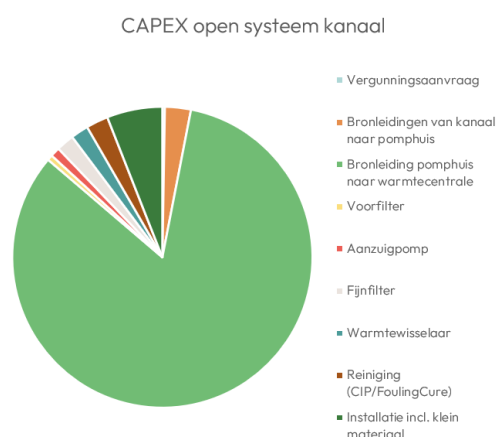
Als er specifiek gekeken wordt naar de CAPEX voor de verschillende aquathermie configuraties voor elke cluster, dan toont Tabel 18 dat de investeringskost voor het Centrum significant hoger is dan de andere twee clusters. Dit komt hoofdzakelijk door het kanaal.

Cluster	Aquathermie bron CAPEX
Centrum	€ 1.875.968 (kanaal) + € 380.200 (vijvers) = € 2.256.168
Hoep-noord	€ 407.200
Cluster 3	€ 380.200

Tabel 18: Overzicht CAPEX Aquathermie per cluster

Zoals de opsplitsing van de investeringskosten over de verschillende componenten in Figuur 21 toont, komt de investeringskost bij het kanaal vooral uit de bronleidingen die nodig zijn om het pomphuis te verbinden met de warmtecentrale. Deze kost is 83% van de investeringskosten voor dit systeem. Die kost is hoog door de grote afstand tussen het kanaal en het centrum. Het kostverschil komt niet door het verschil in open en gesloten systemen. Voor deze vermogens blijft het logischer om een open systeem te gebruiken in het kanaal. Dit toont wel opnieuw het nut aan om cluster 3 te bekijken. Dit is het deel van het centrum dat verwarmt kan worden zonder het kanaal.

Component	Prijs (€)
Vergunningsaanvraag	5.000
Bronleidingen van kanaal naar pomphuis	52.500
Bronleiding pomphuis naar warmtecentrale	1.560.000
Voorfilter	11.000
Aanzuigpomp	19.100
Fijn filter	36.000
Warmtewisselaar	35.600
Reiniging (CIP/FoulingCure)	44.650
Installatie incl. klein materiaal	112.118
Totaal	1.875.968

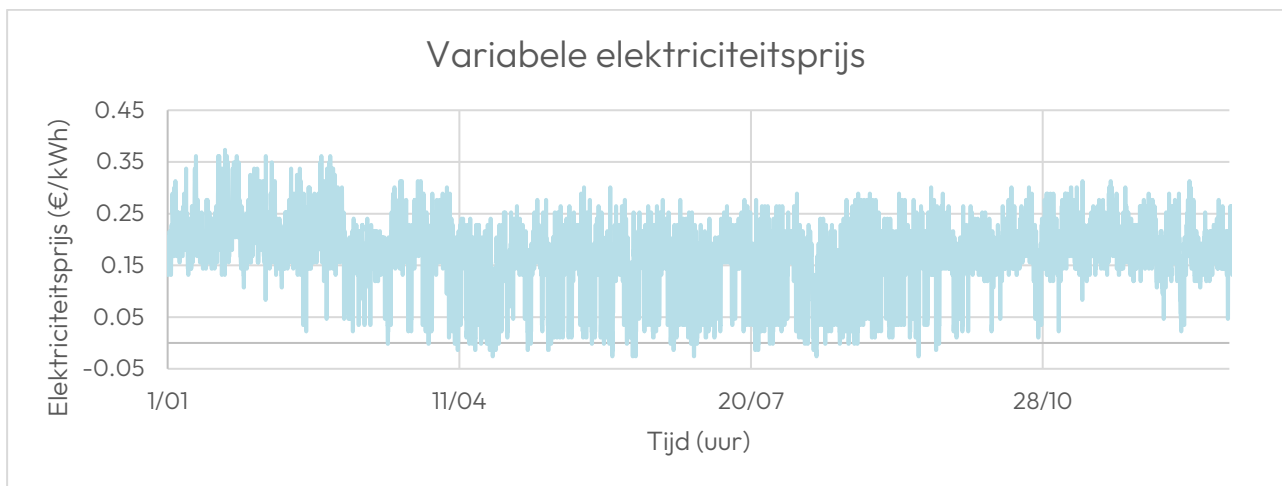


Figuur 21: Verdeling CAPEX aquathermie kanaal

Het warmtebedrijf heeft ook kosten voor de elektriciteit die het gebruikt. Deze kost bestaat uit twee delen, de stroomprijs en de toekomstige ETS2 CO₂ prijs. Voor ETS2 wordt voorlopig uitgegaan van een prijs van 90 €/ton CO₂ en een emissiefactor van 200 gCO₂/kWh elektriciteit. Dit zijn natuurlijk

aannames voor een systeem dat nog niet actief is en zijn daarom eerder indicatief. In sectie 5.3 zal blijken dat deze kost in vergelijking met de totale elektriciteitskost relatief klein is en dus niet de businesscase grondig zal veranderen.

Daarnaast rekent de businesscase ook met variabele en vaste stroomprijzen in bepaalde scenario's. Voor stroom die verbruikt wordt in de warmtecentrale, kan het voordeligere midden spanningstarief van 0,216 €/kWh elektriciteit gebruikt worden. Voor de scenario's met een variabele elektriciteitsprijs worden de uurtarieven van het profiel uit Figuur 22 gebruikt. Voor individuele gebruikers thuis gebruikt de studie een prijs van 0,28 €/kWh. Er wordt voor deze individuele prijs nog geen rekening gehouden met ETS2, want het is nog niet duidelijk hoe de Nederlandse overheid dit gaat verwerken in de fiscaliteit. Alle andere belastingen zijn al wel verwerkt in de eerdergenoemde tarieven en profielen.



Figuur 22: Variabele elektriciteitsprijs (incl. belasting en BTW)

Omdat projecten rond warmtenetten nog relatief nieuw zijn en een lange doorlooptijd hebben, zit er ook veel onzekerheid in de gebruikte prijzen. Om deze onzekerheden op te vangen wordt er een extra buffer in de investeringen ingebouwd, genaamd contingency. Deze studie veronderstelt dat de contingency 30% is van de totale investeringskost in jaar nul.

Om projecten rond warmtenetten en verduurzaming te ondersteunen, heeft de Nederlandse overheid verschillende subsidiemechanismen uitgewerkt. Voor een warmtebedrijf zijn de belangrijkste subsidies SDE++ en WIS. De SDE++ subsidie geeft een subsidie per kWh opgewekte warmte in de warmtecentrale. Hoe dit mechanisme precies werkt wordt verder uitgelegd in Figuur 61 in de Annex, maar kort samengevat geeft het tijdens de eerste 15 jaar van werking een subsidie van 0,0649 €/kWh voor centrale lucht-water warmtepompen en 0,0455 €/kWh voor warmte uit aquathermie en WKO. Een belangrijke opmerking is dat dit het systeem was van 2025. Wijzigingen in de subsidiewerking kunnen altijd ontstaan, maar dat zit voor een stuk door de contingency in de businesscase vervat. Ook kijkt deze subsidie enkel naar centraal opgewekte warmte. Warmte die de booster warmtepompen opwekken valt dus niet onder de subsidie, net zoals eventuele individuele lucht-water warmtepompen.

De WIS subsidie focust op de investeringskosten. Deze subsidie vergoedt 30% van de investeringskosten van buffers in de warmtecentrale, warmtenetleidingen en afgiftesets terug. Deze subsidie is dus opnieuw meer toegespitst op MT-warmtenetten. De booster warmtepompen vallen ook niet onder de WIS subsidie. Tabel 19 geeft een overzicht van alle subsidies die gebruikt zijn in de businesscase van de warmtebedrijven. Deze houden ook al rekening met het hieronder besproken volloopprofiel.

Cluster Centrum	1A MT Const. Elek. Prijs	1B MT Var. Elek. Prijs	1C ZLT Const. Elek. Prijs	1D ZLT Var. Elek. Prijs
SDE++	€ 10.949.000	€ 11.030.000	€ 6.261.000	€ 6.303.000
WIS	€ 4.133.000	€ 4.142.000	€ 1.196.000	€ 1.205.000
Totaal	€ 15.082.000	€ 15.172.000	€ 7.757.000	€ 7.508.000
Cluster Hoep-noord	2A MT Const. Elek. Prijs	2B MT Var. Elek. Prijs	2C ZLT Const. Elek. Prijs	2D ZLT Var. Elek. Prijs
SDE++	€ 821.000	€ 826.000	€ 508.000	€ 508.000
WIS	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0
Totaal	€ 821.000	€ 826.000	€ 508.000	€ 508.000
Cluster 3	3A MT Const. Elek. Prijs	3B MT Var. Elek. Prijs	3C ZLT Const. Elek. Prijs	3D ZLT Var. Elek. Prijs
SDE++	€ 5.351.000	€ 5.221.000	€ 4.083.000	€ 3.903.000
WIS	€ 1.955.000	€ 1.964.000	€ 513.000	€ 522.000
Totaal	€ 7.306.000	€ 7.185.000	€ 4.596.000	€ 4.425.000

Tabel 19: Overzicht subsidies

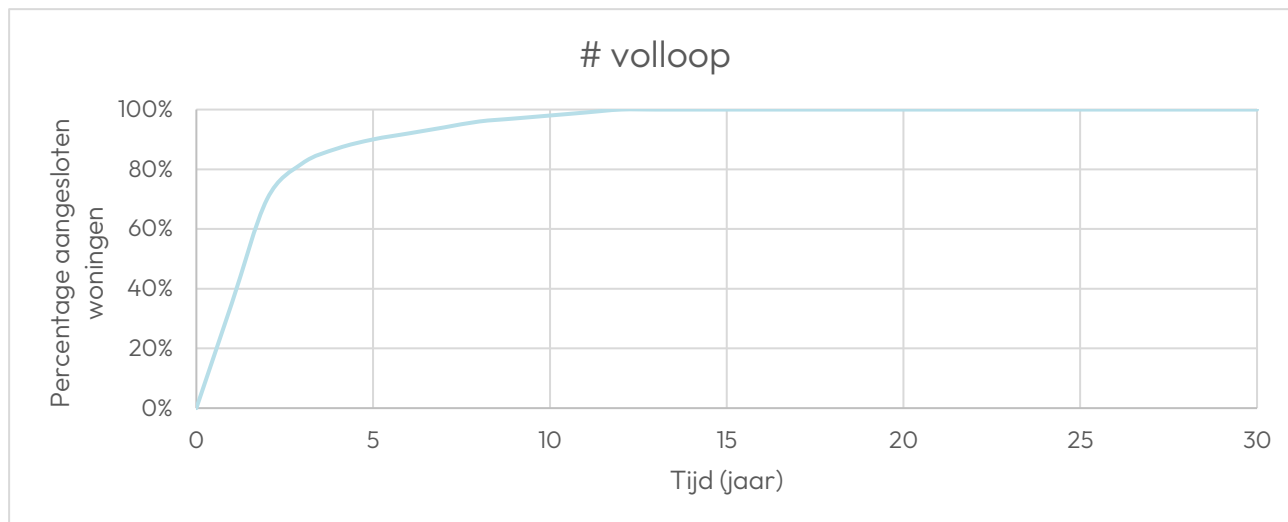
Naast de SDE++ en WIS subsidies, zijn er ook nog de ISDE, SAH en het Nationaal Warmtefonds. Deze drie subsidies focussen zich niet op het collectieve stuk van een warmtenet, maar op de individuele eindgebruiker. Deze worden niet in sectie 5.3 opgenomen, aangezien dit meer focust op de businesscase uit het perspectief van een warmtebedrijf. In sectie 5.4 is dit wel van toepassing. De gebruikte bedragen worden daar verder geduid.

Tot slot werkt deze studie ook met een volloopprofiel, zoals weergegeven in Figuur 23. Dit betekent dat het aansluiten van woningen op het warmtenet gefaseerd loopt en dat niet elk gebouw meteen in het eerste jaar aansluit. Er wordt aangenomen dat 70% van de gebouwen wel zijn aangesloten binnen de eerste twee jaar en dat na twaalf jaar alle gebouwen aangesloten zijn. Deze studie maakt dus geen iteratie van de businesscase als de volloop gelimiteerd is tot een bepaald percentage.

Door deze volloop zullen de inkomsten voor het warmtebedrijf, uit warmte en subsidies, ook gefaseerd beginnen. De simulatie veronderstelt wel dat alle investeringskosten voor de bronnen, centrale warmtebronnen, leidingen... wel in jaar nul gebeuren. Aangezien 70% al aangesloten is binnen de eerste twee jaar, is dit ook een logische veronderstelling. Het is echter wel mogelijk om de investeringen iets meer te laten samenvallen met de aansluitingen.

Alle investeringskosten voor individuele gebouwen zoals afgiftesets en operationele kosten zoals elektriciteitsverbruik door productie van warmte in de warmtecentrale, worden wel gefaseerd opgenomen in de businesscase.

Het volloopprofiel wordt wel enkel toegepast op het Centrum en Cluster 3. Aangezien er maar 8 gebouwen zijn in Hoep-noord, is dit profiel vrij betekenisloos.



Figuur 23: Volloopprofiel

5.3 Businesscase per cluster

Zoals eerder vermeld, geeft deze sectie voor elk scenario binnen elke cluster een overzicht van de CAPEX, OPEX en businesscase. Ter herinnering, de scenario's binnen de clusters zijn:

Cluster Centrum met scenario's:

- 1A: MT constante elektriciteitsprijs
- 1B: MT variabele elektriciteitsprijs + thermische buffer
- 1C: ZLT constante elektriciteitsprijs
- 1D ZLT variabele elektriciteitsprijs + thermische buffer

Cluster Hoep-noord met scenario's:

- 2A: MT constante elektriciteitsprijs
- 2B: MT variabele elektriciteitsprijs + thermische buffer
- 2C: ZLT constante elektriciteitsprijs
- 2D ZLT variabele elektriciteitsprijs + thermische buffer

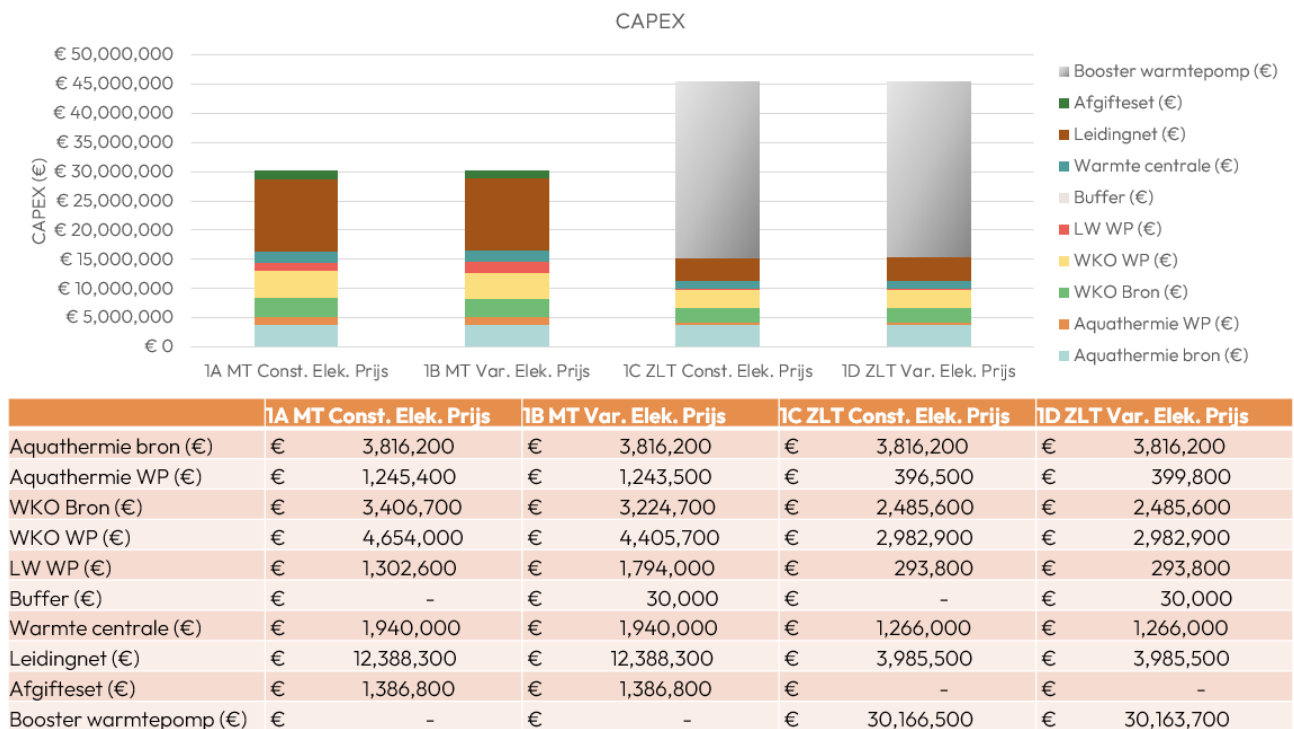
Cluster 3 met scenario's:

- 3A: MT constante elektriciteitsprijs
- 3B: MT variabele elektriciteitsprijs + thermische buffer
- 3C: ZLT constante elektriciteitsprijs
- 3D ZLT variabele elektriciteitsprijs + thermische buffer

5.3.1 Cluster Centrum

Figuur 24 geeft het overzicht van alle investeringskosten die nodig zijn om het warmtenet in de verschillende scenario's uit te bouwen. Sectie 4.4 Ontwerp overige bronnen en warmtenet gaf al aan dat er een verschil is in het dimensioneren van bronnen bij een constante of variabele stroomprijs. In de investeringskosten is dit echter maar beperkt zichtbaar. Dit komt hoofdzakelijk doordat de bronnen en warmtepompen maar een onderdeel zijn van de totale investeringskost. Het grootste deel van de investeringskost zit in het leidingnetwerk bij de MT-scenario's.

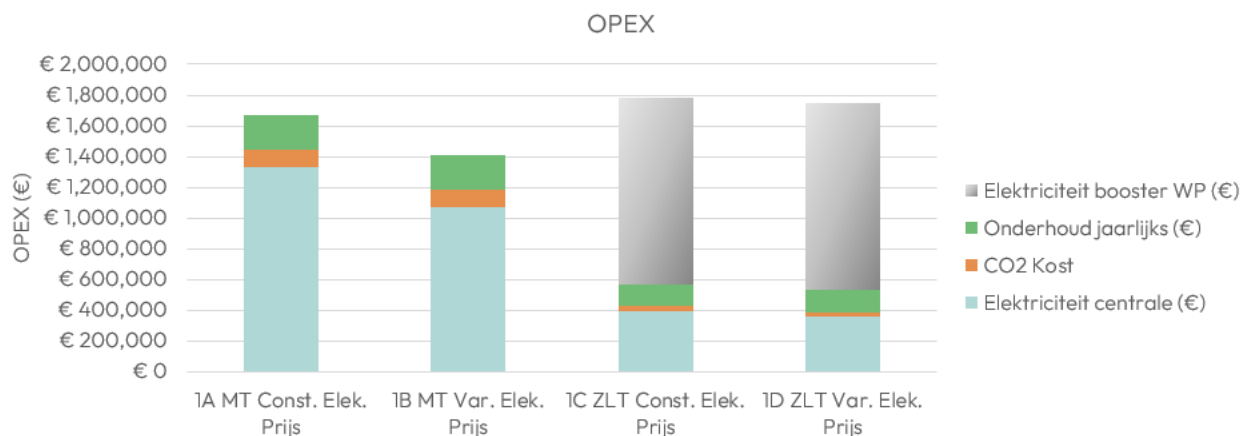
Bij de ZLT-scenario's is de kost van het leidingnetwerk significant kleiner, doordat deze leidingen niet geïsoleerd moeten zijn. De individuele booster warmtepompen zijn voor deze scenario's wel een significante extra investering. Deze staan in het grijs in figuur omdat deze kost niet gedragen wordt door het warmtebedrijf. Het is de eindgebruiker die deze investering maakt. Alle gekleurde stukken zijn wel voor het warmtebedrijf.



Figuur 24: Overzicht CAPEX - Cluster Centrum

De impact van de variabele stroomprijs wordt vooral zichtbaar in de OPEX. Zoals te zien is in Figuur 25 wijzigt de hoeveelheid verbruikte elektriciteit niet significant, maar doen de kosten dat wel. Doordat er geproduceerd kan worden op momenten met een lagere stroomprijs daalt de jaarlijkse stroomfactuur wel significant voor het warmtebedrijf.

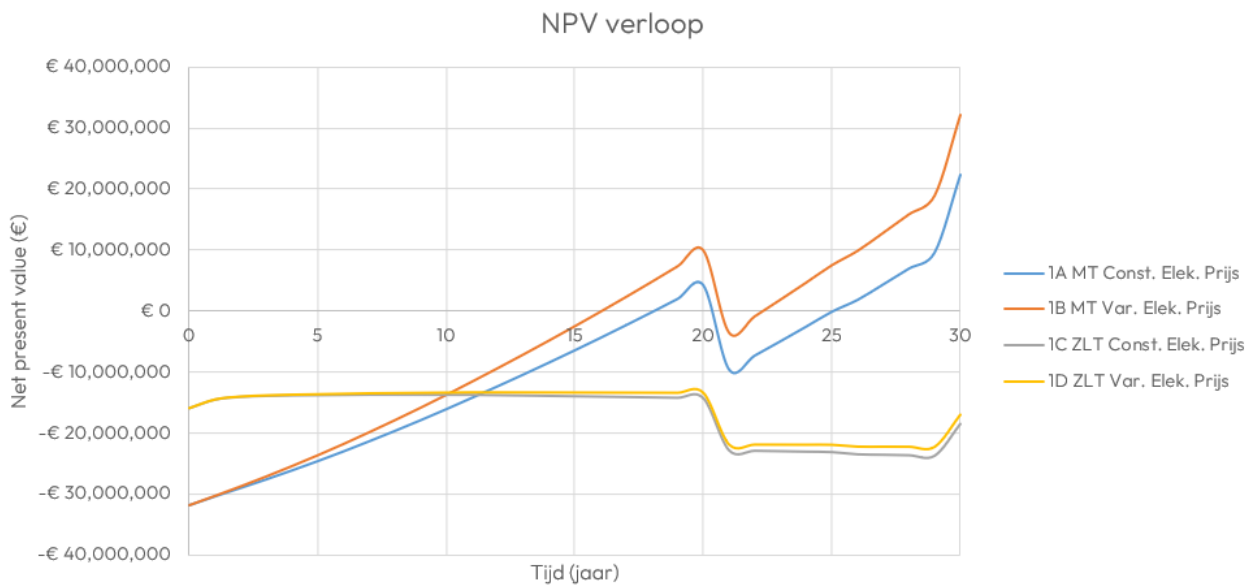
Wel valt op dat de booster warmtepompen zorgen voor een hoge elektriciteitskost. Figuur 25 toont dat dit enerzijds komt door het hogere elektriciteitsverbruik bij een ZLT-net. Daarnaast wordt dit nog uitvergroott in de financiële analyse doordat de elektriciteitsprijs voor een individuele gebruiker hoger ligt dan die voor het warmtebedrijf.



	1A MT Const. Elek. Prijs	1B MT Var. Elek. Prijs	1C ZLT Const. Elek. Prijs	1D ZLT Var. Elek. Prijs
Elektriciteit centrale (€)	€ 1,333,368	€ 1,073,944	€ 395,280	€ 356,123
CO2 Kost	€ 111,114	€ 111,024	€ 32,940	€ 33,030
Onderhoud jaarlijks (€)	€ 223,230	€ 226,533	€ 143,442	€ 143,807
Elektriciteit booster WP (€)	€ -	€ -	€ 1,211,328	€ 1,211,328
Elektriciteit centrale (MWh)	6173	6168	1830	1835
Elektriciteit booster (MWh)	0	0	5608	5608
Totaal (MWh)	6173	6168	7438	7443

Figuur 25: Overzicht OPEX - Cluster Centrum

Dit alles komt samen in het verloop van de net present value van de verschillende scenario's in Figuur 26. Belangrijk is dat deze profielen enkel kijken naar de kosten en inkomsten van het warmtebedrijf. Alles rond de booster warmtepompen zit niet in deze profielen omdat die kosten door de eindgebruiker gedragen worden.



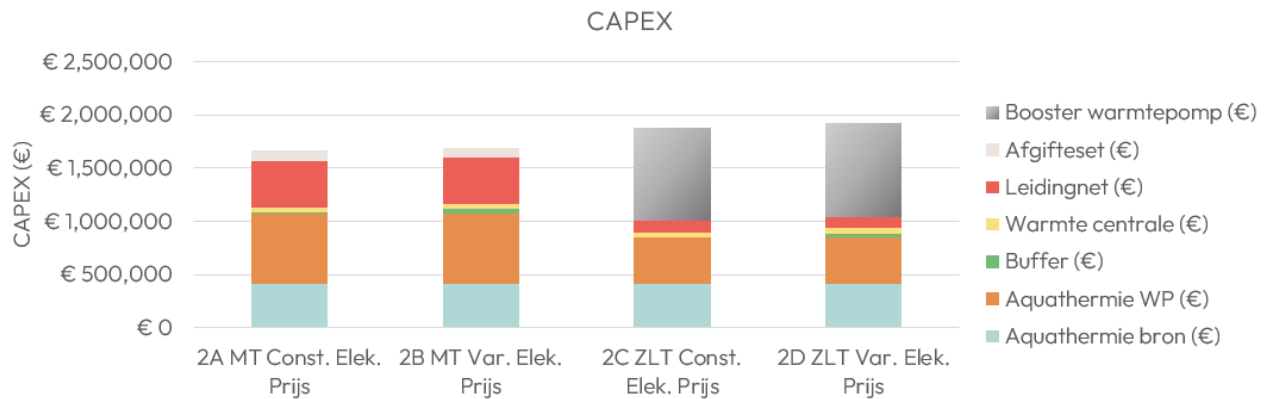
Figuur 26: Net present value verloop - Cluster Centrum

Voor een MT-net moet een warmtebedrijf meer investeringskosten maken, waardoor de curve lager start. Door de inkomsten uit warmte stijgt de curve wel waardoor deze investeringskost gerecupereerd wordt en dat er na 30 jaar een winst is van meer dan € 30 miljoen met een variabele stroom. Bij een ZLT-netwerk zijn de investeringskosten beperkter doordat de bewoners zelf investeren in de booster warmtepomp. Daar staat tegenover dat de enige jaarlijkse inkomsten de vaste bijdragen van de eindgebruikers zijn. Er is hier geen warmteprijs, waardoor er geen winst wordt gemaakt in de periode van 30 jaar. De investering wordt niet teruggewonnen. Hierdoor hebben de ZLT-scenario's geen internal rate of return (IRR).

Voor de MT-scenario's wordt er na 30 jaar een IRR van 6,4% bereikt met een constante stroomprijs en 7,6% met een variabele stroomprijs. Voor een gedeeltelijk publieke maatschappij kan dit voldoende zijn om het risico van de investering af te dekken. Zonder subsidies zouden de IRR's 3% lager liggen. De IRR's blijven wel boven 3% liggen, maar het wordt voor een gemeente wel moeilijk om een eventuele externe investeerder voor het warmtebedrijf te vinden.

5.3.2 Cluster Hoep-noord

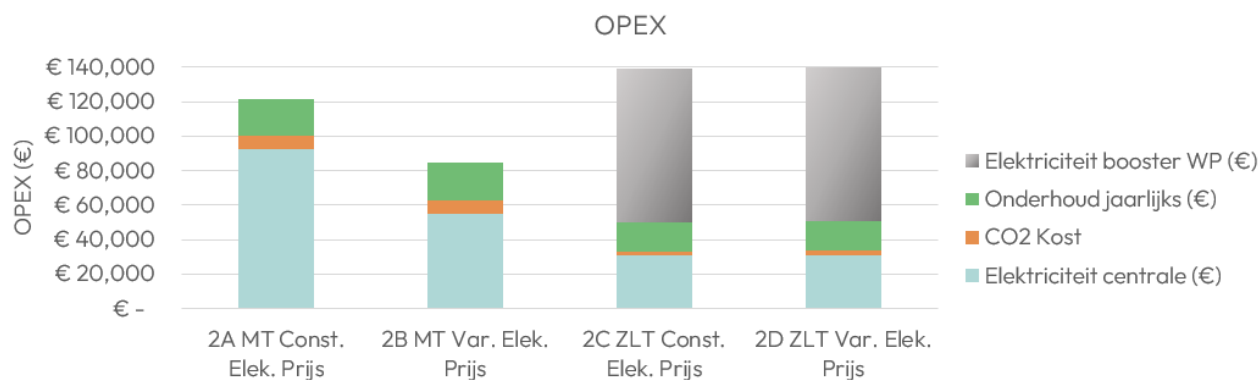
Voor de cluster in Hoep-noord is aquathermie de enige bron voor warmte, waardoor het in Figuur 27 wel een significante plaats inneemt in de kostenstructuur. Het leidingnet is wel kleiner in verhouding met het centrum, maar toch blijven de leidingen een significante uitgavepost. Ook de booster warmtepompen zijn weer een groot onderdeel van de investeringen bij een ZLT-netwerk.



	2A MT Const. Elek. Prijs	2B MT Var. Elek. Prijs	2C ZLT Const. Elek. Prijs	2D ZLT Var. Elek. Prijs
Aquathermie bron (€)	€ 407,200	€ 407,200	€ 407,200	€ 407,200
Aquathermie WP (€)	€ 666,900	€ 666,900	€ 440,700	€ 440,700
WKO Bron (€)	€ -	€ -	€ -	€ -
WKO WP (€)	€ -	€ -	€ -	€ -
LW WP (€)	€ -	€ -	€ -	€ -
Buffer (€)	€ 8,200	€ 40,000	€ 1,400	€ 37,200
Warmte centrale (€)	€ 50,000	€ 50,000	€ 50,000	€ 50,000
Leidingnet (€)	€ 433,456	€ 433,456	€ 102,851	€ 102,851
Afgifteset (€)	€ 97,000	€ 97,000	€ -	€ -
Booster warmtepomp (€)	€ -	€ -	€ 882,127	€ 882,127

Figuur 27: Overzicht CAPEX - Cluster Hoep-noord

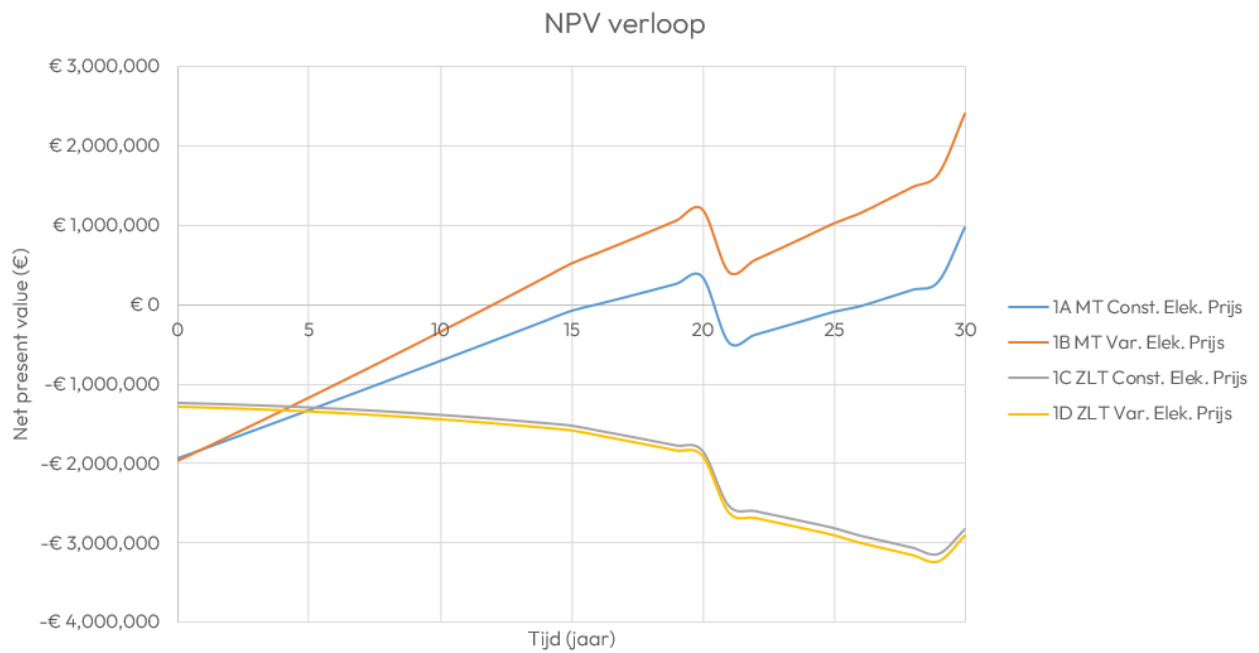
Het beeld voor de jaarlijkse OPEX voor deze cluster is heel gelijkaardig aan de vorige cluster. Het effect van de variabele stroomprijs en hoger verbruik van de booster warmtepompen speelt ook hier weer volop, zoals te zien is in Figuur 28.



	2A MT Const. Elek. Prijs	2B MT Var. Elek. Prijs	2C ZLT Const. Elek. Prijs	2D ZLT Var. Elek. Prijs
Elektriciteit centrale (€)	€ 92,448	€ 55,242	€ 30,672	€ 30,993
CO2 Kost	€ 7,704	€ 7,758	€ 2,556	€ 2,592
Onderhoud jaarlijks (€)	€ 21,564	€ 21,882	€ 16,972	€ 17,330
Elektriciteit booster WP (€)	€ -	€ -	€ 89,319	€ 89,319
Elektriciteit centrale (MWh)	428	431	142	144
Elektriciteit booster (MWh)	0	0	415	415
Totaal (MWh)	428	431	557	559

Figuur 28: Overzicht OPEX - Cluster Hoep-noord

Een belangrijk detail voor dit samenkomt in een totale financiële analyse, is dat deze cluster te klein is om gebruik te maken van de WIS subsidie. Die vereist minstens 250 aansluitingen. Dat weegt op de totale winstgevendheid van de cluster. Daarnaast is dit een kleine cluster, waardoor de gemaakte investeringskosten door minder gebruikers gedragen kan worden. Hierdoor stijgen de curves in Figuur 29 minder sterk dan in vergelijking met de voorgaande cluster. De jaarlijkse vaste bijdrage van de gebruikers is bij de ZLT-scenario's niet genoeg om de jaarlijkse kosten te dekken, waardoor de curve zelfs daalt. Hoe langer het project loopt, hoe meer verlies de ZLT-scenario's maken.

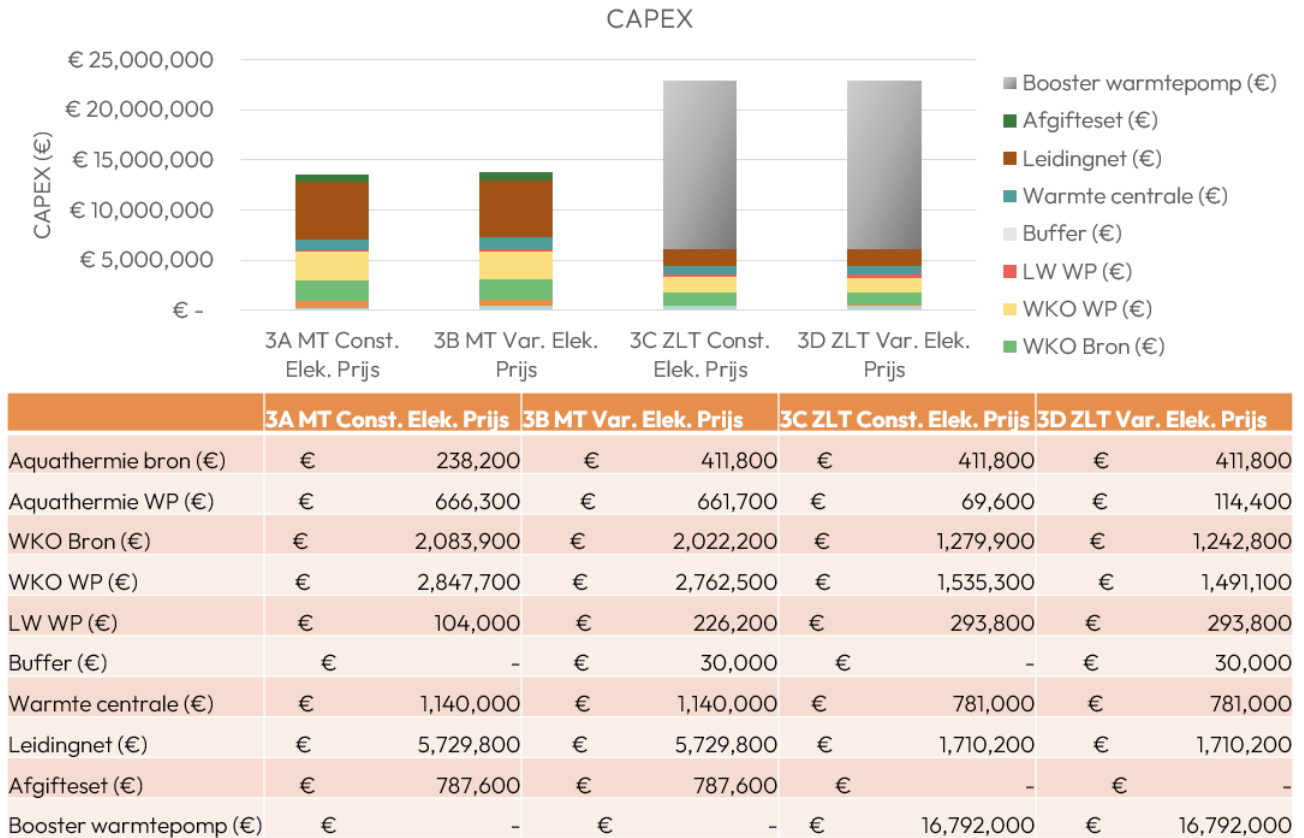


Figuur 29: Net present value verloop - Cluster Hoep-noord

Voor de MT-scenario's liggen de IRR's ook lager in vergelijking met de vorige cluster. Met een variabele stroomprijs bekommt het warmtebedrijf een IRR van 6,2% na 30 jaar. Die IRR is nog voldoende hoog om eventuele externe investeerders aan te trekken, maar de IRR van 3% die bereikt wordt met een vaste elektriciteitsprijs is wel laag om externe partners aan te trekken. Voor een volledig publieke organisatie kan zo'n IRR wel voldoende zijn. Zonder subsidies zakt de IRR verder tot 3,8% bij een variabele stroomprijs.

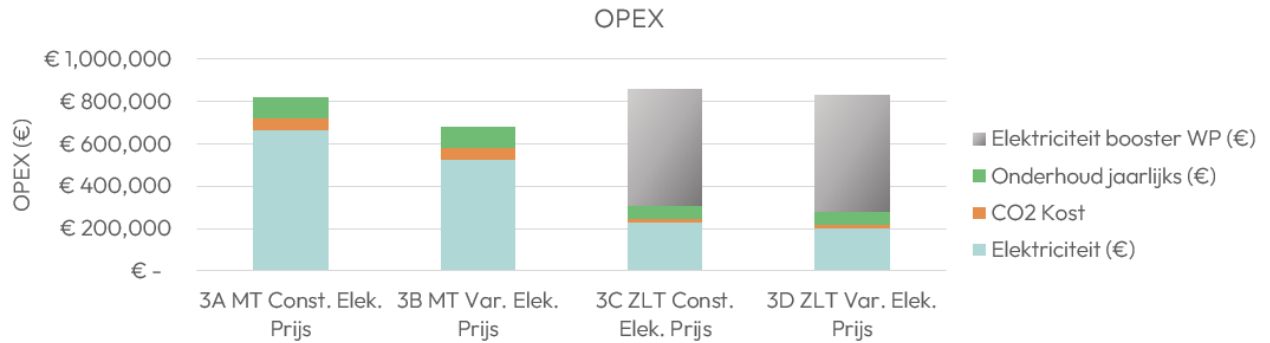
5.3.3 Cluster 3

Zoals bij de vorige werkpakketten is het beeld van Cluster 3 weer zeer gelijkaardig aan het beeld van Cluster Centrum zoals Figuur 30 toont. Een relatief groot verschil is de investeringskost van aquathermie. Bij Cluster Centrum was aquathermie 17% van de investeringskost. Bij Cluster 3 is dit slechts 7%, doordat de grote kost van het kanaal hier is uitgevallen.



Figuur 30: Overzicht CAPEX - Cluster 3

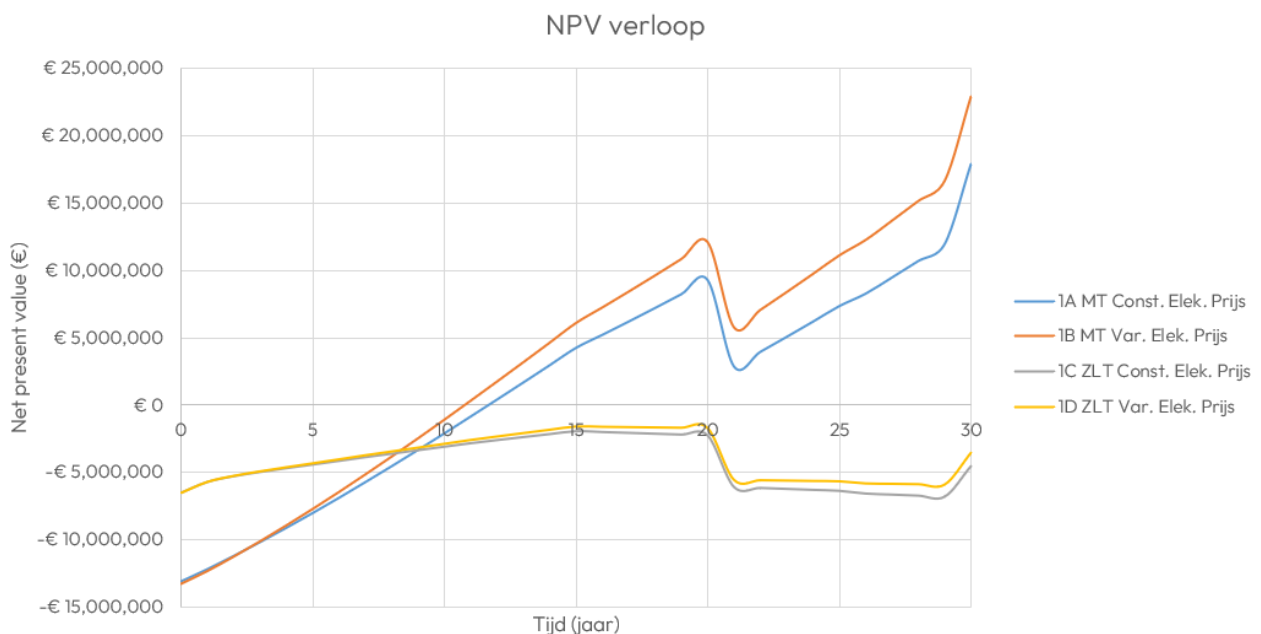
Qua OPEX is het beeld ook weer identiek aan Cluster Centrum, zoals te zien is in Figuur 31. Ook hier zorgen de booster warmtepompen voor een groot verbruik en kost van elektriciteit. De variabele elektriciteitsprijs zorgt ook hier weer van een optimalisatie van de elektriciteitskosten.



	3A MT Const. Elek. Prijs	3B MT Var. Elek. Prijs	3C ZLT Const. Elek. Prijs	3D ZLT Var. Elek. Prijs
Elektriciteit centrale (€)	€ 666,576	€ 523,673	€ 227,664	€ 198,173
CO2 Kost	€ 55,548	€ 56,034	€ 18,972	€ 19,152
Onderhoud jaarlijks (€)	€ 97,961	€ 101,765	€ 59,007	€ 58,949
Elektriciteit booster WP (€)	€ -	€ -	€ 554,101	€ 554,101
Elektriciteit centrale (MWh)	3086	3113	1054	1064
Elektriciteit booster (MWh)	0	0	2975	2975
Totaal (MWh)	3086	3113	4029	4039

Figuur 31: Overzicht OPEX - Cluster 3

In de totale businesscase zorgt dit ervoor dat de curves in Figuur 32 weer vrij gelijkaardig zijn aan die van Cluster Centrum. Als er meer in detail wordt gekeken valt toch op dat de curves iets steiler zijn. De bereikte IRR-waarden voor de MT-scenario's liggen 0,2% hoger dan in Cluster Centrum. Met een variabele stroomprijs komt de IRR dus uit op 7,8% na 30 jaar. De constante stroomprijs geeft een IRR van 6,6% bij een MT-net. Dit zijn werkbare IRR's voor het verder uitwerken van het project. De ZTL-netten blijven wel weer verlieslatend na 30 jaar.



Figuur 32: Net present value verloop - Cluster 3

Dat de businesscases in de cluster iets beter zijn dan in het hele centrum, toont aan dat het inderdaad een goede keuze was om te focussen op een beperkt centrum, zonder het kanaal. Langs de andere kant is het verschil in IRR ook maar 0,2% met de MT-scenario's bij Cluster Centrum. Het is dus niet helemaal zinloos om toch naar een grotere cluster te kijken en zo meer impact te creëren en het kanaal toch te bekijken. Er kan natuurlijk in eerste instantie gefocust worden op het beperkte centrum, en later gekeken worden naar een uitbreiding.

5.4 Perspectief eindgebruiker

Sectie 5.3 focust vooral op het totale kostenplaatje en op de financiële analyse voor een warmtebedrijf. De studie bekeek echter ook de impact van de verschillende scenario's voor een gemiddelde eindgebruiker. Voor een eindgebruiker is het minder van belang of er een variabele stroomprijs is of niet. Een eindgebruiker ziet enkel de tarieven die betaald moeten worden aan het warmtebedrijf en de persoonlijke elektriciteitsrekening.

Als de warmtenetten vergeleken worden met een scenario waarbij de eindgebruiker niet aansluit op het warmtenet, maar zelf een individuele lucht-water warmtepomp plaatst, dan ontstaan er zo drie scenario's:

- Aansluiten MT-net
- Aansluiten ZLT-net
- Individuele lucht-water warmtepomp.

Deze vergelijkingen zijn echter niet helemaal eerlijk. De gebruikte tarieven zorgen voor een mooie financiële winst bij het MT-net en voor verliezen bij het ZLT-net. Het warmtebedrijf zou er dus voor kunnen kiezen om de tarieven van het MT-net te verlagen en voor ZLT te verhogen. Om dit mee te nemen wordt er ook gekeken naar wat de tarieven bij een MT en ZLT-net zouden zijn als een IRR van 3% wordt aangehouden door het warmtebedrijf.

Een warmtebedrijf kan de verschillende tarieven manipuleren om aan deze IRR te komen. Voor een MT-net wordt de warmteprijs aangepast om tot een IRR van 3% te komen. Aangezien elk scenario een IRR heeft die hoger is dan 3%, zal deze prijs dus dalen. Voor een ZLT-net wordt de jaarlijkse bijdrage verhoogd om de IRR te verhogen naar 3%. Aangezien deze cases nu verlies dragen is de huidige IRR onbestaande. Elke cluster heeft een andere winstgevendheid waardoor er nu zes extra scenario's ontstaan. Voor de eenvoud wordt er wel enkel gekeken naar de scenario's met een variabele stroomprijs:

- Cluster Centrum MT-net IRR = 3%
- Cluster Centrum ZLT-net IRR = 3%
- Cluster Hoep-noord MT-net IRR = 3%
- Cluster Hoep-noord ZLT-net IRR = 3%
- Cluster 3 MT-net IRR = 3%
- Cluster 3 ZLT-net IRR = 3%

Voor de in totaal negen scenario's wordt er gekeken naar de initiële investeringskost en totaal jaarlijkse kost voor een gemiddelde gebruiker. Op basis van de gebruikte dataset voor het warmteverbruik, is een gemiddeld verbruik in Schagen voor een woning 13.900 kWh met een piek van 8 kW. Dit verbruik is voor centrale verwarming en het sanitair warm water.

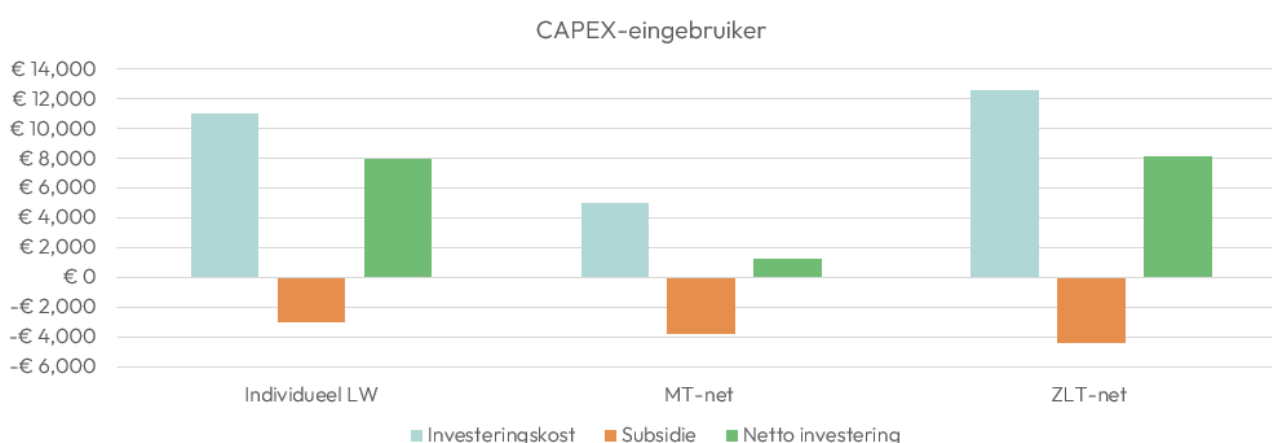
Daarnaast gaat de studie uit van een woning die moet verwarmen op 65°C. Deze temperatuur is zeer belangrijk, omdat dit mee de totale efficiëntie (SCOP) van de warmtepompen bepaalt. Zeker lucht-water warmtepompen hebben het op sommige koude momenten moeilijk om deze temperatuur efficiënt te bereiken. Er wordt daarom aangenomen dat de SCOP van de individuele lucht-water warmtepomp maar 2,3 is.

5.4.1 CAPEX-eindgebruiker

Aangezien de scenario's met een IRR van 3% enkel de jaarlijkse vaste bijdrage optimaliseren, hebben die scenario's dezelfde investeringskosten. Deze worden dus niet apart opgenomen in het overzicht van Figuur 33.

Zoals eerder werd aangehaald, is de investeringskost voor een MT-net enkel de éénmalige aansluitkost aan het warmtebedrijf. Deze is € 5.000, maar er is ook een ISDE-subsidie van € 3.775 voor een eindgebruiker om deze kost te verzachten. De netto-investering is hierdoor € 1.225.

Voor een ZLT-net moet een eindgebruiker € 12.600 betalen. Dit is voor de booster warmtepomp, maar ook om de booster warmtepomp te verbinden met het warmtenet. Ook hier is een ISDE-subsidie van € 4.425. Figuur 33 laat wel zien dat deze subsidie niet genoeg is om het verschil in totale investering te overbruggen met het MT-net. De netto-investering komt op € 8.175.



Figuur 33: Overzicht CAPEX-eindgebruiker

Een individuele lucht-water warmtepomp heeft een gelijkaardige investeringskost als de ZLT-optie. De warmtepomp kost € 11.000 en er is een ISDE-subsidie van € 3.025. Hierdoor komt de netto investeringskost op € 7.975.

Een MT-net is dus veruit de laagste investeringskost voor een eindgebruiker, wat het aantrekkelijker en laagdrempeliger maakt om aan te sluiten. Een belangrijke voetnoot is dat deze analyse wel niet uitgaat van verdere energiebesparende verbouwingen. Vooral bij individuele lucht-waterpompen wordt dit vaak samengedaan, zodat de warmtepompen efficiënter kunnen werken. Om een 1-op-1 vergelijking te kunnen maken is dat hier buiten beschouwing gelaten.

5.4.2 Jaarlijkse kosten eindgebruiker

De jaarlijkse kosten bestaan voor een eindgebruiker in drie onderdelen. Het eerste onderdeel is de jaarlijkse vaste kost om te mogen aansluiten op het net. Daar komen dan nog onderhoudskosten en energiekosten bij.

Voor een individuele warmtepomp is die kost er niet, want er is geen connectie met het warmtenet. Standaard is deze vaste kost € 600. Voor de ZLT-scenario's met een IRR van 3% wordt deze wel verhoogd om de gewenste IRR te bereiken. Voor het centrum en cluster 3 zijn dit relatief aanzienlijke stijgingen tot € 1.100 en € 1.100 respectievelijk. Deze bedragen verbleken wel bij de vaste kost die nodig is voor de cluster in Hoep-noord. Die is namelijk € 11.750 wat verklaart waarom dit scenario een veel hogere totale kost heeft in Figuur 34. Deze hogere vaste kosten maken de ZLT-scenario's wel minder attractief, zoals Tabel 20 en Figuur 34 tonen.

Scenario	Jaarlijkse vaste kost
Individueel LW	0
MT-net standaardtarief	600
ZLT-net standaardtarief	600
Cluster centrum MT-net IRR = 3%	600
Cluster centrum ZLT-net IRR = 3%	1.100
Cluster Hoep-noord MT-net IRR = 3%	600
Cluster Hoep-noord ZLT-net IRR = 3%	11.750
Cluster 3 MT-net IRR = 3%	600
Cluster 3 ZLT-net IRR = 3%	1.000

Tabel 20: Overzicht jaarlijkse vaste kost

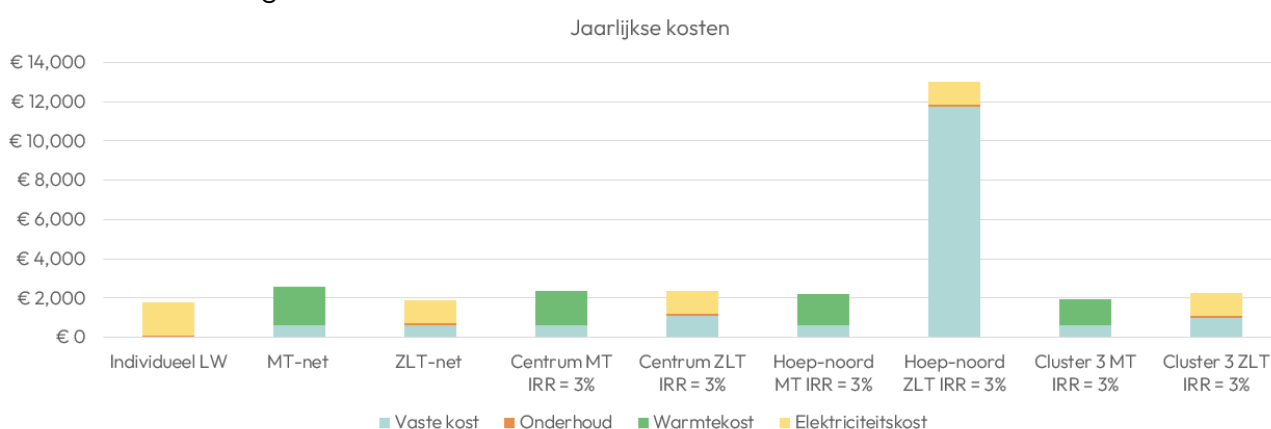
Wanneer er een warmtepomp bij de gebruiker geplaatst wordt, dan moet die ook onderhouden worden. De kost hiervan wordt jaarlijks op € 100 geschat. Aangezien een MT-net geen nood heeft aan een extra warmtepomp in elk gebouw, is deze kost hier niet van toepassing. Alle warmtepompen in dit systeem staan in de warmtecentrale en zijn de verantwoordelijkheid van het warmtebedrijf. Dit heeft niet enkel financiële gevolgen, maar is ook praktisch een voordeel. Bij een MT-net geniet de eindgebruiker van het comfort dat het warmtebedrijf alles regelt. Dit is ook zo bij eventuele defecten in de warmtecentrale. De eindgebruiker wordt hier ontlast.

Het energieverbruik wordt op verschillende manieren ingevuld. Bij MT-warmtenetten komt de energiekost voort uit de warmteprijs die betaald wordt voor elke kWh warmte die verbruikt worden. De prijs werd standaard vastgesteld op 90% van de ACM-prijs. Bij de andere scenario's werd deze prijs verlaagd om de IRR van 3% te halen. De resultaten van deze optimalisatie kunnen gevonden worden in Tabel 21. De totale kost wordt verkregen door het tarief te vermenigvuldigen met het jaarlijks verbruik van 13.900 kWh.

Scenario	Warmteprijs (€/kWh)
MT-net standaardtarief	0,142
Cluster centrum MT-net IRR = 3%	0,126
Cluster Hoep-noord MT-net IRR = 3%	0,114
Cluster 3 MT-net IRR = 3%	0,097

Tabel 21: Overzicht warmtepreizen

De scenario's met lucht-water en booster warmtepompen betalen geen warmteprijs, maar hebben wel een elektriciteitskost door het verbruik van de warmtepompen. In beide gevallen wordt uitgegaan van een vast elektriciteitstarief van 0,28 €/kWh. Het verbruik van de warmtepompen werd bepaald via de SCOP. Voor de lucht-water warmtepompen ligt die op 2,3, maar voor de booster warmtepompen op 3,3. Het verschil komt vooral door het feit dat de booster warmtepomp altijd kan vertrekken van de 15°C in het ZLT-net, ook al is het buiten zeer koud. Dit verklaart ook waarom de elektriciteitskosten ook 43% meer zijn bij de individuele lucht-water warmtepomp, zoals ook zichtbaar is in Figuur 34.



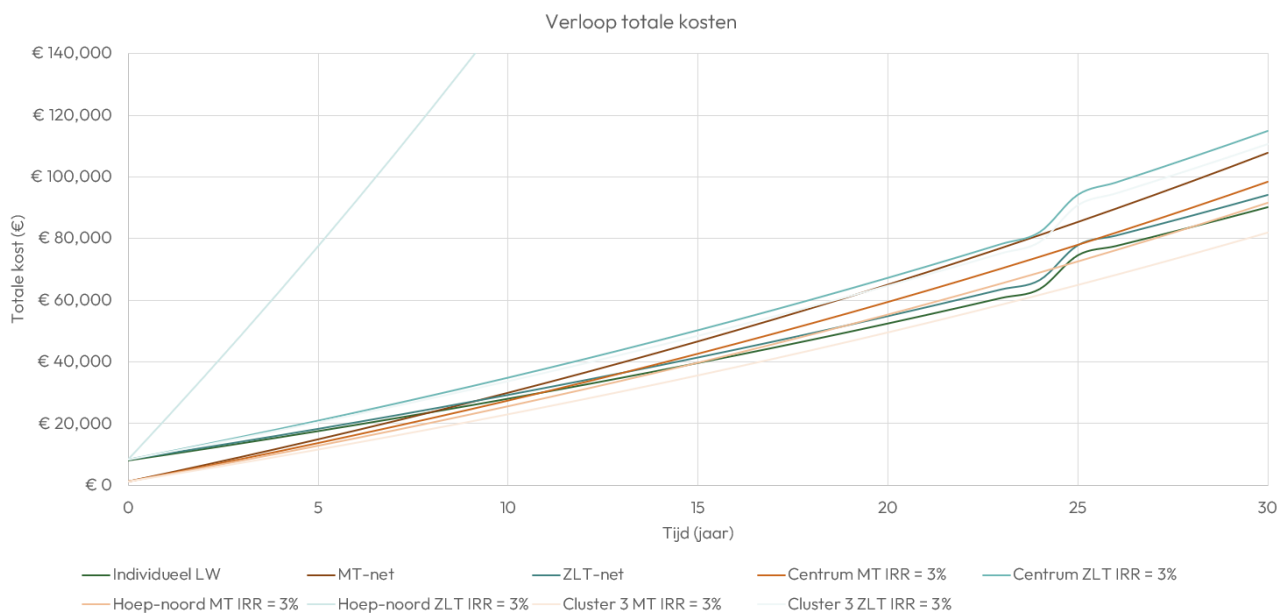
Figuur 34: Overzicht verdeling jaarlijkse kosten

Wanneer er in Figuur 34 het standaard scenario MT-net vergeleken wordt met het ZLT-net scenario, dan lijkt het dat een MT-scenario een hogere jaarlijkse kost heeft dan een ZLT-scenario. Op basis van deze grafiek klopt dat, maar dit is geen eerlijke vergelijking, aangezien de MT-scenario's winstgevend zijn en ZLT niet. Als er naar de scenario's met 3% gekeken wordt, dan valt op dat een MT-net wel altijd goedkoper is dan de ZLT-oplossing. De laagste jaarlijkse kost is wel bij de individuele lucht-water warmtepomp.

5.4.3 Totale verwarmingskost eindgebruiker

Als de investeringskost en de jaarlijkse kosten worden samengenomen over een periode van 30 jaar, vormt zich de grafiek van Figuur 35. Het ZLT-scenario voor Hoep-noord past in het huidige frame niet volledig in de grafiek. Dit komt doordat de jaarlijkse meer dan vijf keer zo groot is dan van alle andere scenario's.

Daarnaast is er ook een plotse stijging in de kosten van sommige scenario's bij jaar 25. Dit komt door de herinvestering van de warmtepompen. Bij MT-scenario's is die stijging niet aanwezig. Daar is die vervanging al opgenomen door het warmtebedrijf.



Figuur 35: Verloop totale kost verwarming

De grafiek toont dat het scenario met de laagste kosten voor een eindgebruiker, het MT-scenario in cluster-3 is met een IRR van 3%. Dit ligt ook in lijn met de vorige conclusies, waar werd aangetoond dat cluster 3 de meest rendabele optie is voor een warmtenet. De meeste scenario's met een MT-scenario, wat de oranje curves zijn op de grafiek, eindigen wel in elkaars buurt. Het scenario met individuele lucht-water warmtepompen ligt daartussen en is een van de meest kosten-efficiënte scenario's voor een eindgebruiker.

Dit kan ook gezien worden in Tabel 22. Deze tabel geeft de levelized-cost of heating (LCOH) weer. Deze parameter wordt bekomen door de totale kost in een periode te delen door de totale opgewekte warmte in die periode. Dit geeft dus de gemiddelde verwarmingskost per kWh. De MT-netten en individuele lucht-water warmtepompen hebben een LCOH tussen de 0,196 €/kWh en 0,236 €/kWh. De ZLT-scenario's hebben hogere LCOH-waarden, met 1,332 €/kWh als uitschieter. Een uitzondering is het ZLT-net scenario waar de standaardtarieven gebruikt werden, maar dit was verlieslatend voor het warmtebedrijf en dus niet realistisch.

Scenario	LCOH (€/kWh)	Ranking laagste prijs
Individueel LW	0,216	2
MT-net	0,258	6
ZLT-net	0,226	4
Centrum MT IRR = 3%	0,236	5
Centrum ZLT IRR = 3%	0,275	8
Hoep-noord MT IRR = 3%	0,220	3
Hoep-noord ZLT IRR = 3%	1,332	9
Cluster 3 MT IRR = 3%	0,196	1
Cluster 3 ZLT IRR = 3%	0,265	7

Tabel 22: Overzicht LCOH

6 Conclusie en vervolg stappen

Deze studie toont aan dat de waterlichamen in Schagen de potentie hebben om warmtenetten van warmte te voorzien. Afhankelijk van het warmtenet gebeurt dit in combinatie met andere bronnen zoals een WKO en centrale lucht-water warmtepompen. Er werd aangetoond dat het kanaal nodig is om een warmtenet uit te rollen in de initieel afgebakende zone.

Uit de financiële analyse blijkt dat het zinvol kan zijn om een warmtenet in het centrum aan te leggen en dit te verbinden met het kanaal, maar het is financieel iets interessanter om eerst in een beperkter centrum te beginnen en het kanaal niet te gebruiken. Als het warmtenet uitgebreid wordt kan er dan wel gekeken worden naar het kanaal.

Daarnaast is het ook mogelijk om de gebouwen in Hoep-noord te verwarmen met een kleiner warmtenet. Dit net zou enkel via aquathermie van warmte worden voorzien en zou niet verbonden worden met het warmtenet in het centrum van Schagen. Hierdoor wordt voorkomen dat de spoorlijn gepasseerd moet worden voor het warmtenet.

Ook toont de studie aan dat ZLT-scenario's uit een financieel standpunt niet interessant zijn. Ze zijn verlieslatend voor warmtebedrijven of kosten eindgebruikers zeer veel als het warmtebedrijf een minimale IRR van 3% wilt halen. Een collectief MT-warmtenet is wel financieel rendabel voor een warmtebedrijf en het verbruikt ook minder elektriciteit dan een ZLT-warmtenet. Met een variabele stroomprijs kan een warmtebedrijf een IRR van 6,2% in Hoep-noord en 7,8 in het geoptimaliseerde centrum bekomen. Dit zijn goede IRR's om eventuele externe investeerders aan te trekken voor het warmtebedrijf, als de gemeente het niet alleen wil uitbaten. Als de gemeente het wel alleen uitbaat, volstaat vaak een IRR van 3%.

Tot slot analyseert de studie ook het financieel verschil tussen een individuele lucht-water warmtepomp en een aansluiting op een warmtenet. Daaruit blijkt dat een aansluiting op een MT-warmtenet goedkoper kan zijn of een gelijkaardige kost per kWh kan hebben dan de individuele oplossing. Dit komt vooral door de investeringskost die voor een MT-aansluiting in totaal maar 15% is van de investeringskost in een individueel systeem. Het is dus uit een financieel perspectief veel

laagdrempeliger om aan te sluiten op een MT-warmtenet dan om te verduurzamen via een lucht-water warmtepomp.

Naast de financiële voordelen van een MT-warmtenet zijn er ook praktische voordelen. Bij een warmtenet regelt het warmtebedrijf het onderhoud van de installatie en eventuele defecten. Bij een individueel systeem komt dit bij de eigenaar zelf te liggen. Een extra bonus is dat een aansluiting op een warmtenet niet zichtbaar hoeft te zijn. Bij een lucht-water warmtepomp zal er altijd ergens een buitenunit tegen de gevel moeten komen.

Voor de gemeente is er ook een voordeel aan het MT-warmtenet. De MT-netten waren de meest energiezuinige oplossingen. MT-netten kosten in totaal dus niet alleen minder, maar ze zijn ook het duurzaamst en belasten het elektriciteitsnet het minder dan ZLT-netten en individuele lucht-water warmtepompen.

Voor de gemeente biedt deze studie een leidraad om prioriteiten te stellen in welke scenario's/clusters verder ontwikkeld worden. Daarnaast wordt het ook belangrijk om via infosessies een zicht te krijgen op de participatiegraad van de wijken waar het warmtenet zou komen te liggen. Staan mensen open voor een warmtenet? Voor de businesscase is dit heel cruciaal om hier duidelijkheid in te krijgen.

Daarnaast moet er ook gekeken worden naar een verdere planning van het project en moet de gemeente voor zichzelf uitmaken welke winstgevendheid en governance structuur men wil voor het warmtebedrijf. Dit kan makkelijk 12 à 18 maanden in beslag nemen. Het is dus belangrijk om hier vaart in te houden.

7 Annex

7.1 Input thermische analyse

Thermische impact

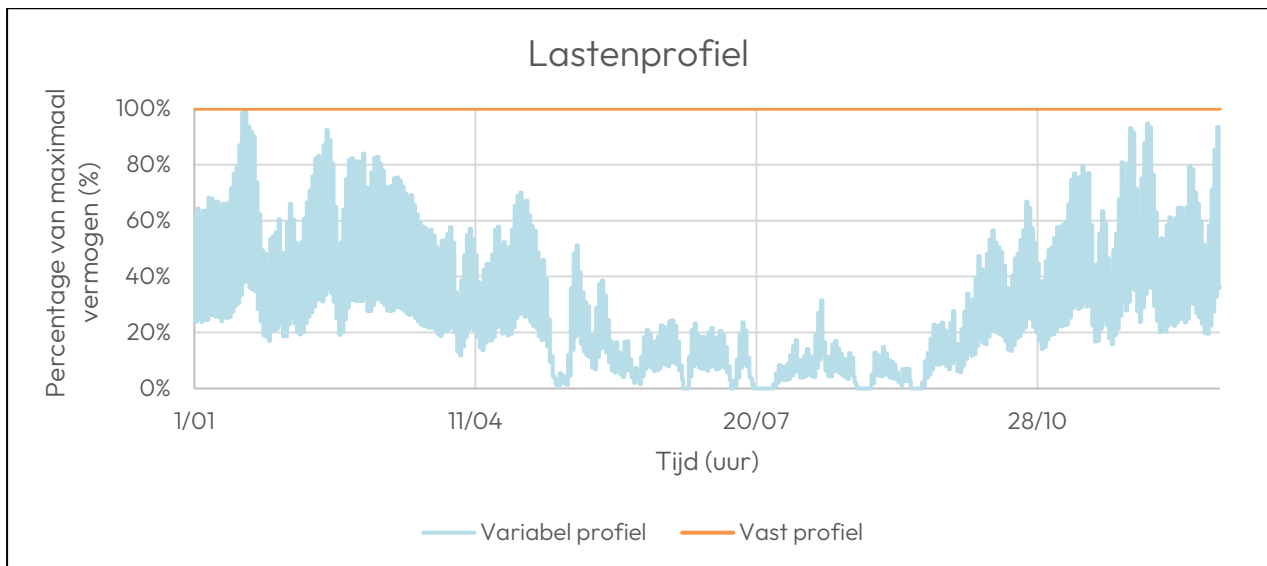
- Evaluatie met dynamische simulatie om lokale effecten in kaart te brengen.
- Bekijken de impact op de temperatuur via een virtuele temperatuursensor in het water.
- Rond het extractiepunt wordt er een kritische zone gedefinieerd → zone waar de grootste afkoeling zich zal voordoen.
- In deze zone wordt dan onderzocht of er simulatiesegmenten zijn waar de homogene afkoeling groter is dan 4°C.
- 4°C wordt genomen vanuit de regelgeving in het kader koude lozing 2.0 (STOWA). Echter kijken ze hier naar homogene afkoeling in het totale waterlichaam (blauwe gedeelte op figuur). In onze analyse analyseren we die 4°C impact op een lokaler niveau zodat het later ook overeenstemt met vergunningseisen.



11

EXTRACT

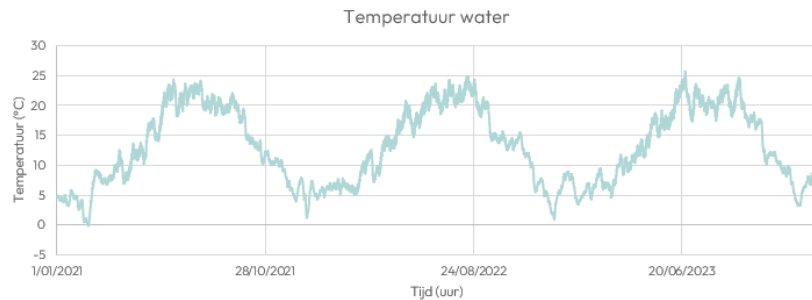
Figuur 36: Randvoorwaarden thermische impact



Figuur 37: onderzochte lastenprofielen

Gegevens waterlichamen

- Om het debiet van het kanaal te bepalen werd contact opgenomen met het waterschap Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. Daar gaf men aan dat er door de sluiswerking geen merkbaar debiet aanwezig is op het kanaal. Hierdoor wordt het kanaal als stilstaand gemodelleerd.
- Voor de temperaturen van de waterlichamen werd onderstaand temperatuurprofiel gebruikt.



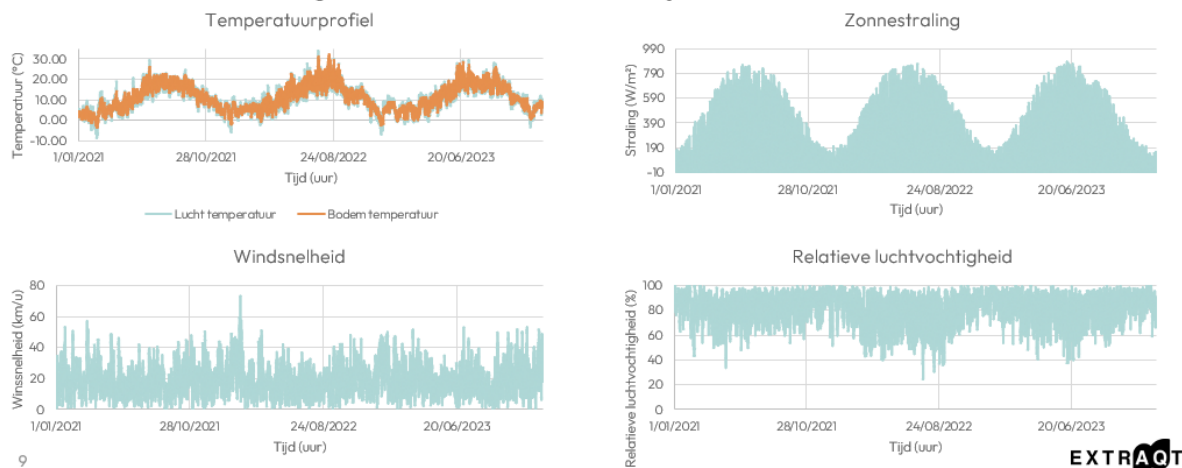
8

EXTRACT

Figuur 38: Input 3D digital twin deel 1

Gegevens waterlichamen

- Voor het kanaal werd een diepte van 2,5 m verondersteld. Voor de vijvers was dat 1,7 m.
- Voor weerdata werd gekozen voor kritische/koude jaren



9

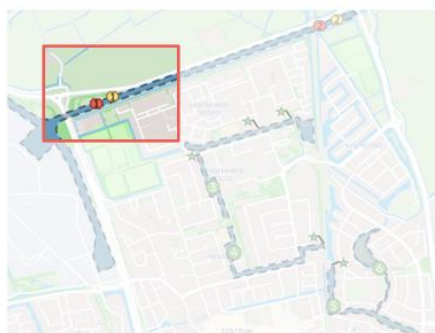
EXTRACT

Figuur 39: Input 3D digital twin deel 2

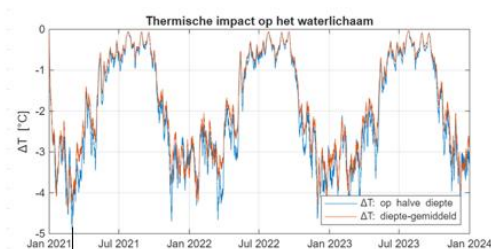
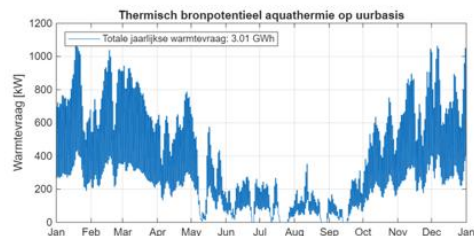
7.2 Resultaten thermische analyse

Thermische impact – Resultaten kanaal locatie 1

- Voor een homogene afkoeling van maximaal 4°C is het maximale te onttrekken vermogen **1.124 kW**
- Met deze piek en het lastenprofiel van een standaard warmtenet, betekent dat een energielevering van 3,01 GWh.



15



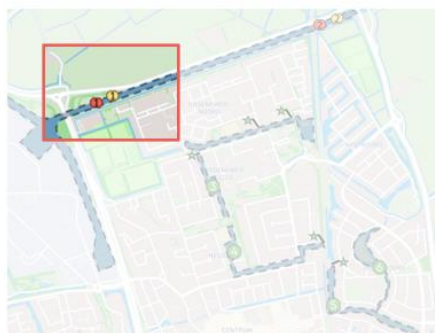
Lokaal kan er wel een
grotere afkoeling zijn

EXTRAQT

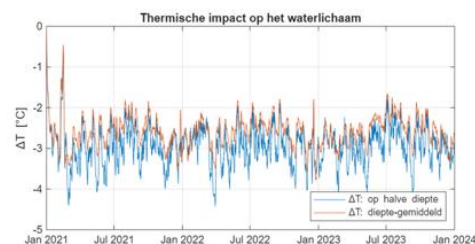
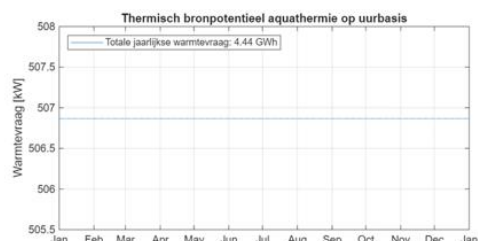
Figuur 40: Thermische impact – Resultaten kanaal locatie 1 - variabel

Thermische impact – Resultaten kanaal locatie 1

- Stel dat het hele jaar door dezelfde last gevraagd wordt (door meer buffers/WKO te gebruiken) → onttrokken "piek" ligt lager op 506,9 kW, maar door continu gebruik stijgt onttrokken warmte van 3,01 GWh naar 4,44 GWh.
- Door continue last gaat het water ook geen momenten met een lage levering hebben → momenten met warmer water nemen af en bereiken vaker de piek van 4°C.



16

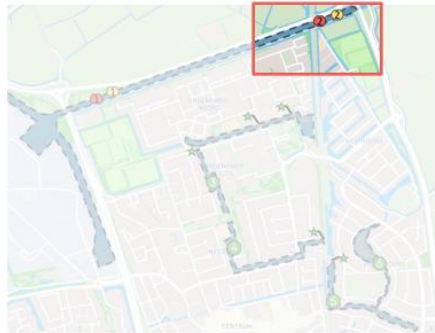


EXTRAQT

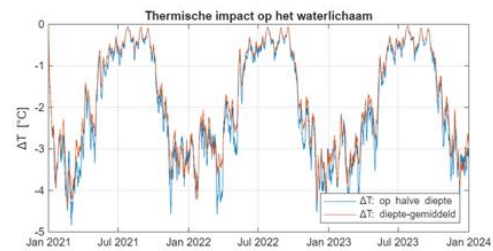
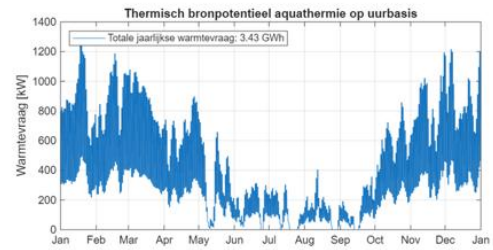
Figuur 41: Thermische impact – Resultaten kanaal locatie 1 - vast

Thermische impact – Resultaten kanaal locatie 2

- Voor een homogene afkoeling van maximaal 4°C is het maximale te onttrekken vermogen **1.283 kW**.
- Met deze piek en het lastenprofiel van een standaard warmtenet, betekent dat een energielevering van 3,43 GWh.



18

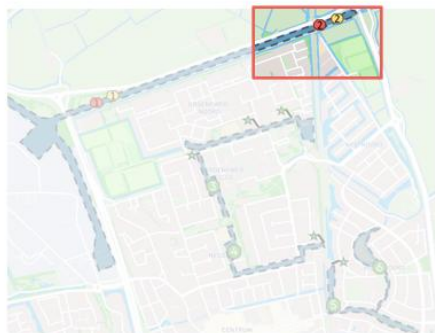


EXTRAQT

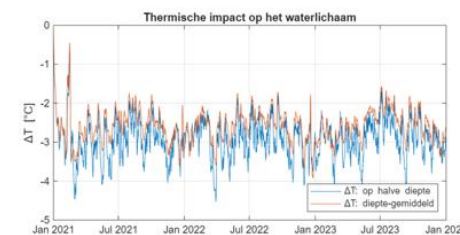
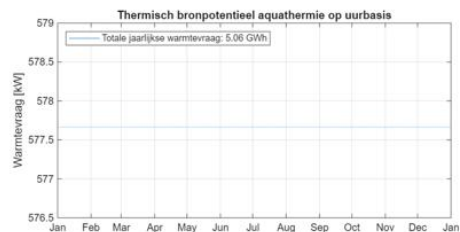
Figuur 42: Thermische impact – Resultaten kanaal locatie 2 - variabel

Thermische impact – Resultaten kanaal locatie 2

- Stel dat het hele jaar door dezelfde last gevraagd wordt (door meer buffers/WKO te gebruiken) → onttrokken "piek" ligt lager op 577,7 kW, maar door continu gebruik stijgt onttrokken warmte van 3,43 GWh naar 5,06 GWh.
- Door continue last gaat het water ook geen momenten met een lage levering hebben → momenten met warmer water nemen af en bereiken vaker de piek van 4 °C.



19



EXTRAQT

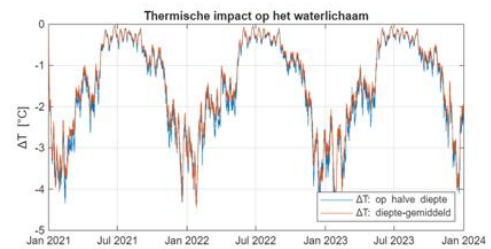
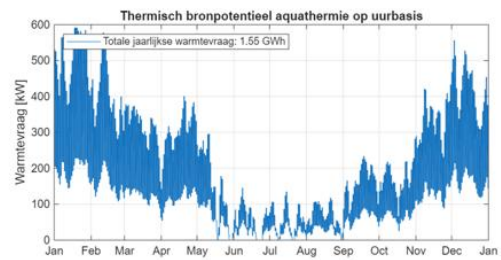
Figuur 43: Thermische impact – Resultaten kanaal locatie 2 - vast

Thermische impact – Resultaten vijver in Groeneweg-noord

- Voor een homogene afkoeling van maximaal 4°C is het maximale te onttrekken vermogen **591 kW**.
- Met deze piek en het lastenprofiel van een standaard warmtenet, betekent dat een energielevering van 1,55 GWh.



21

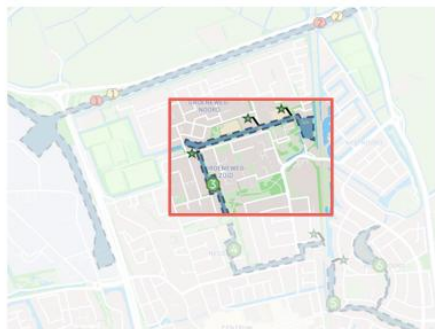


EXTRAQT

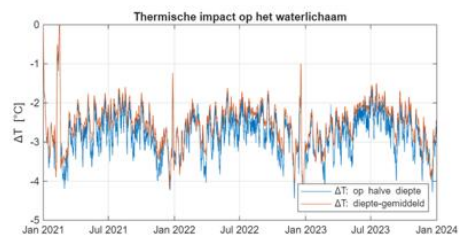
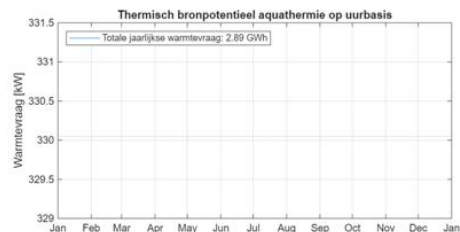
Figuur 44: Thermische impact – Resultaten vijver in Groeneweg-noord - variabel

Thermische impact – Resultaten vijver in Groeneweg-noord

- Stel dat het hele jaar door dezelfde last gevraagd wordt (door meer buffers/WKO te gebruiken) → onttrokken "piek" ligt lager op 330,0 kW, maar door continu gebruik stijgt onttrokken warmte van 1,55 GWh naar 2,89 GWh.
- Door continue last gaat het water ook geen momenten met een lage levering hebben → momenten met warmer water nemen af en bereiken vaker de piek van 4 °C.



22



EXTRAQT

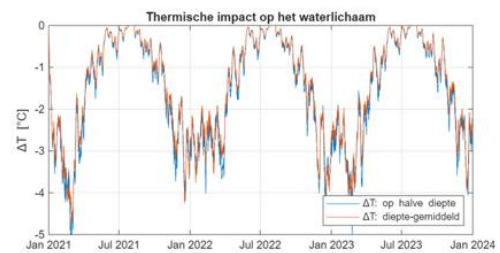
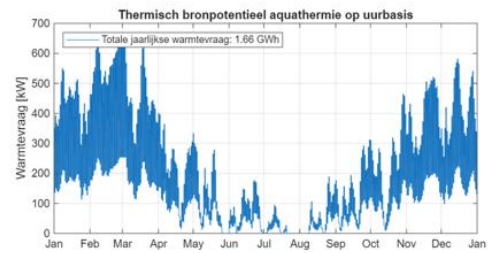
Figuur 45: Thermische impact – Resultaten vijver in Groeneweg-noord

Thermische impact – Resultaten vijver in Nesdijk

- Voor een homogene afkoeling van maximaal 4°C is het maximale te onttrekken vermogen **657 kW**.
- Met deze piek en het lastenprofiel van een standaard warmtenet, betekent dat een energielevering van 1,66 GWh.



24

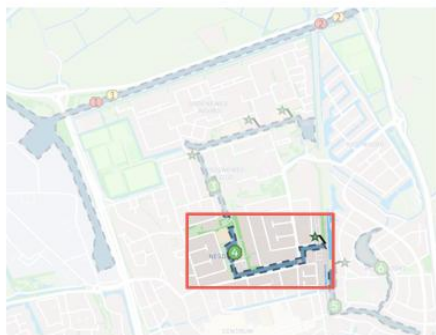


EXTRAQT

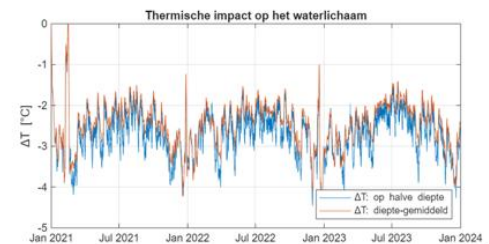
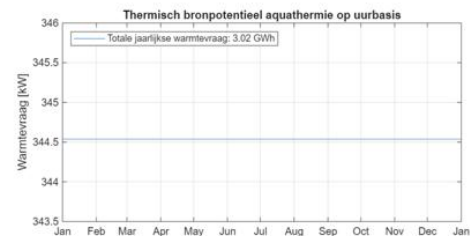
Figuur 46: Thermische impact – Resultaten vijver in Nesdijk – variabel

Thermische impact – Resultaten vijver in Nesdijk

- Stel dat het hele jaar door dezelfde last gevraagd wordt (door meer buffers/WKO te gebruiken) → onttrokken “piek” ligt lager op 344,5 kW, maar door continu gebruik stijgt onttrokken warmte van 1,66 GWh naar 3,02 GWh.
- Door continue last gaat het water ook geen momenten met een lage levering hebben → momenten met warmer water nemen af en bereiken vaker de piek van 4 °C.



25

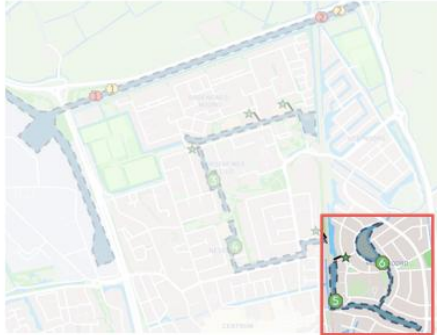


EXTRAQT

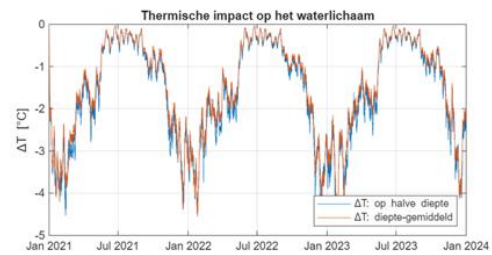
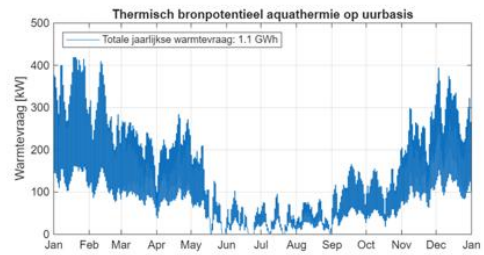
Figuur 47: Thermische impact – Resultaten vijver in Nesdijk – vast

Thermische impact – Resultaten vijver in Hoep-noord punt 5

- Voor een homogene afkoeling van maximaal 4°C is het maximale te onttrekken vermogen **419 kW**.
- Met deze piek en het lastenprofiel van een standaard warmtenet, betekent dat een energielevering van 1,10 GWh.



28

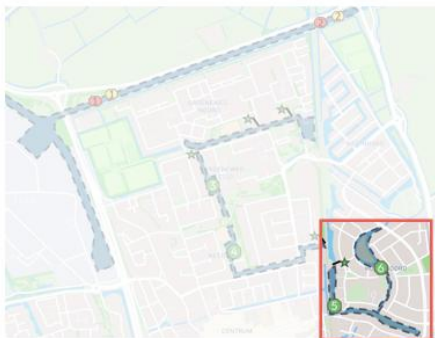


EXTRACT

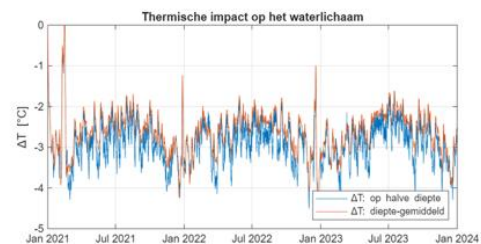
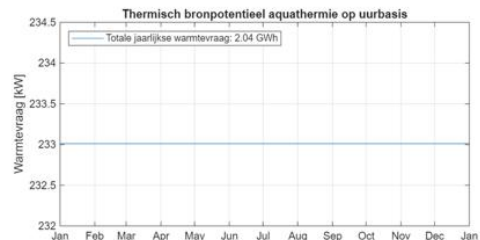
Figuur 48: Thermische impact – Resultaten vijver in Hoep-noord punt 5 - variabel

Thermische impact – Resultaten vijver in Hoep-noord punt 5

- Stel dat het hele jaar door dezelfde last gevraagd wordt (door meer buffers/WKO te gebruiken) → onttrokken "piek" ligt lager op 233,0 kW, maar door continu gebruik stijgt onttrokken warmte van 1,10 GWh naar 2,04 GWh.
- Door continue last gaat het water ook geen momenten met een lage levering hebben → momenten met warmer water nemen af en bereiken vaker de piek van 4 °C.



29

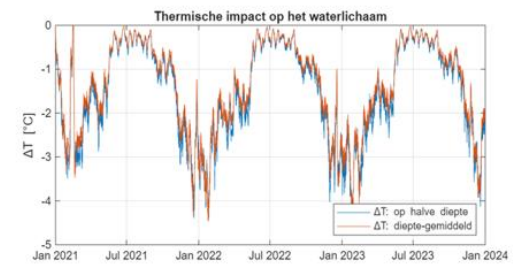
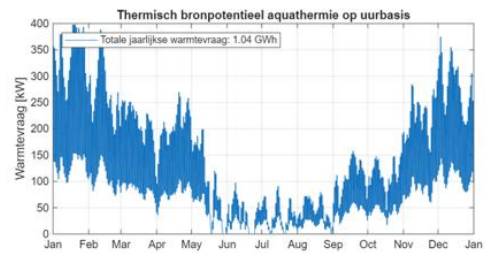
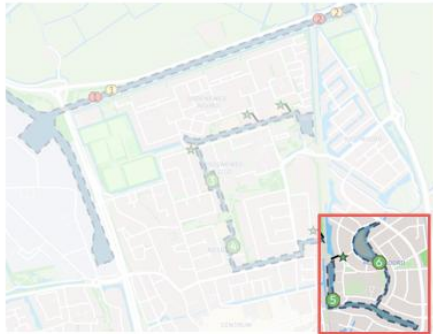


EXTRACT

Figuur 49: Thermische impact – Resultaten vijver in Hoep-noord punt 5 - vast

Thermische impact – Resultaten vijver in Hoep-noord punt 6

- Voor een homogene afkoeling van maximaal 4°C is het maximale te onttrekken vermogen **398 kW**.
- Met deze piek en het lastenprofiel van een standaard warmtenet, betekent dat een energielevering van 1,04 GWh.



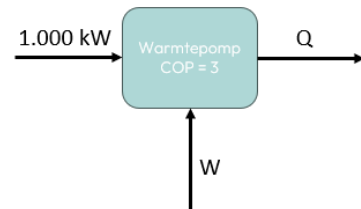
30

EXTRAQT

Figuur 50: Thermische impact – Resultaten vijver in Hoep-noord punt 6 - variabel

Thermische impact

- De simulatie zal aantonen wat het maximale bronvermogen is. Dit is niet het vermogen dat de warmtepomp levert [Q]. Hier komt nog de energie van de compressor (elektriciteit) bij [W].
- Als het bronvermogen **1.000 kW** is en de warmtepompen werken met een **COP van 3**, dan is het geleverde vermogen van de warmtepompen **1.500 kW**



$$\left. \begin{array}{l} COP = \frac{Q}{W} = 3 \\ Q = 1.000 + W \end{array} \right\} \rightarrow 3 = \frac{Q}{Q - 1.000} \rightarrow Q = 1.500 \text{ kW}$$

14

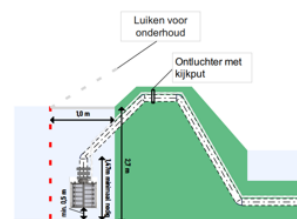
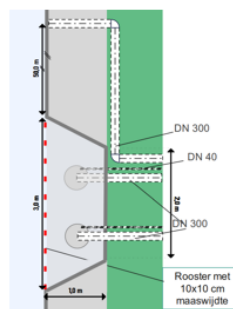
EXTRAQT

Figuur 51: Werking warmtepomp

7.3 Aquathermie installatie.

Installatie – open systeem

- Door de grootte van het te onttrekken vermogen en om de ruimtelijke impact te beperken, wordt er gekozen voor een open systeem.
- Het open systeem in het kanaal werkt met een korffilter in het water. Het systeem gaat uit van 2 korffilters voor redundantie.
- Onder de kade maken we een inham → geen beperking voor de pleziervaart.
- Via het luik blijft de korffilter wel beschikbaar voor onderhoud.
- Het rooster is een extra bescherming voor de filter → grotere stukken kunnen niet tot de filter komen.
- Het water wordt 50m verder geloosd om thermische interferentie te vermijden.
- Gaan uit van een zelfreinigende korffilter → kleine leiding zal (indien nodig) gefilterd water terug naar de korffilter sturen voor het reinigen van het gaas.



21

EXTRAQT

Figuur 52: detail korffilter kanaal

Installatie – pompgebouw

- In het pompgebouw staat de pomp die het water oppompt uit het kanaal.
- Dit water wordt verder gefilterd in fijn filters → goede waterkwaliteit voor de warmtewisselaar. Ook hier kiezen we voor 2 fijn filters i.p.v. 1 grote fijn filter om redundantie in het systeem te creëren.
- De warmtewisselaar gaat dan de warmte uit het water halen en deze via het bronnet (groene leiding) naar de warmtecentrale sturen. → Het bronnet is dus niet in rechtstreeks contact met het kanaal. Ook hier bouwen we redundantie in door te werken met 2 warmtewisselaars.
- Aan de andere kant van de warmtewisselaar is ook nog een circulatiepomp die het opgewarmde water naar de warmtepomp stuurt.
- De dimensionering van deze componenten wordt verder opgenomen met fabrikanten, maar een pompgebouw van ongeveer 21m x 11m zou hier nodig zijn.



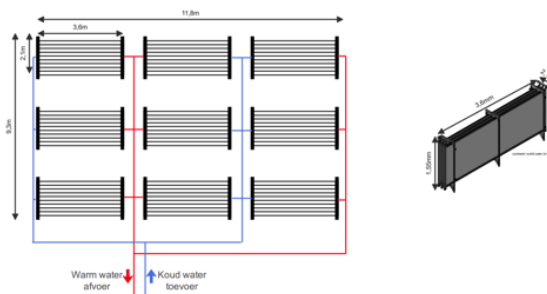
23

EXTRAQT

Figuur 53: Detail pompgebouw

Installatie – gesloten systeem

- Voor vijvers in het centrum gebruiken we een gesloten systeem → geen nood aan een pompgebouw en de (kleinere) vermogens laten dit toe. Gaan er ook vanuit dat obstructies zoals boten hier geen probleem zijn.
- Door de beperkte diepte van 1,7m van de vijvers kunnen we geen gebruik maken van grotere warmtewisselaars → in elke vijver 9 kunststoffen warmtewisselaars met elk een hoogte van 1,55m.
- In een vervolgfase kan eventueel ook gekeken worden naar RVS warmtewisselaars → zijn kleiner, maar duurder.



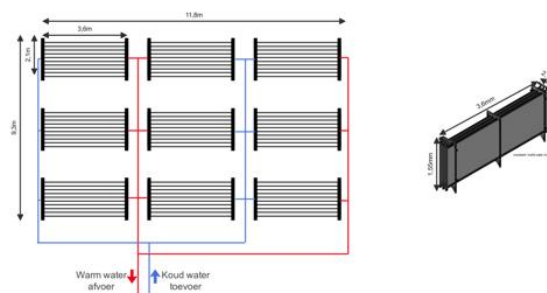
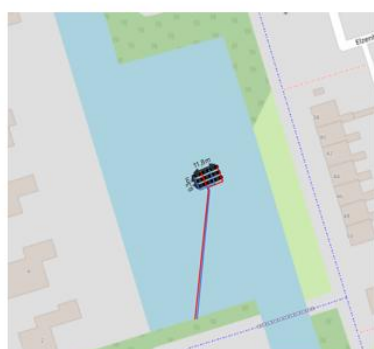
25

EXTRAQT

Figuur 54: Detail warmtewisselaars centrum

Installatie – gesloten systeem

Warmtewisselaar	
Materiaal	Kunststof met RVS metalen frame
Afmetingen (l x b x h)	3,6m x 2,1m x 1,55m
Vermogen	9 x 39 kW



26

EXTRAQT

Figuur 55: Detail warmtewisselaars centrum

7.4 Randvoorwaarden businesscase

Randvoorwaarden

Algemene aannames

- Analyse op 30 jaar, jaarlijkse inflatie: 2%
- MT net: 65°C/35°C in warmtenet met water
- ZLT net: 15°C/5°C in warmtenet met 20% glycol
- 80% externe regeneratie bodem vereist bij WKO. Resterende 20% is natuurlijke regeneratie.
- COP's: Voor alle bronnen o.b.v. brontemperatuur en gereduceerde Carnot efficiëntie (60%)
- Energieprijzen gebruikers (wat eindgebruiker aan energiecoöperatie moet betalen):
 - Enmalige aansluitprijs per afleverset voor MT net (afgifteset + connectie warmtenet): 5.000 EUR (2025)
 - Jaarlijkse vaste prijs gebruik net: 600 EUR/jaar (2025)
 - Warmteprijs MT net: 0,142 EUR/kWh (90% ACM prijs (2025))
 - Warmteprijs ZLT net: 0 EUR/kWh
- Energieprijzen centrale (kosten die energiecoöperatie maakt)
 - Vaste elek. prijs: 0,216 EUR/kWh (incl. Belastingen en BTW)
 - SPOT market: Day ahead prijzen van 2026
 - Kosten afleverset (enkel voor MT net): 100 EUR/kW
- ETS2:
 - Rekening houdend met CO₂ taxering EU
 - 90 EUR/tCO₂
- Emissiefactor elektriciteit:
 - 200 g/kWh
- Technologie kosten:
 - LW en WW warmtepomp: 650 EUR/kW
 - WKO boringen: 650 EUR/kW
 - Aquathermie bron: zie volgende slide
 - Buffer: 200 EUR/m³
 - Booster warmtepomp = 1.326 EUR/kW – 2.000 EUR/gebouw
 - Gebouw energiecentrale centrum: 1.266.000 EUR
 - Gebouw energiecentrale Hoep-noord (in bestaand gebouw): 50.000 EUR
 - Gebouw energiecentrale cluster 3: 1.140.000 EUR
- Onderhoudskosten: 2% van investeringskosten voor bewegende componenten, 1% bij buffer tank.
- Levensduur technologie
 - Warmtepompen: 20 jaar
 - Aquathermie: 25 jaar
 - Geothermische boringen: 30 jaar
 - Opslagtank: 30 jaar
 - Windturbine: 25 jaar
 - Leidingen 50 jaar
- Contingency: 30% van het investeringsbedrag in jaar 0.

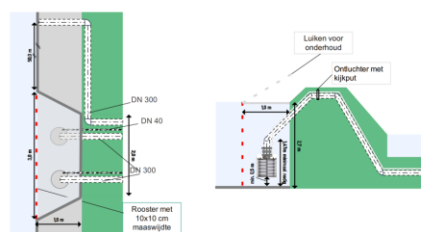
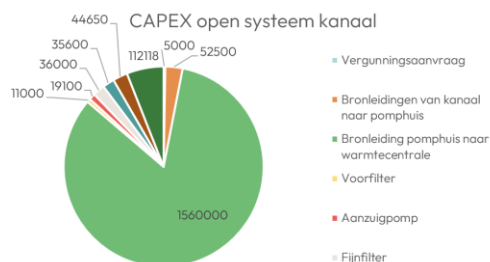
EXTRAQT

Figuur 56: Algemene randvoorwaarden

Randvoorwaarden

Algemene aannames – Aquathermie installatie Kanaal – open systeem

Component	Prijs (€)
Vergunningsaanvraag	5.000
Bronleidingen van kanaal naar pomphuis	52.500
Bronleiding pomphuis naar warmtecentrale	1.560.000
Voorfilter	11.000
Aanzuigpomp	19.100
Fijnfilter	36.000
Warmtewisselaar	35.600
Reiniging (CIP/FoulingCure)	44.650
Installatie incl. klein materiaal	112.118
Totaal	1.875.968



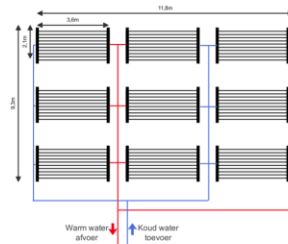
EXTRAQT

Figuur 57: CAPEX Open systeem

Randvoorwaarden

Algemene aannames – Aquathermie installatie Vijvers centrum – Gesloten systeem

Component (B en C)	Prijs (€)
Vergunningsaanvraag	5.000
Bronleidingen	32.500
Warmtewisselaar	2*9* € 14.150 = € 254.700
Installatie incl. klein materiaal	88.000
Totaal	380.200



11

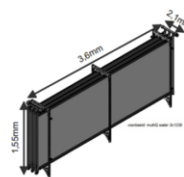
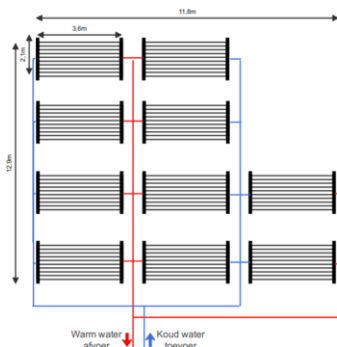
EXTRAQT

Figuur 58: CAPEX gesloten systeem centrum

Randvoorwaarden

Algemene aannames – Aquathermie installatie Vijvers D en E – Gesloten systeem

Component (D en E)	Prijs (€)
Vergunningsaanvraag	5.000
Bronleidingen	16.500
Warmtewisselaar	20* € 14.150 = € 283.000
Installatie incl. klein materiaal	102.700
Totaal	407.200



12

EXTRAQT

Figuur 59: CAPEX gesloten systeem Hoep-noord

Randvoorwaarden

Algemene aannames – Aquathermie installatie

Dit zijn enkel de kosten voor het aquathermie systeem. Eventuele andere bronnen, warmtepompen, leidingen... komen hier per cluster nog bij. Dit zal dan per cluster de totale investeringskost geven.

Bij het centrum en cluster 3 komen er ook nog kosten van de andere bronnen. Aangezien Hoep-noord zuiver verwarmd wordt met aquathermie, gaat dat hier beperkt zijn (wat de relatief hogere kost verklaard).

Cluster	Aquathermie bron kost (€)
Centrum	€ 1.875.968 (kanaal) + € 380.200 (vijvers) = € 2.256.168
Hoep-noord	€ 407.200
Cluster 3	€ 380.200

13

EXTRAQT

Figuur 60: Overzicht CAPEX Aquathermie

Randvoorwaarden

Subsidies

SDE++ subsidie

- Een subsidie om het gebruik van warmtepompen aan te moedigen → krijgen een vergoeding per kWh voor een bepaalde technologie.
- Deze vergoeding wordt wel gecorrigeerd met de gemiddelde gasprijs van dat jaar → hoge gasprijs → lagere vergoeding.
- Deze vergoeding wordt enkel in de eerste 15 jaar van warmteproductie betaald.
- Voor lucht-water warmtepompen is dat 0,0649 EUR/kWh
- Voor aquathermie en WKO is dat 0,0455 EUR/kWh

WIS

- Een investeringssubsidie die 30% van de gemaakte kosten voor alle componenten na de warmtepomp t.e.m. de afgifte set afdekt.
- De componenten zijn:
 - Buffers (in de warmtecentrale, niet bij de mensen thuis)
 - Leidingnetwerk
 - Afgifte set

ISDE, SAH en Financiering via Nationaal Warmtefonds

- Bovenstaande subsidies helpen eigenaars van woningen met het renoveren van de woning en komen tussen in de aansluitkost op een warmtenet.
- Deze subsidies worden meegenomen voor het perspectief van de individuele gebruiker, maar niet voor de energiecoöperatie.

14

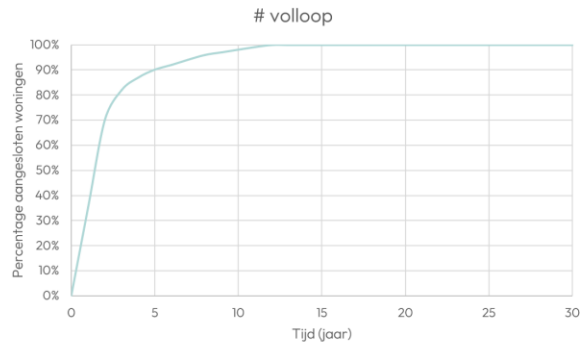
EXTRAQT

Figuur 61: Overzicht subsidies 2025

Randvoorwaarden

Volloop

- Veronderstellen dat niet iedereen zal aansluiten in jaar 0 bij het centrum en cluster 3 → nemen aan dat alle gebouwen na 12 jaar aangesloten zijn.
 - Aangezien de cluster in Hoep-noord zeer klein is, nemen we aan dat iedereen hier warmte afneemt in het eerste jaar.
- Dit zorgt voor een fasering van de WIS subsidie en zorgt ervoor dat de geleverde warmte de eerste jaren minder is → minder opbrengsten.
- Er zullen ook minder operationele kosten (aan elektriciteit) zijn de eerste jaren.
- Veronderstellen wel dat alle warmtepompen, warmtewisselaars, buffers en leidingen wel in jaar 0 worden aangelegd. In realiteit kan je hier wel een optimalisatie uitvoeren. De impact hiervan zou wel beperkt zijn op het eindresultaat van de businesscase.



15

EXTRACT

Figuur 62: Volloopscenario