



Nieuw energie in Amstelkwartier 3e fase

Eindrapportage

GREENVIS
ENERGY SOLUTIONS

✕ Gemeente
✕ Amsterdam
✕

Wij maken duurzame warmte beschikbaar voor iedereen!

Greenvis is een Nederlands adviesbureau en expert in energievraagstukken op gebiedsniveau. Wij verbeteren de toekomst vanuit onze passie voor warmte en koude. Het Greenvis-team van ondernemende consultants en engineers maakt de ontwikkeling van collectieve, duurzame warmtesystemen tot een succes! Onze unieke technische kennis en ervaring beslaat de hele keten: van conceptontwerp tot detailengineering. Ons team is trots op het resultaat en altijd gedreven om verwachtingen te overtreffen. We zorgen voor oplossingen en plaatsen die vervolgens overzichtelijk in het geheel vanuit onze specialistische kennis van de succesfactoren van warmte- en koudesystemen.

GREENVIS
ENERGY SOLUTIONS

Inhoud

Inleiding

1. Samenvatting resultaten
2. Factsheets
3. Amstelkwartier III
4. Warmtevraag
5. Systeembeschrijvingen en voorselectie
6. Ruimtebeslag van systemen

Inleiding

Het bedrijventerrein Amstelkwartier III zal ontwikkeld worden tot gebied met voornamelijk woonfunctie. In de plint is ruimte gereserveerd voor twee scholen, winkels en twee locaties voor supermarkten. De gemeente is eigenaar van de grond en kan de ontwikkeling in grote mate sturen, zowel de invulling van functies van het gebied als de warmte- en koude voorziening.

Vraag aan Greenvis

Greenvis is door gemeente Amsterdam gevraagd om verschillende duurzame systemen voor warmte- en koude te ontwerpen en te vergelijken. In het bijzonder is het een studie geworden naar alternatieve oplossingen voor het hoge temperatuur warmtenet van Nuon. Dit warmtenet is in omliggende gebieden reeds in gebruik, maar de gemeente stuurt op alternatieve oplossingen in nieuwbouwgebieden. Twee argumenten hiervoor zijn: de **capaciteit** van het hoge temperatuur systeem dient gereserveerd te worden voor gebieden waar lastig met lage temperatuur gewerkt kan worden (bestaande bouw, met name in het centrum); Voor nieuwbouwgebieden zijn veel mogelijkheden om meer **duurzamere** oplossingen te gebruiken dan de huidige Nuon stadsverwarming.

Werkwijze

In dit onderzoek zijn zes verschillende systemen op hoofdlijnen in kaart gebracht en drie hiervan verder onderzocht. De systemen zijn uitgewerkt om hiervan de financiële lasten en baten, ruimtelijke/technische implicaties en duurzaamheid inzichtelijk te maken. De ruimtelijke implicaties en financiële lasten en baten zijn zowel van de gemeente, potentiële exploitanten als ontwikkelaars/eigenaars in kaart gebracht.

Leswijzer

Dit rapport is een aanvulling op opgeleverde begrotingen, inputwaardes van berekeningen, een serie presentaties en kaarten van warmte- en koudenetten van het gebied. Het dient als samenvatting en presentatie van de resultaten en op enkele onderdelen een verdiepingsslag. Ten eerste bevat het rapport de **samenvatting en conclusies van de studie**, daarnaast **factsheets**, met daarin de relevante cijfers en resultaten voor de verschillende systemen. Hoofdstuk 3, 4 en 5 geven een verdiepingsslag in de bepaling van de warmtevraag, systeembeschrijvingen en in de bepaling van ruimtelijke impact.



Team



Thijs de Booij
Consultant en projectleider

Met een achtergrond in het maken van energieconcepten voor bestaande bouw heeft Thijs extra oog voor gebouweigenaren en eindgebruikers van warmtesystemen. Het is zijn persoonlijke uitdaging om naast advies over bestaande technieken en een solide business-case ook te blijven kijken naar vernieuwende technieken die een project naar een hoger niveau kunnen tillen. In een complexe uitdaging is het zoeken naar veiligheid verleidelijk, maar in een sector waar tussen conceptuele fase en realisatie makkelijk een aantal jaar kunnen zitten, is het des te belangrijker om in adviezen recht doen aan recente ontwikkelingen.



Edwin van Vliet
Sr. Consultant

Edwin is (actief) betrokken geweest bij vrijwel ieder duurzaam warmtenet in Nederland. De jarenlange ervaring gecombineerd met actuele kennis maakt hem een veel gevraagd consultant, sparringspartner en spreker. Edwin heeft een enorme gedrevenheid om Nederland versneld te gaan verduurzamen met warmtenetten, daar waar het toepasbaar is.



Jos van Wijk
Lead Engineer

De passie, drive en kennis van Jos zijn een continue meerwaarde voor opdrachtgevers en collega's. Jos is op de hoogte van alle bestaande en nieuwe duurzame oplossingen en wordt als engineer regelmatig ingezet om mogelijke innovaties te concretiseren. Hij bezit de kunst om complexe vraagstukken eenvoudig weer te geven. Daarom wordt Jos ook geregeld gevraagd wordt als spreker bij hogescholen, energie-, warmte- en netwerkbedrijven of als expert voor de media, overheid en brancheorganisaties.



Jordi van der Velden
Engineer

Jordi is een gewaardeerde sparringspartner voor senior engineers bij onder andere Nuon, HVC en Ennatuurlijk. Met zijn technisch inzicht geeft hij realiteitszin aan de warmtenetten die hij ontwerpt. Samen met collega's bepaalt Jordi de economisch en technisch optimale verhoudingen in de warmte- en koudesystemen.

1



Samenvatting, conclusies
en aanbevelingen

Dit hoofdstuk geeft de vergelijking tussen de systemen en de belangrijkste conclusies uit het onderzoek.

In deze studie zijn verschillende systemen geëvalueerd van collectieve en individuele warmte- en koude voorziening voor Amsteltkwartier III. Omdat de gemeente eigenaar is van het gebied kan zij goed sturen op (collectieve) warmte- en koude voorzieningen van het gebied.

Systemen

In deze studie zijn zes systemen voor levering van warmte en koude aan het Amsteltkwartier III onderzocht, te weten:

A Hoge temperatuur (70 °C)

A Levering van hoge temperatuur warmte van het Nuon-warmtenet, in combinatie met een apart koudenet met een open koudebron.

B Lage temperatuur (40-50 °C)

B1 Levering van lage temperatuur warmte vanaf de retourleiding van het Nuon-warmtenet, in combinatie met een apart koudenet met een open koudebron. Tapwateropwekking wordt in pandig opgewekt met warmtepompen.

B2 Levering van restwarmte uit een nabijgelegen datacenter, in combinatie met een apart koudenet met een open koudebron. Tapwateropwekking wordt in pandig opgewekt met warmtepompen.

B3 Levering van zowel warmte als koude vanuit een warmte-koude opslag (WKO) door middel van een gescheiden warmtenet en koudenet. Tapwateropwekking wordt in pandig opgewekt met warmtepompen.

C Zeer lage temperatuur (15-20 °C)

Levering van wisselende temperatuur door het jaar middels een net, een "bronnet", in combinatie met een WKO. Temperatuur

uit de warme bron wordt aangevoerd als bron voor in pandige warmtepompen (ruimteverwarming en tapwater), 's zomers wordt direct gekoeld met water uit de koude bron.

D Individuele oplossingen

Deze variant bestaat uit toepassing van meerdere individuele oplossingen binnen het gebied: lucht-water warmtepompen, bodemlussystemen en WKO's.

Voor opwekking is in alle gevallen gerekend met eenzelfde aantal zonnepanelen, waarbij uitgegaan is van maximaal gebruik van het dakoppervlak.

Pre-selectie

Variant A, B1, B2 zijn binnen de pre-selectie uitgesloten van verder onderzoek, op basis van:

Uitsluiting variant A en B1

Gemeentelijke voorkeur ligt in toepassing van alternatieve oplossingen voor stadswarmte, vanwege capaciteitslimiet centrales. Bovendien is door veelvuldige toepassing van deze techniek al voldoende informatie beschikbaar.

Uitsluiting variant B2

De levering van warmte uit het datacenter is onvoldoende kansrijk: de capaciteit is onvoldoende (2.5 MW).

Uitwerking varianten B3, C en D

De varianten B3, C en D zijn verder uitgewerkt om deze te kunnen vergelijken op het gebied van duurzaamheid, ruimtebeslag en financiën. In het bijzonder zijn deze indicatoren gebruikt:

Ruimtebeslag

- Ondergronds: Ten behoeve van collectieve warmte- en koude levering
- Onder/bovengronds: Ten behoeve van elektriciteitslevering
- Vereiste in pandige ruimte

Duurzaamheid

- Score op BENG-eis 2 (fossiele energie/m²)
- Score op BENG-eis 3 (% duurzame energie)
- (BENG-eis 1, kWh/m², is een eis aan bouwkwaliteit en dus verondersteld als 'behaald' in deze studie).

Financieel

- Benodigde investeringen (CAPEX)
- Operationele kosten (OPEX)
- Minimale bijdrage aansluitkosten per eenheid bij rendement op de investering van 10%

Vergelijking varianten

De tabel op de volgende pagina geeft de uitkomst van de genoemde indicatoren per uitgewerkte variant. Ook is per hoofdindicator een score toegekend op basis van de subindicatoren.

Ruimtebeslag

De impact ten behoeve van warmte- en koudelevering bij variant B3 en C is vergelijkbaar. Beide varianten hebben een WKO en leidingnet door het gebied. Het leidingnet van variant C (bronnet) vereist wel significant minder ruimtereservering (-65%). Variant C en D kennen beiden een verhoogde impact op het elektriciteitsnet en daarmee ook het aantal middenspanningsruimtes in het gebied. C en D vereisen beiden een veel grotere in pandige ruimtereservering voor warmtepompen. Variant D heeft geen reservering nodig

warmte en koudeleidingen, maar heeft als enige een grote locale ondergrondse impact door de vele individuele WKO's. Hoe om te gaan met de plaatsing van middenspanningsruimtes bepaalt of deze impact voornamelijk op kavel- of gebiedsniveau plaatsvindt. Met in achtneming van deze nuancering concluderen wij dat dat scenario B3 het meest gunstige scenario is als het gaat om in pandig ruimtebeslag, daarna C en D (beiden vergelijkbaar).

Ten aanzien van de publieke ruimte hebben B3 en C de meeste impact qua ruimtereserveringen vanwege de leidingnetten. De ruimtelijke impact van individuele WKO's is gering en zal voor een groot deel binnen de kavels plaatsvinden. Wel dient rekening gehouden te worden met veel overlast, gedurende lange tijd en op veel verschillende plekken, voor de boringen en aanleg van de systemen. Deze impact is veel groter dan de aanleg van één grote WKO in scenario B3 en C. De verdeling van individuele oplossingen is in dit stadium echter gebaseerd op aannames. In gesprek met ontwikkelaars en inventarisatie van voorkeuren kan bepaald worden of de voorkeur voor WKO's overeenkomt met de veronderstelde verdeling.

Deelconclusie

Scenario B3 scoort met overtuiging het beste qua in pandig ruimtebeslag. De impact op publieke ruimte is niet zo eenduidig te beoordelen en ten dele gebaseerd op aannames aangaande voorkeursopties van individuele oplossingen. Op dit moment is het te vroeg voor een conclusie op dit punt.

Duurzaamheid

In alle varianten wordt gebruik gemaakt van warmtepompen waarmee natuurlijk aanwezige warmte (aarde, oppervlakte en lucht) opgewaardeerd wordt voor ruimteverwarming. In elk scenario wordt bovendien het grootste deel van de benodigde elektriciteitsvraag lokaal opgewekt door zonnepanelen.

De verschillen tussen scenario B3 en C zijn minimaal: gebruik van een centrale warmtepomp (B3) resulteert in een iets beter rendement dan het bronnet, maar kent ook weer een iets hoger leidingverlies in het gebied.

Scenario D scoort iets slechter vanwege het gebruik van lucht-water warmtepompen in het gebied. Maar nog steeds is het overgrote deel van de panden aangesloten op (kleine) WKO's, met vergelijkbare rendementen als bij B3 en C.

Een belangrijke aanname hierin is de verdeling van oplossingen in scenario D. In het geval meer ontwikkelaars kiezen voor lucht-water warmtepompen worden de verschillen groter en scoort het scenario slechter.

BENG-Scores

BENG 2 (primaire fossiele energie, eis= maximaal 50 kwh/m²): Alle varianten voldoen, bandbreedte: 8-11 kwh/m².*

BENG 3 (% hernieuwbaar, eis= minimaal 50%): Alle varianten voldoen, bandbreedte: 87-91%)*

Opwekking van ook huishoudelijke energie en energie voor kantoorgebruik (buiten verwarming en tapwater) middels PV panelen is met het huidige dakoppervlak onmogelijk. Om dit te realiseren is 240-249% van het huidige dakoppervlak benodigd.

Deelconclusie

Alle systemen voldoen aan de BENG-eisen, met de kanttekening dat voor de individuele systemen (D) een bepaalde verdeling in oplossingen is verondersteld. Opwekking van huishoudelijke energie en energie voor kantoorgebruik is middels PV panelen onmogelijk gezien het dakoppervlak.

Financieel

Om de drie cases financieel vergelijkbaar te maken is in alle gevallen het perspectief van een externe exploitant aangenomen, die het systeem aanlegt en warmte en koude verkoopt aan huurders/eigenaren van de panden.

**Voor berekening van BENG2 en BENG3 (bepalingsmethode NTA 8800) is op het moment van oplevering van deze studie nog geen software beschikbaar. Ook is er nog geen volledige duidelijkheid over hoe systemen voor collectieve warmtelevering worden beoordeeld. Greenvis heeft de berekeningen uitgevoerd op basis van excel-rekenblad die als bijlage bij "Handreiking BENG versie 2017". Hierbij zijn wel de laatste aanpassingen aangaande de BENG-eisen en aangepaste factor hernieuwbare energie (1.45) toegepast.*

OPEX en CAPEX

Systeem B3 is het goedkoopst in aanleg en onderhoud, daarna systeem C en als laatste de individuele oplossingen D.

Spreiding investeringen en inkomsten

De aanname (van de gemeente) is dat 100% van het vastgoed zal worden aangesloten, binnen een periode van drie jaar.

Systeem B3 heeft naar verhouding de hoogste opstartkosten, (meeste centrale voorzieningen) daarna C en D (alle voorzieningen zijn individueel). De inkomsten volgen in B3, C en D dezelfde lijn.

Bijdrage aansluitkosten (BAK)

De BAK wordt eenmalig per aansluiting bepaald en is de resultante van de bovenstaande factoren om bij een vereist rendement van 10% tot een sluitende business case te komen. De BAK van scenario B3 is het laagst, daarna die van C en als laatste van systeem D.

De BAK is met een bandbreedte van € 5.770-€ 9.370 een stuk hoger dan in de markt van reguliere stadswarmtenetten (ervaringsgetallen Greenvis: €3.000 - €6.000).

Dit verschil is ten dele te verklaren omdat hier niet aangesloten wordt op een bestaand net, maar de techniek voor opwekking ook gedekt moet worden in deze kosten.

Een nuance moet geplaatst worden dat de opdrachtgever een relatief hoge rendement als benchmark hanteert (10%), in de markt ligt dit dikwijls ook lager (ervaringsgetallen Greenvis: 5-10% afhankelijk van het risicoprofiel van de investering)).

Wij adviseren om een gevoeligheidsanalyse uit te voeren op de bovengenoemde onderdelen om te zien hoe een daling in rendementseis de BAK beïnvloed.

Vergelijking naastgelegen gebied Amstelkwartier III

Deze studie leverde bij het naastgelegen gebied Kauwgomballenkwartier (KBK) een hogere BAK op, namelijk € 9.520-€ 12.150. In dit gebied is deelname onzeker (aannee deelname is 70%) en ligt het aansluittempo laag (10 jaar). Deze vergelijking illustreert de invloed van het aandeel aan te sluiten vastgoed en vollooperperiode.

Dit betekent ook dat wanneer een collectief warmtesysteem voor beide gebieden door een partij ontwikkeld wordt, deze partij kan kiezen om de BAK over beide gebieden te middelen.

Deelconclusie

Scenario B3 heeft als enige een BAK die binnen de huidige markt gebruikelijk is (zij het aan de hoge kant). De relatief hoge rendementseis die gehanteerd is is hier medebepalend.

Scenario B3 is qua investeringen en BAK het meest gunstig.

Conclusie en aanbevelingen

Scenario B3 komt op de onderdelen inpandig ruimtebeslag en financieel als beste naar voren, op gebied van duurzaamheid presteren de systemen vergelijkbaar. De BAK voor alle systemen ligt relatief hoog, maar scenario B3 ligt binnen de bandbreedte die binnen de huidige markt gebruikelijk is (zij het aan de hoge kant). Wij achten de ontwikkeling van dit systeem op basis van techniek, duurzaamheid en financiële resultaten haalbaar.

Door ontwikkeling met het naastgelegen gebied KBK te combineren kan de BAK over beide gebieden gemiddeld worden waardoor de ontwikkeling van een collectief systeem voor het Kauwgomballenkwartier haalbaarder wordt. Dit is puur bekeken van een financieel perspectief. Implicaties voor tempo, besluitvorming en risico's zijn niet onderzocht.

Aanbevelingen

Wij adviseren om de BAK nader te onderzoeken met een gevoeligheidsanalyse waarin het vereiste rendement gevarieerd wordt, deze ligt nu hoog.

Wanneer gekozen wordt voor de collectieve variant (B3 of C) adviseren wij een marktconsultatie te doen onder mogelijke exploitanten. De resultaten uit deze studie kunnen hierbij als leidraad gebruikt worden, met in acht neming van beperkingen, reikwijdte en detailniveau van input van de studie.

	B3 (WKO)	C (Bronnet)	D (Individueel)
wCentrale ruimte	170 m2	16 m2	-
Inpandige ruimte	28 m2	80 m2	80 m2
Reservering leiding (Sleufbreedte)	190-280 cm	55-95 cm	Eigen terrein
WKO bronnen	Gemiddelde impact	Gemiddelde impact	Hoge impact
RUIMTE	****	**	**
Primaire fossiele energie. kWh/m2	8	8	11
% Hernieuwbaar	91%	91%	87%
DUURZAAMHEID	*****	*****	*****
BAK-woning	€ 5770,-	€ 7300,-	€9370,-
BAK-utiliteit	€ 75,-	€ 75,-	€ 75,-
CAPEX	€ 7.55 M	€ 8.47 M	€ 8.94 M
OPEX	€ 0.63 M/jr	€ 0.81 M/jr	€ 0.91 M/jr
FINANCIËEL	*****	***	**

2

Factsheets systemen



Dit hoofdstuk geeft een samenvatting van de belangrijkste resultaten van het onderzoek per systeem.

WKO met centrale warmtepomp

Factsheet Systeem en
ruimtebeslag

Amstelkwartier III

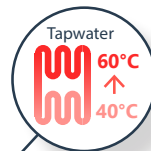
Back-up

Warmte/Koude opslag

Technische
ruimte

Warmte
pomp

Centrale
warmtepomp



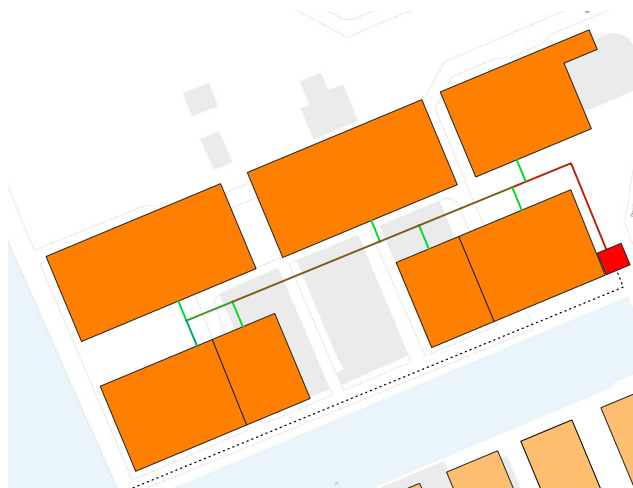
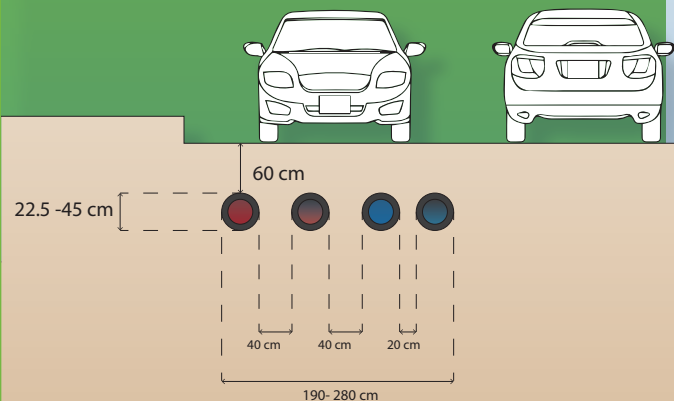
Buffervaten:
2*1000 L



Warmtepompen
tapwater
2*90 kW (E)

Reservering technische ruimte
per complex: 30 m²

Gemiddeld complex AKIII en KBK



Warmtepomp
3*1120 kW (E)

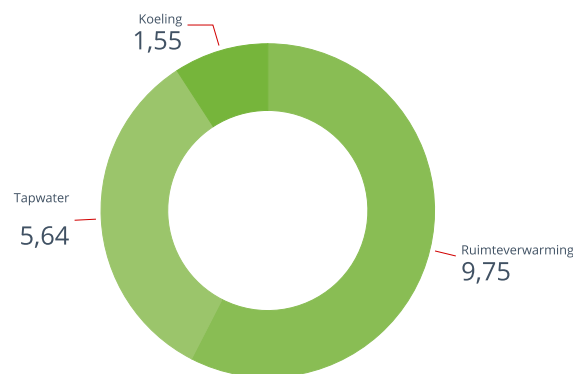
Reservering centrale technische
ruimte in gebied: 120-170 m²*

*Voor AKIII of combinatie KBK

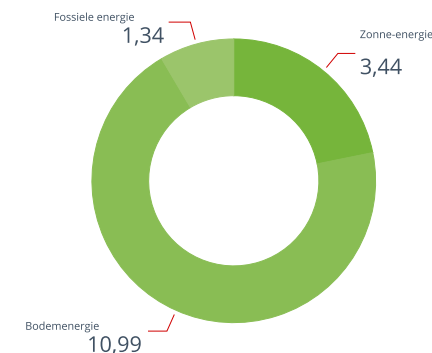
WKO met centrale warmtepomp

Factsheet Duurzaamheid
Amstelkwartier III

Warmtevraag (TJ/jr)



Primaire energie (TJ/jr)



	Ruimteverwarming en -koude (kWh/m2, thermisch)	Tapwater (GJ per woning, thermisch)	Fossiele primaire energie (kWh/m2, gebouwgebonden)	% hernieuwbare energie (gebouwgebonden)
Wonen	47	7	8	91%
Utiliteit	50	0	-0.9	101%

Fossiele primaire energie

8 kWh/m2

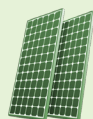
Hernieuwbare energie

91%

Energieneutraal

Benodigde opwekking

Compensatie 100% gebouwgebonden energie incl. huishoudelijke energie: extra opwerk 6,8 TJ vereist



Totaal vereist: 23.075 m² bruikbaar dakoppervlak
(=240% van huidig bruikbaar oppervlak)

Hierbij wordt voor huishoudens gerekend met 26 kWh/m² huishoudelijke energie, voor kantoren 55 kWh/m².

WKO met centrale warmtepomp

Factsheet Financieel Amstelskwartier III

Begroting CAPEX

€ 7,6_M

Begroting OPEX

€ 0,61_{M/jr}

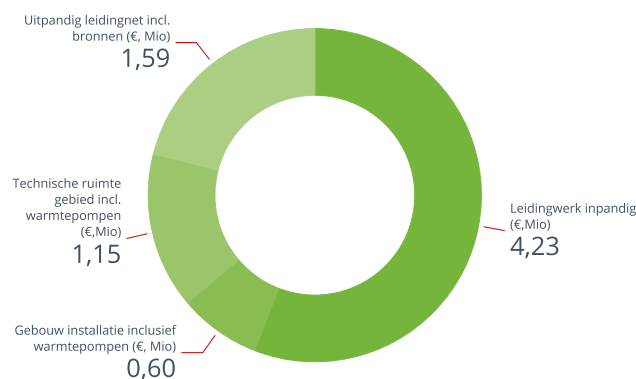
BAK-Woningen

€ 5600

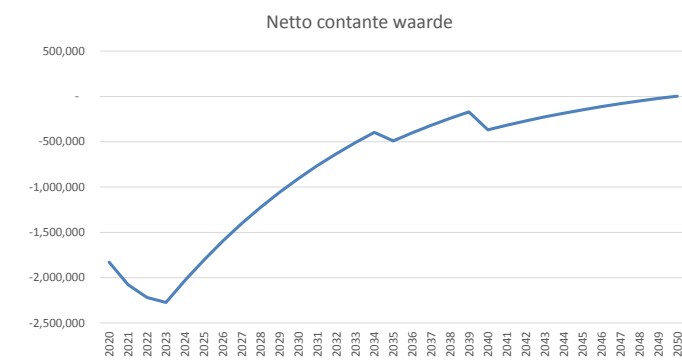
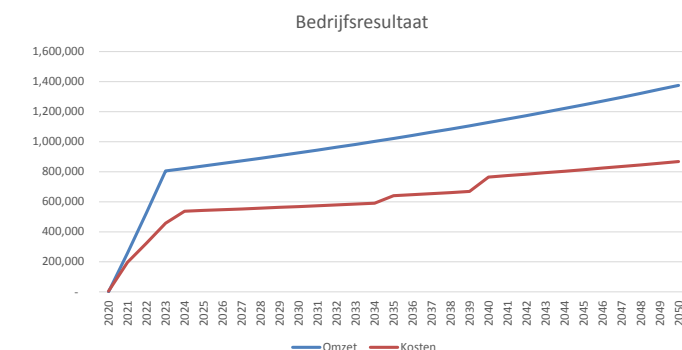
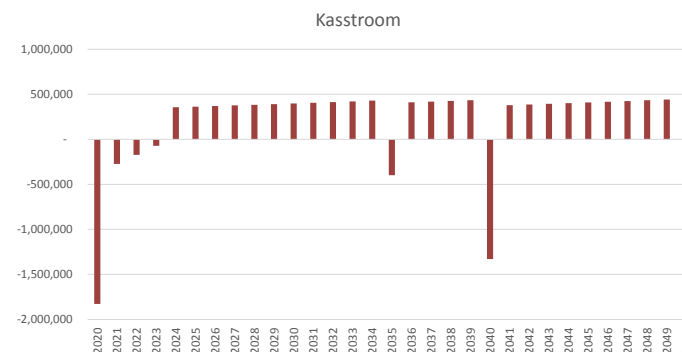
BAK-Utiliteit

€ 75_{/kW}

Verdeling CAPEX (€, Mio)

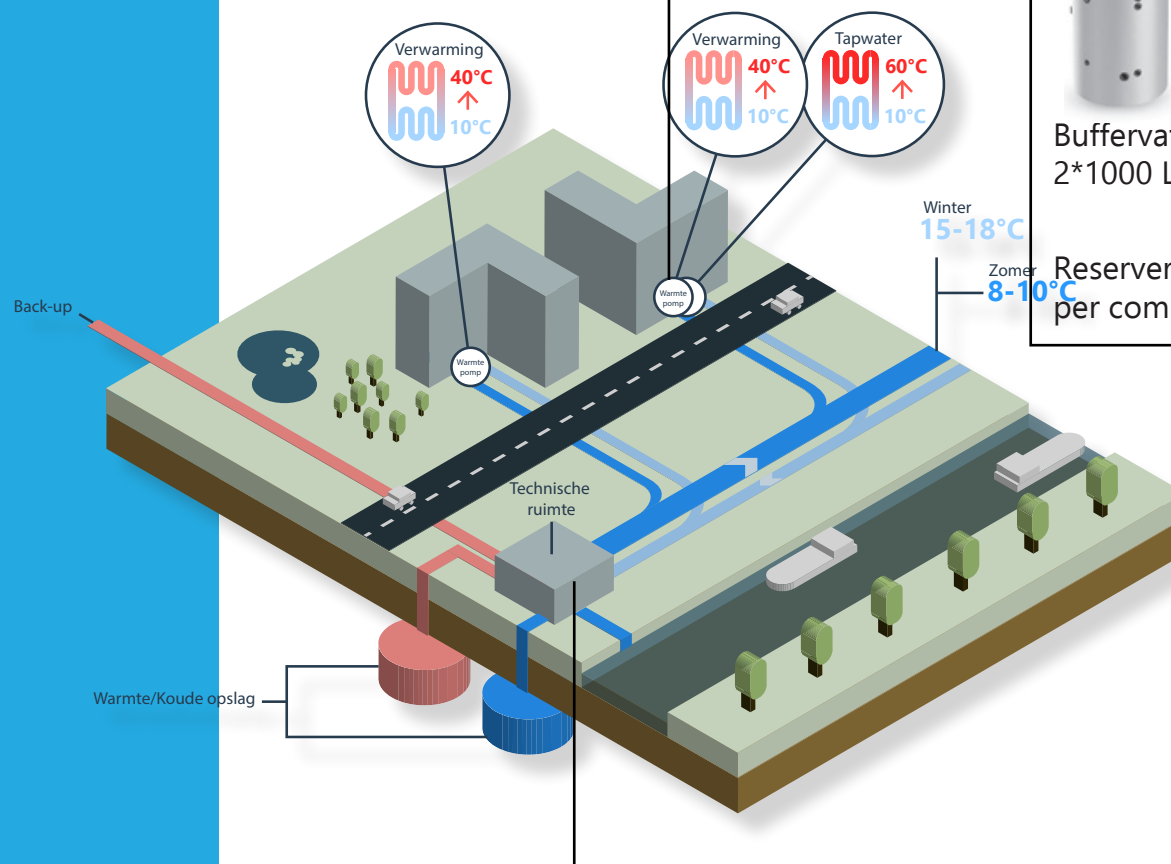


Begroting (CAPEX, totaal)	7.6	€, M
Begroting (OPEX, gemiddeld)	0.61	€/jr, M
Netto-contante-waarde	0	€
Deelname ontwikkelaars	100	%
Vollooperperiode	3	jaar
BAK-Woningen	5600	€/aansl.
BAK-Utiliteit	75	€/kW
Rendementseis	10	%
Prijs warmte	23,53	€/GJ
Prijs koude	0	€/GJ
Vastrecht woningen	264	€/jr.
Vastrecht utiliteit	14	€/kW/jr.



WKO met Bronnet

Systeem en
ruimtebeslag
Amstelkwartier III



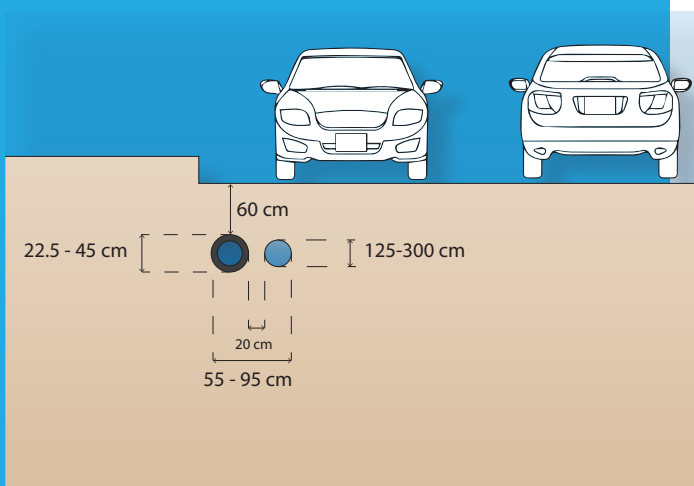
Buffervaten:
2*1000 L



Warmtepomp
tapwater & verwarming
3*90kW + 2*24kW (E)

Reservering technische ruimte
per complex: 80 m²

Gemiddeld complex AKIII en KBK

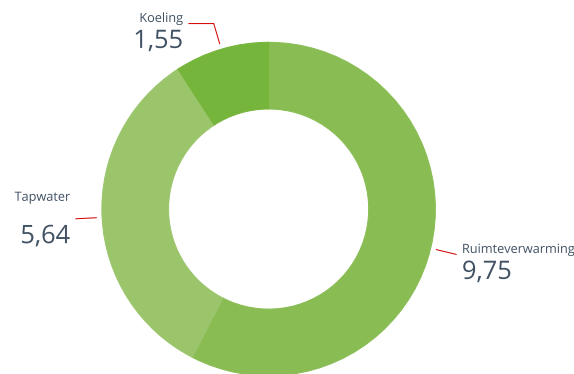


Reservering centrale technische
ruimte in gebied: 15 m²

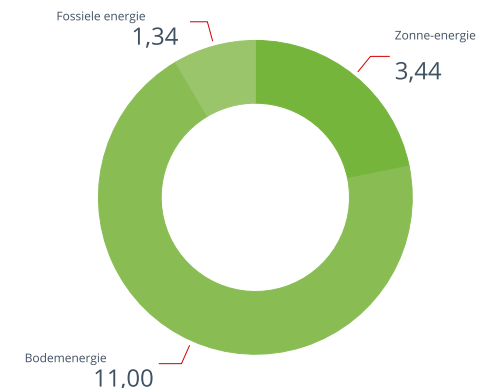
WKO met Bronnet

Duurzaamheid
Amstelkwartier III

Warmtevraag (TJ/jr)



Primaire energie (TJ/jr)



	Ruimteverwarming en -koude (kWh/m2, thermisch)	Tapwater (GJ per woning, thermisch)	Fossiele primaire energie (kWh/m2, gebouwgebonden)	% hernieuwbare energie (gebouwgebonden)
Wonen	47	7	8	91%
Utiliteit	50	0	-0,9	101%

Fossiele primaire energie

8kWh/m2

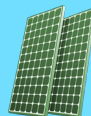
Hernieuwbare energie

91%

Energieneutraal

Benodigde opwekking

Compensatie 100% gebouwgebonden energie incl. huishoudelijke energie: extra opwerk 6,8 TJ vereist



Totaal vereist: 23.075 m² bruikbaar dakoppervlak
(=240% van huidig bruikbaar oppervlak)

Hierbij wordt voor huishoudens gerekend met 26 kWh/m2 huishoudelijke energie, voor kantoren 55 kWh/m2.

WKO met Bronnet

Financieel
Amstelkwartier III

Begroting CAPEX

€ 8,5_M

Begroting OPEX

€ 0,77_M

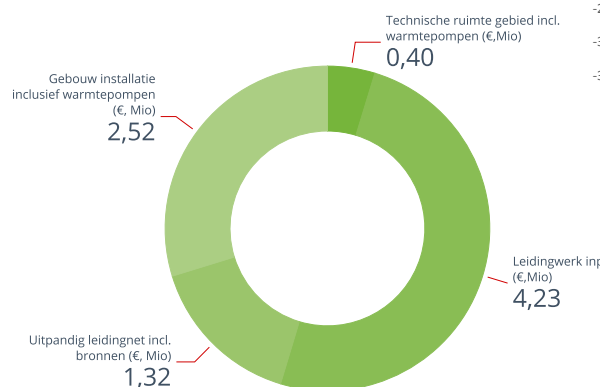
BAK-Woningen

€ 6660_{/aansluiting}

BAK-Utiliteit

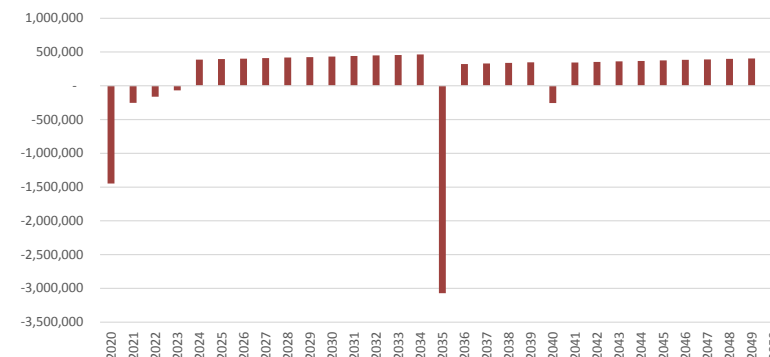
€ 75_{/kW}

Verdeling CAPEX (€, Mio)

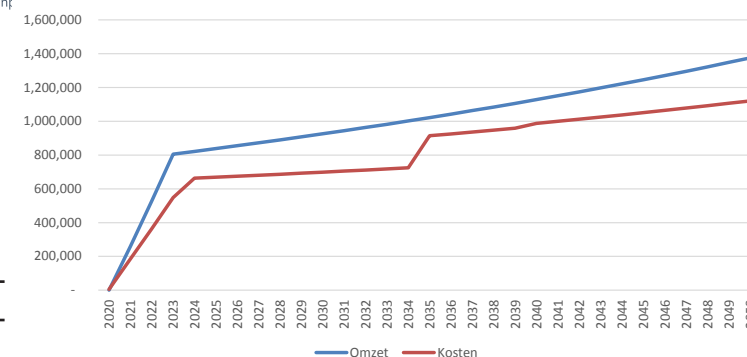


Begroting (CAPEX, totaal)	8.5	€, M
Begroting (OPEX, gemiddeld)	0.77	€/jr, M
Netto-contante-waarde	0	€
Deelname ontwikkelaars	100	%
Vollooperperiode	3	jaar
BAK-Woningen	7300	€/aansl.
BAK-Utiliteit	75	€/kW
Rendementseis	10	%
Prijs warmte	23,53	€/GJ
Prijs koude	0	€/GJ
Vastrecht woningen	264	€/jr.
Vastrecht utiliteit	14	€/kW/jr.

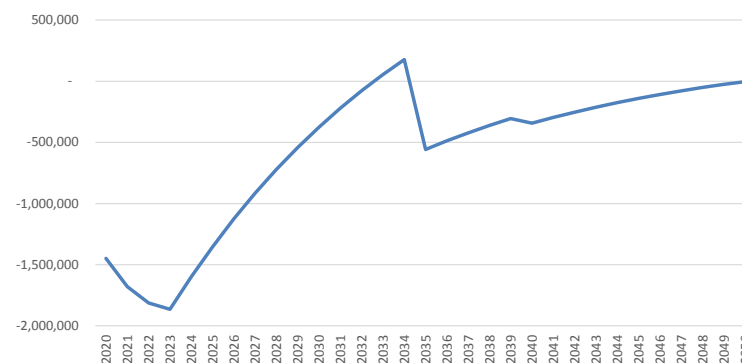
Kasstroom



Bedrijfsresultaat



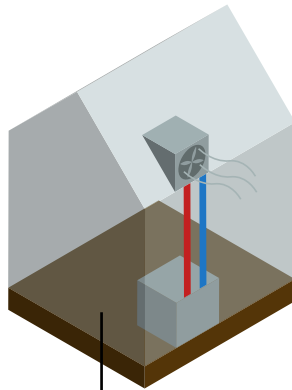
Netto contante waarde



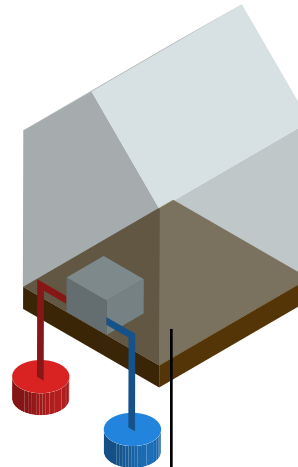
Individuele oplossingen

Systeem en
ruimtebeslag
Amstelkwartier III

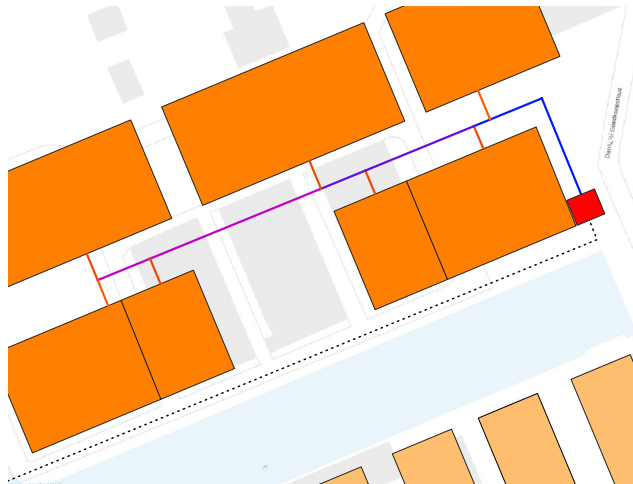
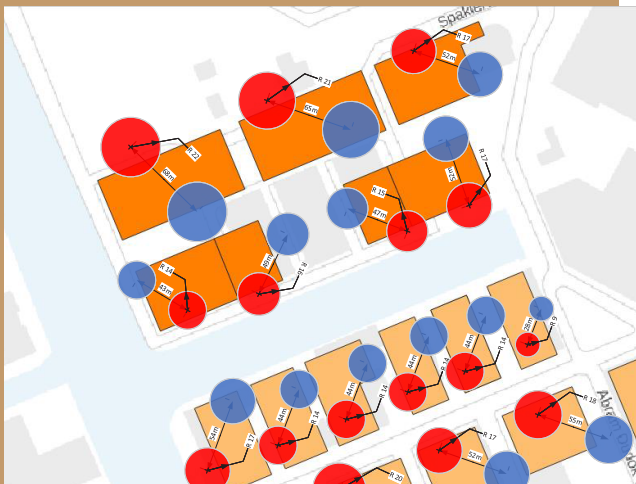
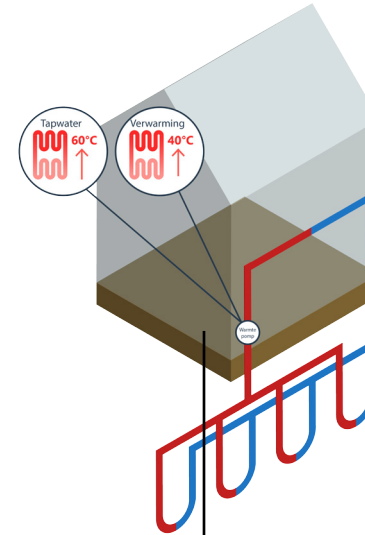
28% Lucht-water
warmtepomp



44% WKO



28% Bodemlus



Buffervaten:
2*1000 L



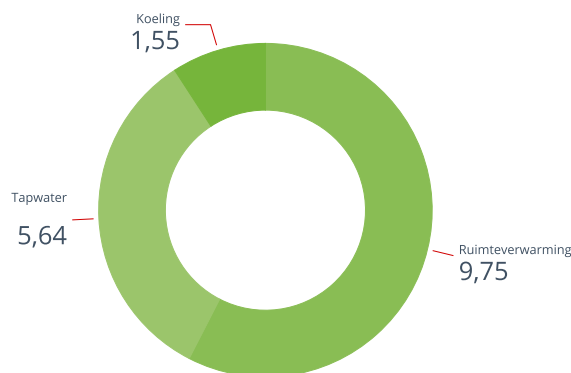
Warmtepomp
tapwater & verwarming
3*90kW + 2*24kW (E)

Reservering technische ruimte
per complex: 80 m²

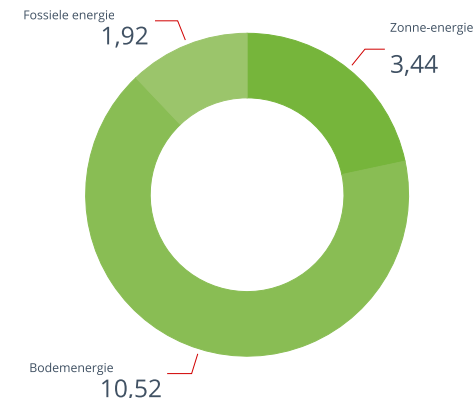
Individuele oplossingen

Duurzaamheid
Amstelkwartier III

Warmtevraag (TJ/jr)



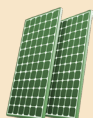
Primaire energie (TJ/jr)



	Ruimteverwarming en -koude (kWh/m2, thermisch)	Tapwater (GJ per woning, thermisch)	Fossiele primaire energie (kWh/m2, gebouwgebonden)	% hernieuwbare energie (gebouwgebonden)
Wonen	47	7	11	87%
Utiliteit	50	0	2	97%

Energieneutraal

Compensatie 100% gebouwgebonden energie incl. huishoudelijke energie: extra opwerk 7,2 TJ vereist



Totaal vereist: 23.877 m² bruikbaar dakoppervlak
(=249% van huidig bruikbaar oppervlak)

Hierbij wordt voor huishoudens gerekend met 26 kWh/m² huishoudelijke energie, voor kantoren 55 kWh/m².

Fossiele primaire energie

11 kWh/m²

Hernieuwbare energie

87 %

Individuele oplossingen

Financieel

Amstelkwartier III

Begroting CAPEX

€ 8,9 M

Begroting OPEX

€ 0,87 M/jr

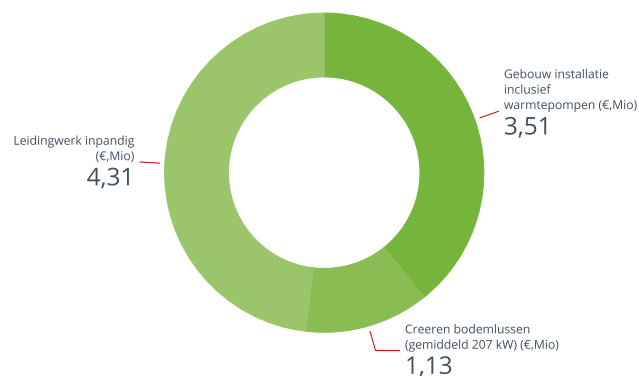
BAK-Woningen

€ 8550/aansluiting

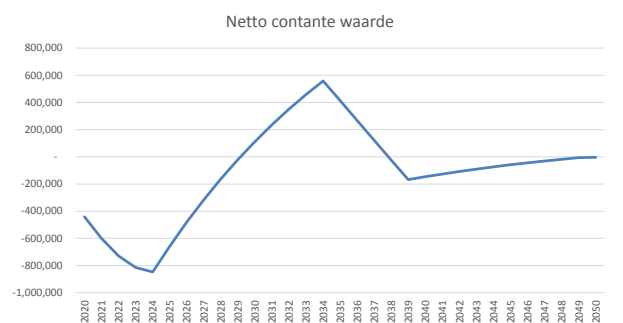
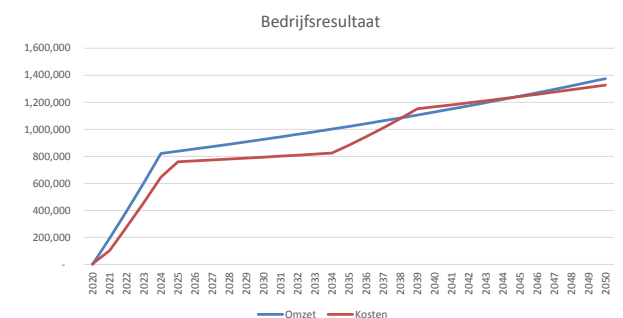
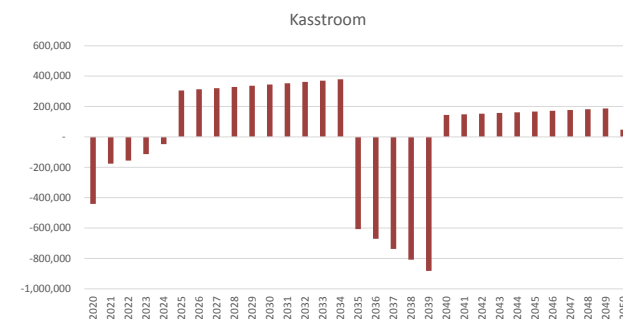
BAK-Utiliteit

€ 75/kW

Verdeling CAPEX (€, Mio)



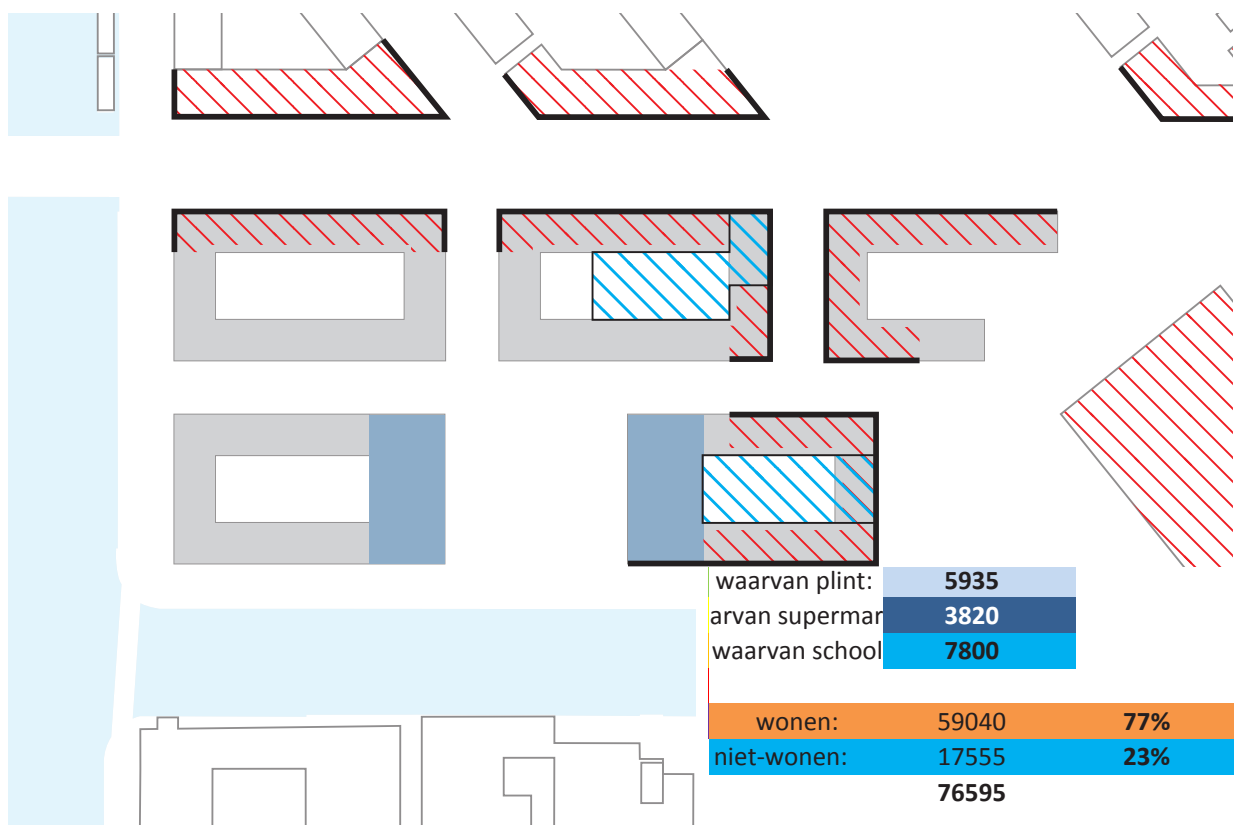
Begroting (CAPEX, totaal)	8.9	€, M
Begroting (OPEX, gemiddeld)	0.87	€/jr, M
Netto-contante-waarde	0	€
Deelname ontwikkelaars	100	%
Vollooperperiode	3	jaar
BAK-Woningen	8550	€/aansl.
BAK-Utiliteit	75	€/kW
Rendementseis	10	%
Prijs warmte	23,53	€/GJ
Prijs koude	0	€/GJ
Vastrecht woningen	264	€/jr.
Vastrecht utiliteit	14	€/kW/jr.



3



Amstelkwartier III



Dit hoofdstuk geeft een situatieschets van Amstelkwartier III en de belangrijkste gegevens die aangeleverd zijn door gemeente Amsterdam voor het doen van deze studie.

Naast de ruimtereservering voor twee scholen en twee supermarkten wordt het overgrote gedeelte van de nieuwbouw gereserveerd voor woningen. Dit betekent dat naast ruimteverwarming ook de tapwater vraag bepalend is voor de warmtevraag van het gebied.

De gemeente is eigenaar van het gebied en heeft daarom grote invloed op het tempo van de ontwikkeling en eventuele keuze voor toepassing van een collectief warmte- en koude systeem.

Het opgegeven bruto woonoppervlak is 73 m² per appartement, wij gaan (in overleg met de gemeente) uit van een gebruiksoppervlak van 59 m².

Kaart 1: verwachte invulling van ontwikkelgebied AKIII

Bouwveld	Utiliteit/ winkels (m2)	Supermarkt (m2)	School (m2)	Wonen (m2)	Totaal (m2)	Aantal woningen
9	1484			15255	16739	208
10	1484	1910		12175	15569	166
11	1484			8948	10432	122
12a				7041	7041	96
12b			3900	4987	8887	68
13a			3900	4400	8300	60
13b	1483	1910		6234	9627	85
Totaal	5935	3820	7800	59040	76595	805

Tabel 1: verdeling oppervlaktes AKIII

4

Warmtevraag



Voor het ontwerpen van een systeem is de warmtevraag van het gebied maatgevend. Om de warmtevraag voor het gebied te bepalen gaan wij uit van de BENG-normen. Deze normen zullen gelden tijdens de ontwikkeling van het gebied.

Huidige normen

Tijdens het schrijven van dit onderzoek gelden twee normen op het gebied van warmtevraag/isolatie: het bouwbesluit (voorschrift minimale isolatie) en de EPC-eis van 0,4 (in Amsterdam EPC 0,2). De BENG- vervangt de EPC-eis op 1 januari 2020. Naast de BENG-eisen wordt ook de NTA 8800 geïntroduceerd als vervanging voor de NEN7210. De NEN7210 is de methode waarmee nu de EPC berekend wordt. Niet alleen de eisen, maar ook de rekenmethodiek om te komen tot die eisen verandert dus.

Tijdens het formuleren van dit onderzoek zijn de BENG-eisen en NTA 8800 nog niet definitief en onderwerp van veel discussie. Binnen dit onderzoek gaan wij uit van de concept BENG-eisen gepresenteerd op het NEN congres van 20 november 2018. Tijdens dit congres werden bovendien rekenvoorbeelden geïntroduceerd volgens de NTA 8800. Voor het bepalen van de warmtevraag van woningen gaan wij uit van deze voorbeeldberekeningen.

Een belangrijke kanttekening hierbij is dat de gemeente Amsterdam mogelijk een strengere eis dan de voorgenomen BENG eis wil hanteren (zoals in het verleden ook voor de EPC-eis het geval was). Op dit moment is nog onvoldoende zicht op deze alternatieve eis en wordt deze binnen het onderzoek buiten beschouwing gelaten.

BENG-eisen

De BENG eis is opgebouwd uit drie eisen, BENG1, BENG2 en BENG3.

- BENG1: maximale thermische energievraag per vierkante meter van een gebouw, voor verwarmen en koelen.
- BENG2: maximale primaire fossiele energie per vierkante meter van een gebouw, benodigd voor verwarmen, koelen, warm tapwater en hulpenergie.
- BENG3: minimaal hernieuwbaar aandeel aan energie, benodigd voor **verwarmen, koelen, warm tapwater en hulpenergie**.

Woningen	BENG 1	BENG 2	BENG 3
Concept eisen BENG op basis van NTA 8800			
Grondgebonden woningen	* $A_{10}/A_{01} \leq 2,2$: ≤ 70 kWh/m ²	≤ 30 kWh/m ²	$\geq 50\%$
Woongebouwen	* $A_{10}/A_{01} \geq 2,2$: $70 + 50 (A_{10}/A_{01} - 2,2)$	≤ 50 kWh/m ²	$\geq 40\%$

* A_{10} : Verliesoppervlak (dichte constructies of ramen grenzend aan buitenoppervlak)

* A_{01} : Gebruiksoppervlak

BENG 1: netto warmte- en koudevraag in een woning per m² gebruiksoppervlak.

BENG 2: de dekking van de energiebehoefte per m² gebruiksoppervlak, ook wel primaire energie.

BENG 3: aandeel hernieuwbare energie.

Tabel 2: voorlopige Beng eisen zoals gepresenteerd op het NEN-congres van 20 november 2018

→ Standaard Woongebouw ingevoerd in NTA 8800, concepten met mech. afzuiging (C4c)

	All-electric	All-electric	Biomassa
RC gevel/vloer/dak	4,5 / 3,5 / 6 –	4,5 / 3,5 / 6 –	4,5 / 3,5 / 6 –
Uraam - infiltratie	1,4 – 0,4	1,4 – 0,4	1,4 – 0,4
Verwarming	Ind. WP Bodem op col. bodembron	Col. WP bodem	Coll. pellet ketel
Tapwater	Combi WP & DWTW	El. doorstroomer	Coll. pellet ketel
Ventilatie	C4c systeem (CO ₂ sturing slaap + woonruimte)		
Buitenzonwering	Nee → vloerkoeling	Ja	Ja
PV	0 Wp	700 Wp	2500 Wp
In EPC	0,36	< 0,4	-
BENG 1 (≤ 70)	47,6	45,5	45,5
BENG 2 (≤ 50)	24,2	50,0	48,6
BENG 3 (≥ 40%)	66%	43%	63%

Tabel 3: Rood omlijnd: warmtevraag standaard woongebouw met in achtname van bouwbesluit, met vloerkoeling. Berekend volgens NTA 8800 (Bron: DGMR)

Bouvveld	Utiliteit/ winkels (m2)	Supermarkt (m2)	School (m2)	Wonen (m2)	Totaal (m2)	Aantal woningen	Verwarming (GJ/jaar)	Tapwater (GJ/jaar)	Koeling (GJ/ jaar)
9	1484			15255	16739	208	2760	1456	133
10	1484	1910		12175	15569	166	2545	1162	154
11	1484			8948	10432	122	1714	854	92
12a				7041	7041	96	1168	672	47
12b			3900	4987	8887	68	827	476	118
13a			3900	4400	8300	60	730	420	114
13b	1483	1910		6234	9627	85	1559	595	115
Totaal	5935	3820	7800	59040	76595	805	11304	5635	772

Tabel 4: Warmte- en koude vraag per kavel

Woningen

Ruimteverwarming en -koeling

BENG1 (voorlopig) schrijft voor dat woningen maximaal 70 kWh/m² warmte- en koudevraag mogen hebben. De voorbeeldwoning van DGMR (zie tabel 3) laat echter zien dat in een woongebouw een appartement hier ruimschoots aan voldoet, wanneer het bouwbesluit in acht wordt genomen. Wij gaan uit van 45.5 kWh/m² warmtevraag en 1.1 kWh/m² koudevraag.

Tapwater

Voor gevraagd tapwaterverbruik gaan wij uit van 7 GJ per appartement op jaarbasis. Dit is gebaseerd op ervaringsgetallen van Greenvis.

Utiliteit

Ruimteverwarming en -koeling

Tot nu toe zijn er nog geen voorbeeldberekeningen voor utiliteit beschikbaar volgens NTA 8800. Vandaar dat wij nu uitgaan van de maximale warmte- en koudevraag zoals geformuleerd in de eis BENG1. De eis komt voor utiliteit neer op 50 kWh/m².

5

Systeembeschrijving en voorselectie

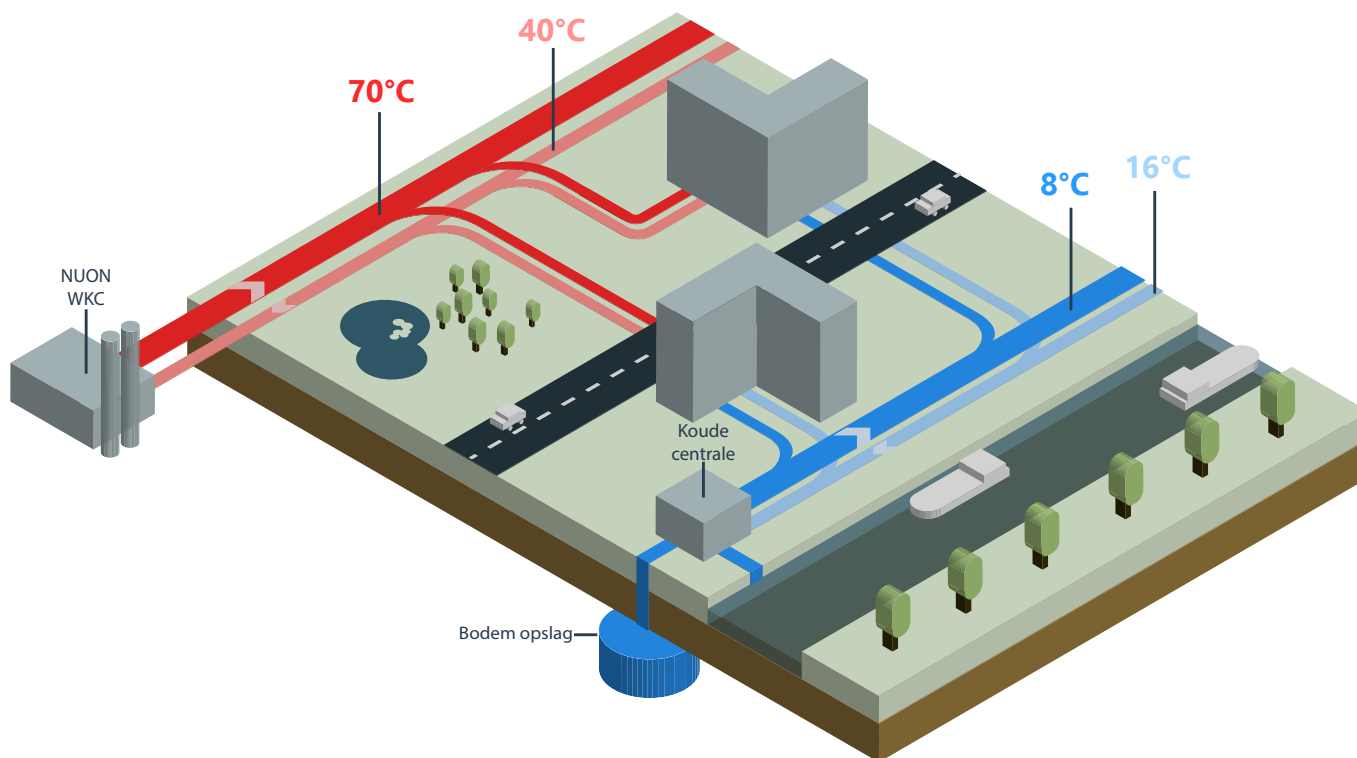


Dit hoofdstuk beschrijft de zes onderzochte systemen en de voorselectie van deze systemen:

- A: Nuon stadswarmte hoge temperatuur**
- B1: Nuon stadswarmte lage temperatuur**
- B2: Datacenter en lage temperatuur**
- B3: WKO met lage temperatuur**
- C: Bronnet met decentrale warmtepompen**
- D: Individuele oplossingen**

A: Nuon stadswarmte hoge temperatuur

In deze variant wordt een aansluiting gerealiseerd met de bestaande hoofdleiding van het Nuon stadswarmingsnet, gelegen ter plaatse van de Spaklerweg. De aftakking van de hoofdleiding eindigt in een warmteoverdrachtstation (WOS), waar warmteoverdracht plaatsvindt naar het primaire net in de wijk. De temperatuur van de aanvoerleiding in de panden is 70 graden Celcius, de retourtemperatuur is 50 graden Celcius. Binnen een technische ruimte in de panden kan het leidingnet op verschillende manieren verder worden uitgesplitst naar individuele stijgleidingen met afleversets per woning of utiliteitsruimte. De afleversets zijn aangesloten op de verwarmingsinstallatie van de woning of utiliteitsruimte (bijvoorbeeld radiatoren of vloerverwarming). Ook de leidingen voor warm tapwater wordt gevoed door het afleverset. Warmteoverdracht naar de verwarmingsinstallatie en tapwater gebeurt in het afleverset middels warmtewisselaars. Koeling wordt verzorgd via een apart leidingnet, de bron hiervoor is oppervlaktewater uit de Duivendrechtse vaart in combinatie met een open bron. De open bron wordt 's winters geladen met koud oppervlaktewater. In de zomer wordt de koude bron gebruikt voor koeling, het gebruikte, warme, koelwater wordt dan geloosd in de Duivendrechtse vaart.

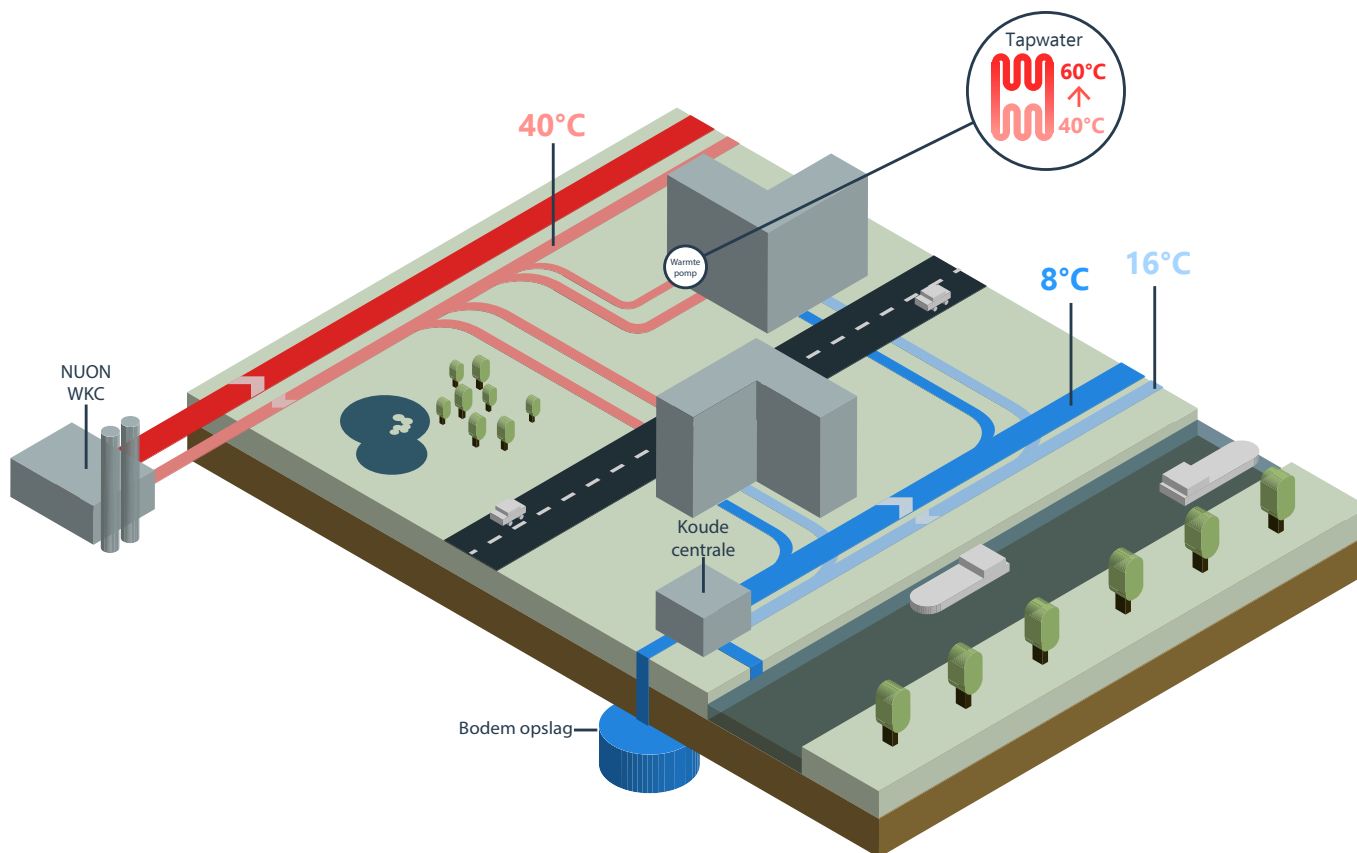


B1: Nuon stadswarmte lage temperatuur

In deze variant wordt een aansluitpunt gerealiseerd met de bestaande retourleiding van het Nuon stadsverwarmingsnet, gelegen ter plaatse van de Spaklerweg. De aftakking van de hoofdleiding eindigt in een warmtoverdrachtstation (WOS) en wordt vanuit daar verdeeld naar de verschillende panden. De temperatuur van de aanvoerleiding in de panden is 45 graden Celcius, de retourtemperatuur is 35 graden Celcius. Binnen een technische ruimte in de panden kan het leidingnet op verschillende manieren verder worden uitgesplitst naar individuele stijgleidingen met afleversets per woning of utiliteitsruimte. De afleversets zijn aangesloten op de verwarmingsinstallatie van de woning of utiliteitsruimte (bijvoorbeeld radiatoren of vloerverwarming). Koeling wordt verzorgd via een apart leidingnet, de bron hiervoor is oppervlaktewater uit de Duivendrechtse vaart in combinatie met een open bron. De open bron wordt 's winters geladen met koud oppervlaktewater. In de zomer wordt de koude bron gebruikt voor koeling, het gebruikte, warme, koelwater wordt dan geloosd in de Duivendrechtse vaart.

Voor tapwater zijn er meerdere opties:

- Elektrische naverwarming in de woning/utiliteitsruimte
- Boosterwarmtepompen in de woning/utiliteitsruimte
- Centrale warmtepomp per complex

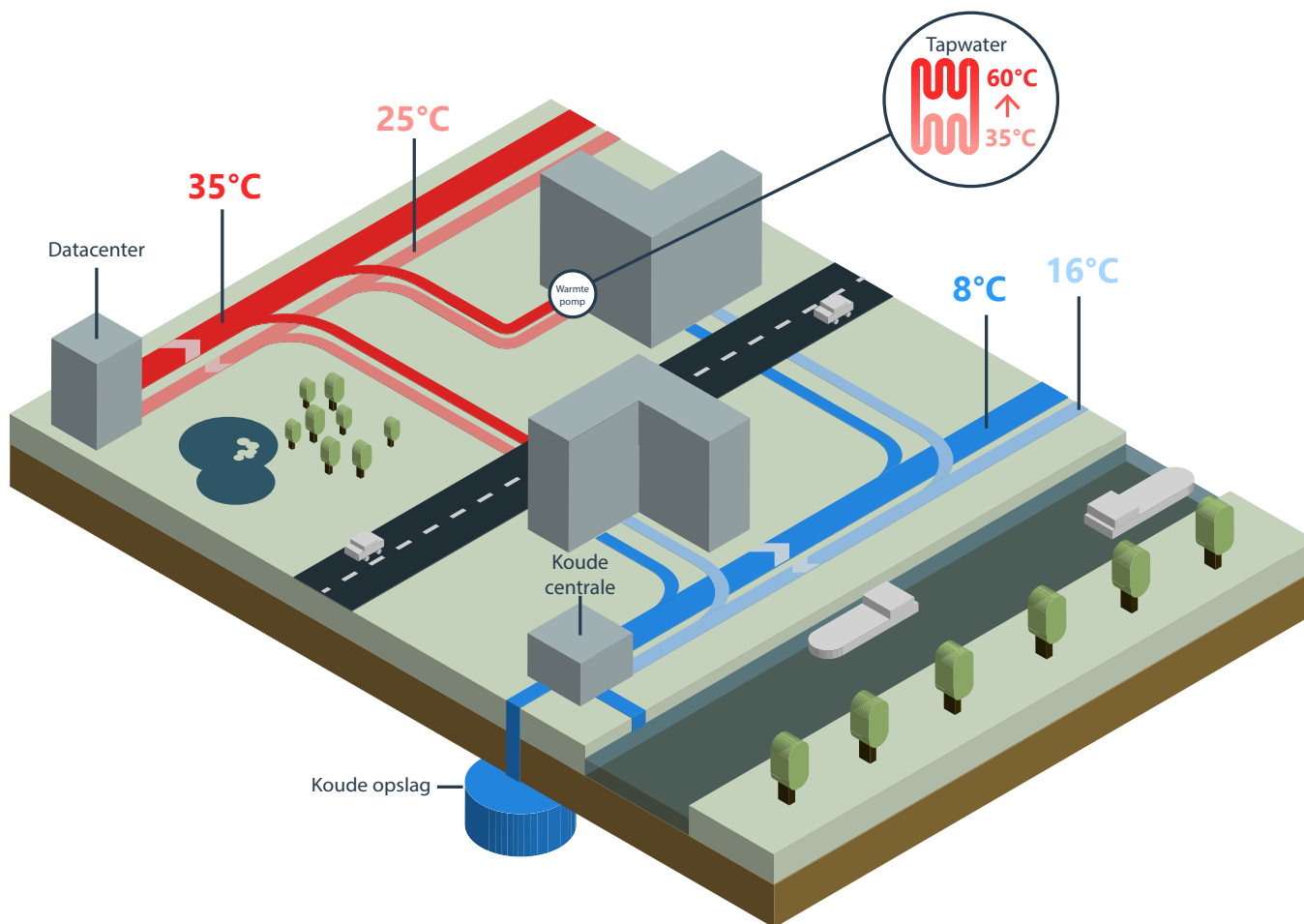


B2: Datacenter lage temperatuur

In deze variant wordt een uitkoppeling van de koelwarmte uit het datacenter gerealiseerd, eventueel in combinatie met opwaardering van deze warmte middels een warmtepomp. De uitgekoppelde warmte wordt via het wijknet verdeeld naar de verschillende panden. De temperatuur van de aanvoerleiding in de panden is 45 graden Celcius, de retourtemperatuur is 35 graden Celcius. Binnen een technische ruimte in de panden kan het leidingnet op verschillende manieren verder worden uitgesplitst naar individuele stijgleidingen met afleversets per woning of utiliteitsruimte. De afleversets zijn aangesloten op de verwarmingsinstallatie van de woning of utiliteitsruimte (bijvoorbeeld radiatoren of vloerverwarming). Koeling wordt verzorgt via een apart leidingnet, de bron hiervoor is oppervlaktewater uit de Duivendrechtse vaart in combinatie met een open bron. De open bron wordt 's winters geladen met koud oppervlaktewater. In de zomer wordt de koude bron gebruikt voor koeling, het gebruikte, warme, koelwater wordt dan geloosd in de Duivendrechtse vaart.

Voor tapwater zijn er meerdere opties:

- Elektrische naverwarming in de woning/utiliteitsruimte
- Boosterwarmtepompen in de woning/utiliteitsruimte
- Centrale warmtepomp per complex

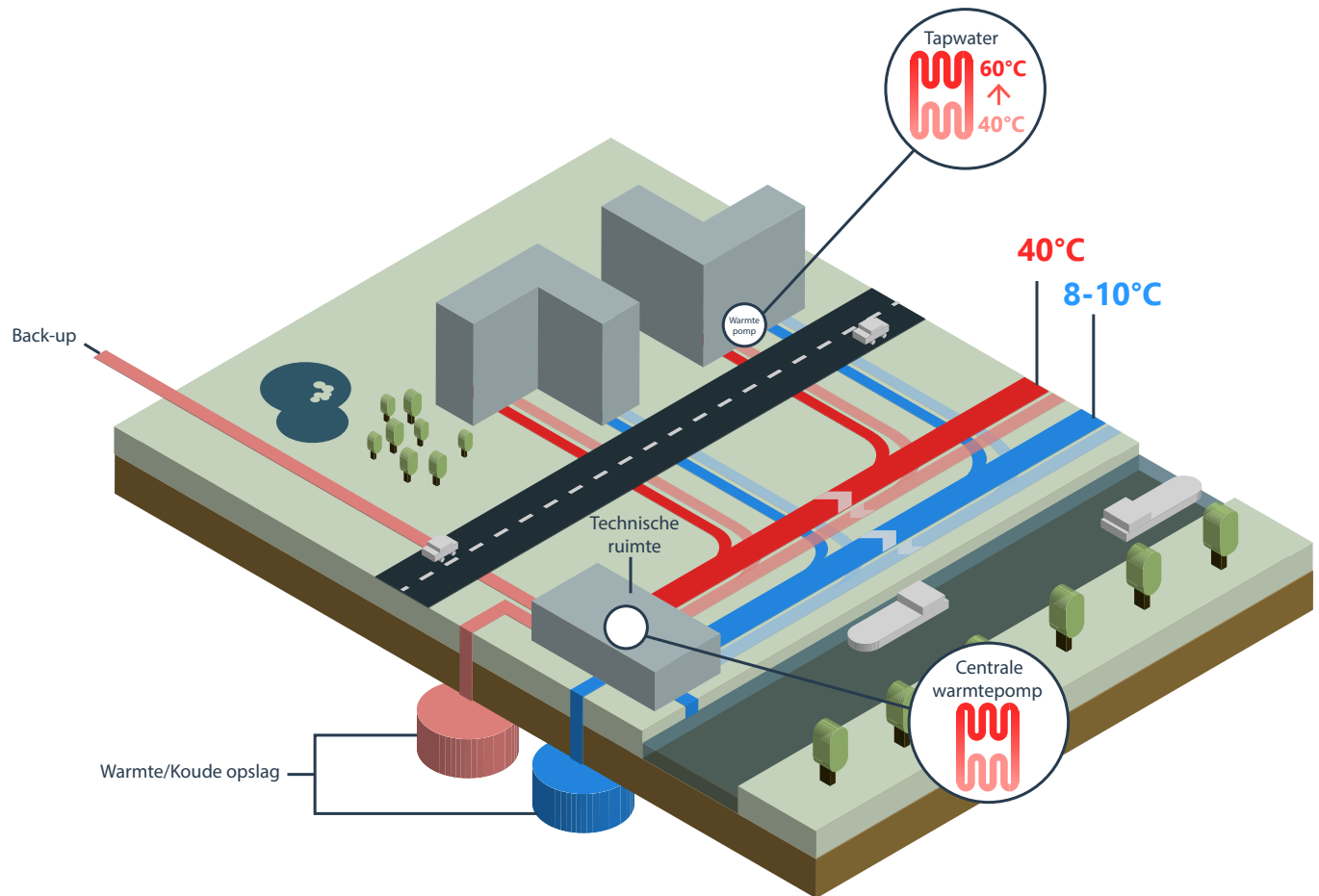


B3: WKO lage-temperatuur

In deze variant wordt gebruikgemaakt van warmte- en koudeopslag, waar vanuit zowel koude als warmte voor het gebied gerealiseerd wordt. De koude bron levert 's zomers koude aan de panden, het opgewarmde koelwater wordt vervolgens opgeslagen in de warme bron. In de winter wordt de warmtebron gebruikt ter verwarming van de panden. Een centrale warmtepomp waardeert de bronwarmte op van 17 naar 45 graden Celcius. De temperatuur van de aanvoerleiding in de panden is 45 graden Celcius, de retourtemperatuur is 35 graden Celcius. Binnen een technische ruimte in de panden kan het leidingnet op verschillende manieren verder worden uitgesplitst naar individuele stijgleidingen met afleversets per woning of utiliteitsruimte. De afleversets zijn aangesloten op de verwarmingsinstallatie van de woning of utiliteitsruimte (bijvoorbeeld radiatoren of vloerverwarming).

Voor tapwater zijn er meerdere opties:

- Elektrische naverwarming in de woning/utiliteitsruimte
- Boosterwarmtepompen in de woning/utiliteitsruimte
- Centrale warmtepomp per complex

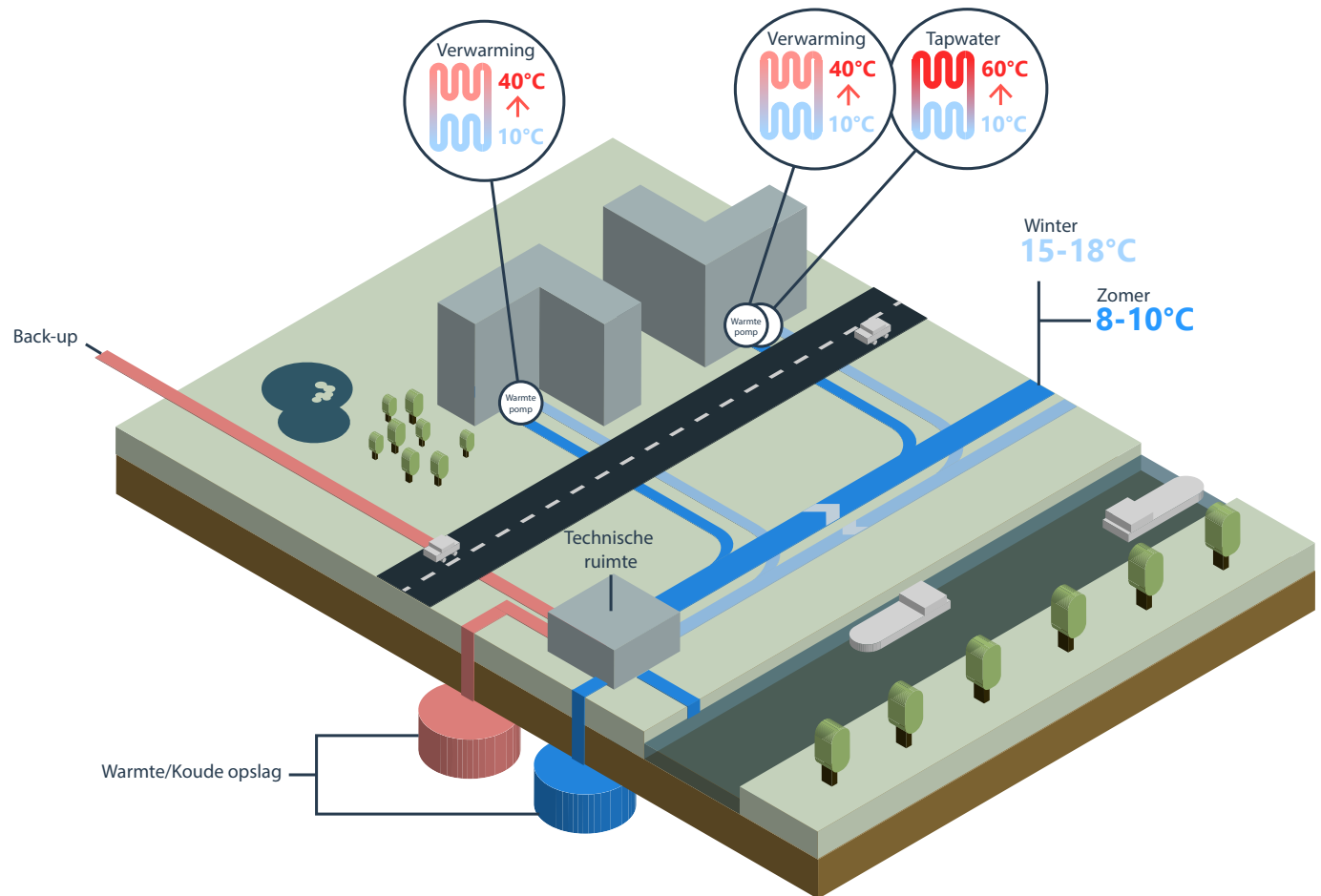


C: Bronnet met decentrale warmtepompen

In deze variant wordt één leidingnet in de wijk aangelegd voor zowel verwarming als koeling. Dit is het "bronnet" en verschilt gedurende het jaar van temperatuur. Het bronnet vormt de bron voor individuele warmtepompen in de verschillende panden voor bereiding van warmte en tapwater. Voor koeling wordt in de zomer direct koude uitgewisseld met de binneninstallatie van de panden. Ook in dit systeem wordt gebruikgemaakt van warmte- en koudeopslag. De koude bron levert 's zomers koude aan de panden (12 graden Celcius), het opgewarmde koelwater wordt vervolgens opgeslagen in de warme bron. In de winter wordt de warme bron gebruikt om het bronnet te voeden (17 graden). In de verschillende panden waarden warmtepompen deze temperatuur op naar 45 graden voor ruimteverwarming.

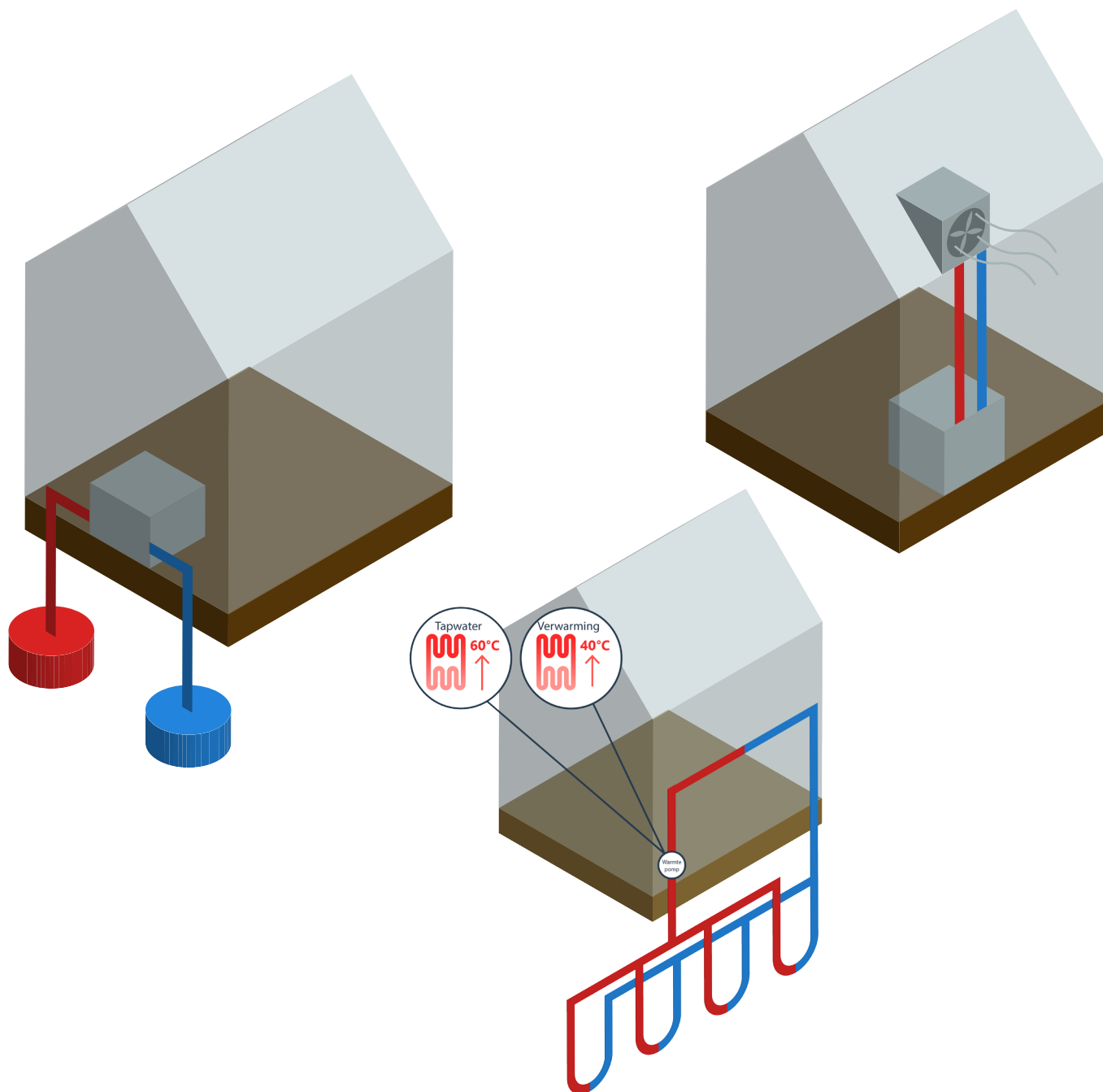
Voor tapwater zijn er meerdere opties:

- Elektrische naverwarming in de woning/utiliteitsruimte
- Boosterwarmtepompen in de woning/utiliteitsruimte
- Centrale warmtepomp per complex.



D: Mix van individuele oplossingen

In deze variant is er geen sprake van een collectieve oplossing, maar kiest elke gebouw eigenaar voor een individuele oplossing. Dit zal een mix aan oplossingen zijn, waarbij het ook mogelijk is dat er binnen het gebied semi-collectieve oplossingen ontstaan tussen verschillende pandeigenaren. Het aanleggen van een WKO heeft vanaf een gebouw met een warmtevraag van een hoog aantal woningequivalenten vaak de voorkeur. Er is hiervoor geen hard omslagpunt aan te wijzen, een kostenafweging zal namelijk altijd contextspecifiek zijn en afhankelijk zijn van een specifiek ontwerp voor een WKO systeem. In deze studie gaan wij ervan uit dat voor gebouwen met een aansluitvermogen van hoger dan 800 kW, WKO-systeem een gunstiger alternatief is. De verwachting is dan ook dat deze gebouw eigenaren hiervoor zullen kiezen. Er is een limiet aan toe te passen WKO's in het gebied, vanwege de interferentie tussen de bronnen. Het zal dus nooit zo kunnen zijn dat elke gebouw eigenaar een eigen WKO aanlegt. In plaats daarvan zullen eigenaren bij gebrek aan ruimte moeten kiezen voor een bodemlus systeem, dat minder efficiënt is. Ook aan de toepassing van bodemlussystemen zit een limiet, omdat het te ver uitkoelen van de grond in een gebied de systemen minder efficiënt maakt. Dit betekent dat de toepassing van lucht-water warmtepompen de 3e oplossing wordt in scenario, een variant die met het hoogste elektraverbruik en vermogensvraag binnen deze studie.



Voorselectie

Nader onderzoek datacenter

Een bezoek aan het datacenter wees uit dat de beschikbare capaciteit onvoldoende is voor verwarming van de gebouwde omgeving, namelijk 2.5 MW. Daarnaast is de temperatuur te laag voor direct gebruik voor ruimteverwarming, namelijk 17 graden Celcius. Om deze reden is het datacenter als bron ongeschikt bevonden.

Nuon stadsverwarming

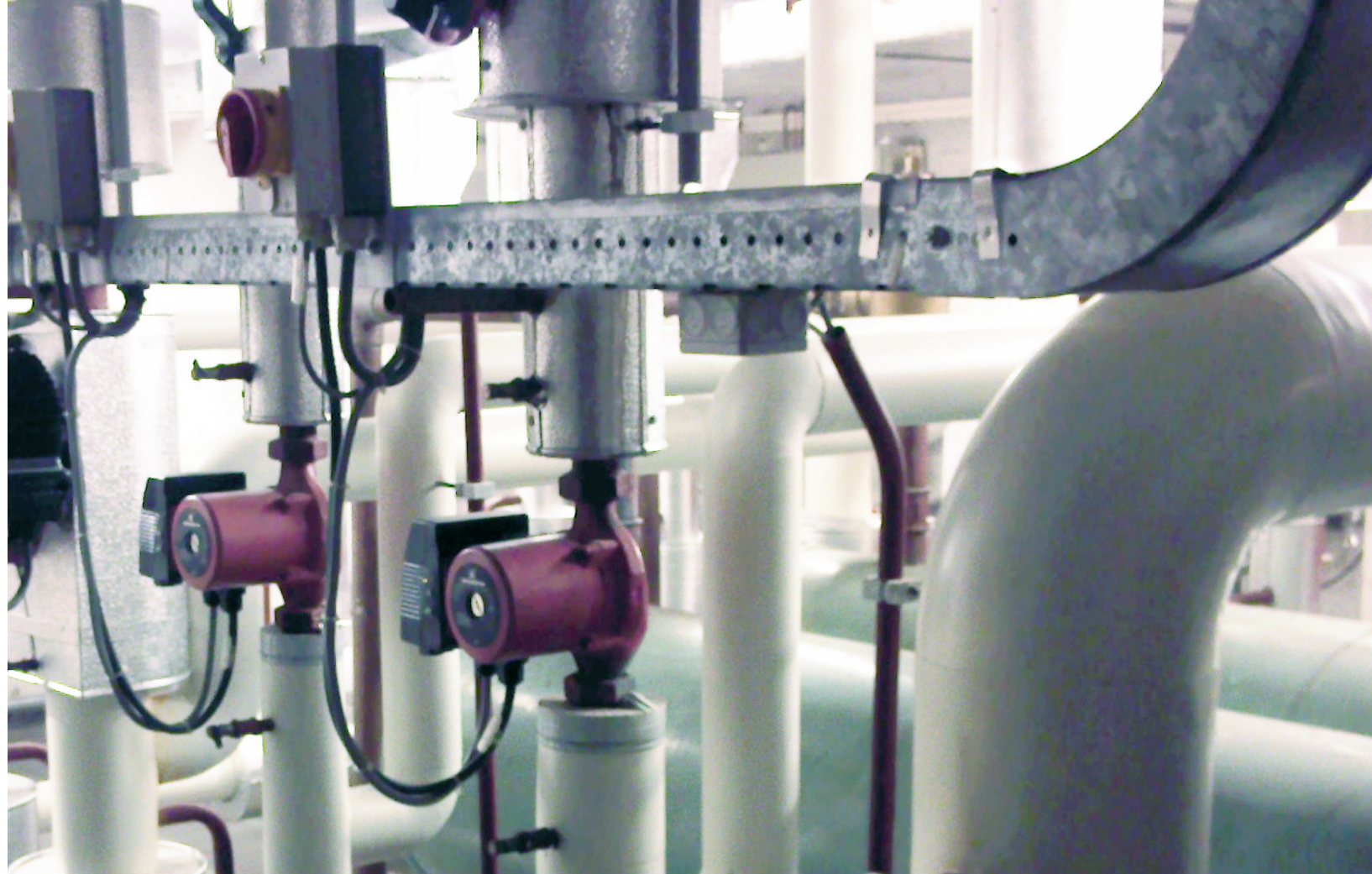
Beide varianten van de Nuon stadsverwarming zijn niet in lijn met de ambitie van de gemeente om capaciteit te reserveren voor renovatiegebieden. In principe hebben deze systemen dus niet de voorkeur. Dit en gegeven het feit dat er al veel ervaring in het gebied is met het aansluiten op dit systeem en er dus reeds veel kennis aanwezig is, heeft ertoe besloten deze varianten niet verder te onderzoeken.

Voorselectie

Op basis van het voorgaande worden variant A (Nuon hoge temperatuur stadswarmte), B1 (Nuon lage temperatuur stadswarmte) en B2 (Datacenter lage temperatuur) niet verder onderzocht. Wel onderzocht worden B3 (WKO lage-temperatuur), C (Bronnet met decentrale warmtepompen) en D (Mix van individuele oplossingen).

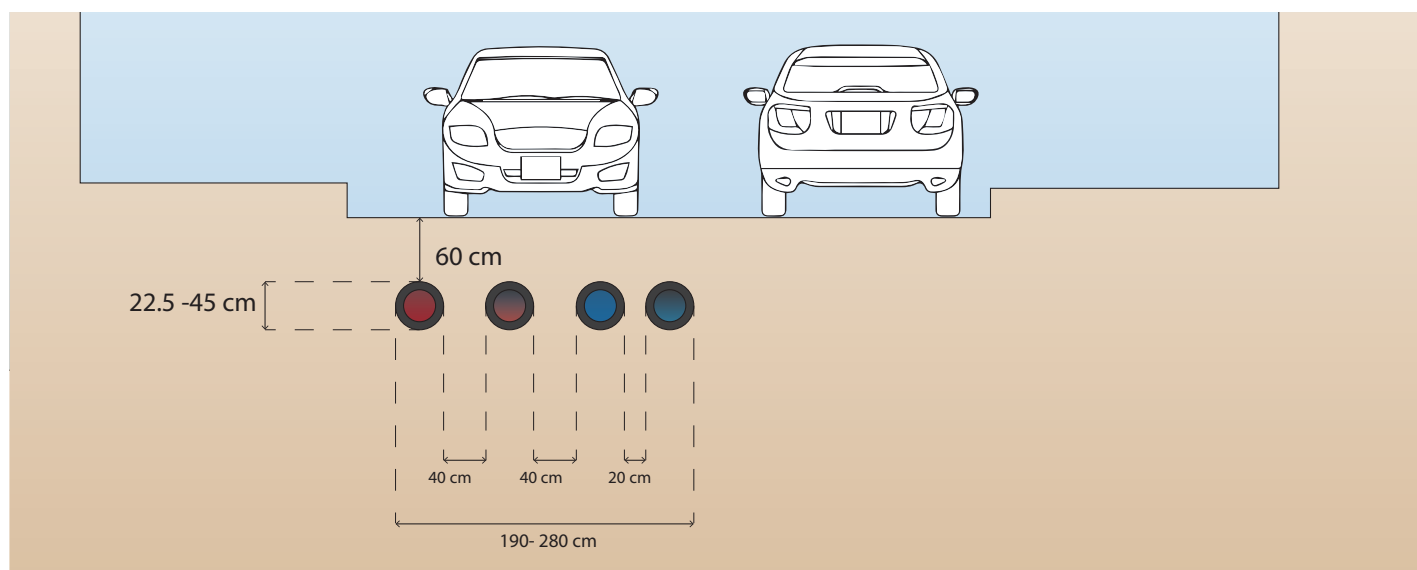
6

Ruimtelijk beslag systemen



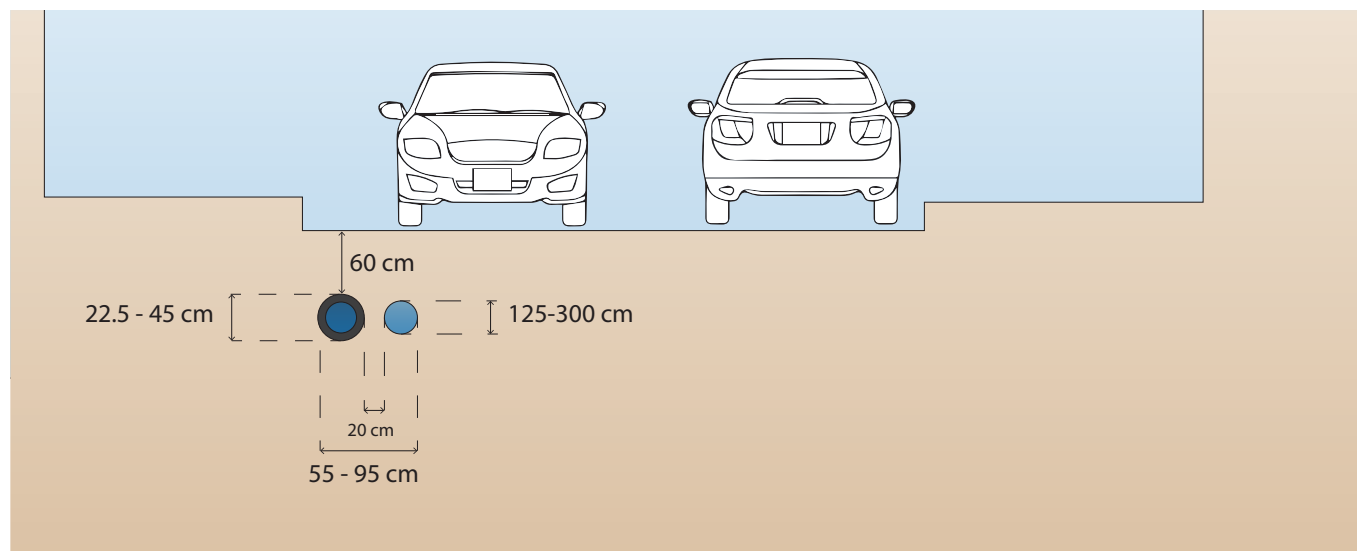
Leidingnet scenario B3

De naastgelegen plattegrond geeft het leidingverloop van het warmtenetwerk weer voor scenario B3, de onderliggende afbeelding geeft een doorsnede weer. Plaatselijk verschilt de diameter van de leidingen, daarom is in de doorsnede een bandbreedte voor afmetingen weergegeven. In de bijlages zijn ook de netten voor koudelevering en de voorschriften voor het plaatsen van verschillende leidingen naast elkaar te vinden.



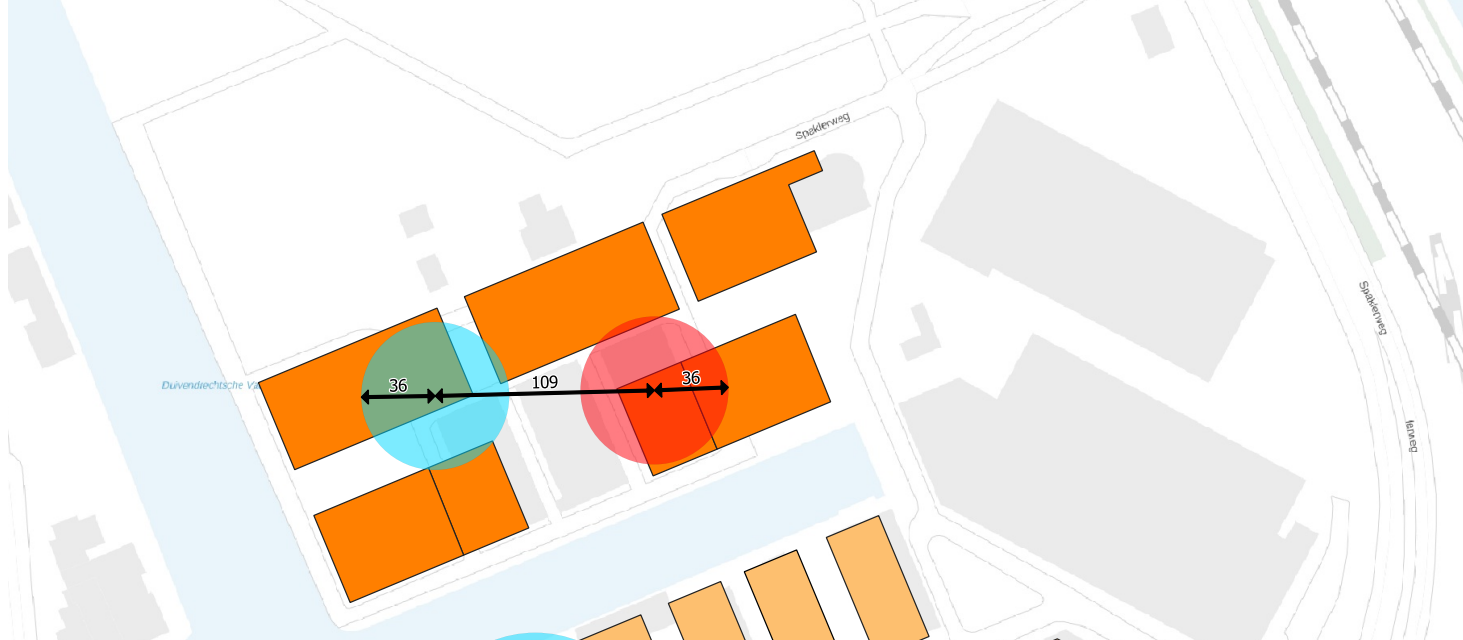
Leidingnet scenario C

De naastgelegen plattegrond geeft het leidingverloop van het bronnet weer voor scenario C, de onderliggende afbeelding geeft een doorsnede weer.



WKO

De grootte van doubletten is berekend voor twee scenario's: namelijk wanneer AKIII als gebied één WKO installeerd, of wanneer KBK en AK III samen een WKO installeren. In het eerste scenario een hebben beide bronnen een diameter van 36 meter, in het tweede scenario ligt alleen de koude bron in AKIII en heeft deze een diameter van 67 meter.

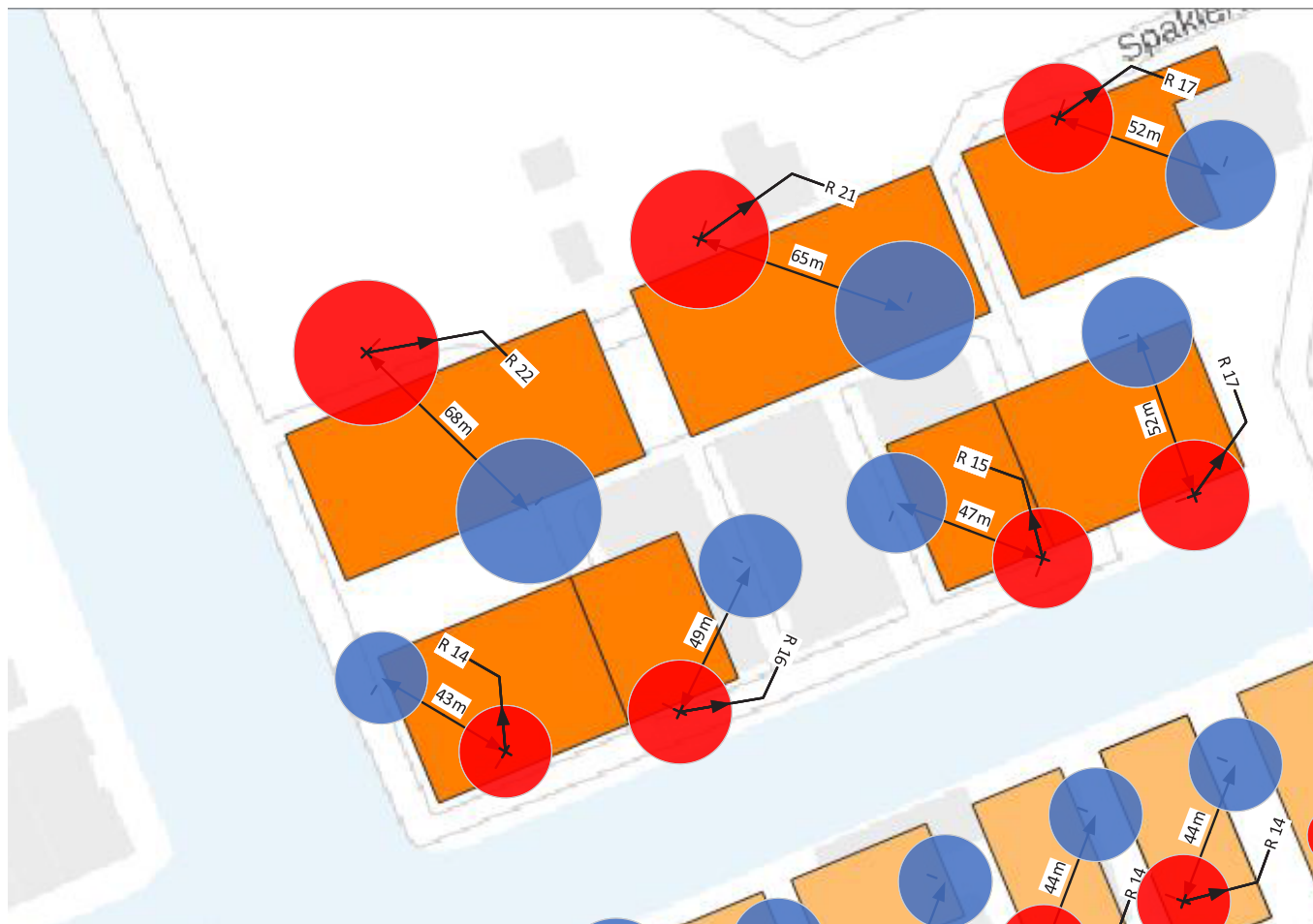


Scenario D

Wanneer eigenaren individueel een oplossing kiezen zijn deze gelimiteerd in gebruik van de bodem vanwege interferentie van bronnen.

Kaart 4 geeft het theoretisch maximale aantal WKO's weer zonder dat hier interferentie plaatsvindt.

Deze indeling gaat uit van gebalanceerde bronnen en aanleg met in achtneming van de andere (potentiële) bronnen. In de praktijk is dit zeer lastig. Het komt vaak voor dat bronnen niet in balans zijn, dit heeft direct gevolgen voor de grootte en indeling van bronnen. Deze indeling vraagt bovendien een zeer goede planning en controle op de aanleg van bronnen.



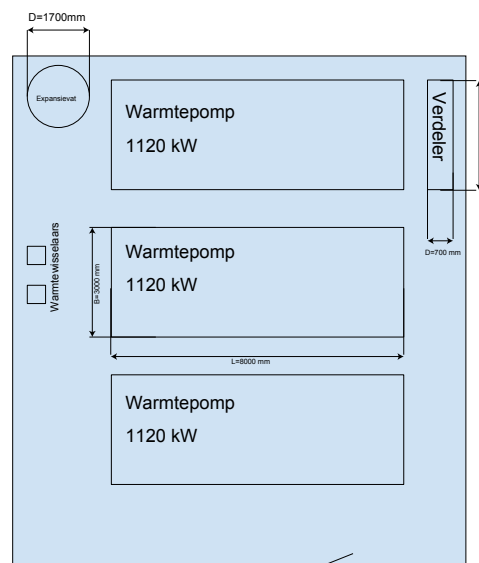
Kaart 3: Aanleg van teveel individuele WKO's zorgt voor interferentie

Inpandige voorzieningen

De verschillende scenario's vragen om verschillende inpandige voorzieningen, de volgende componenten zijn per scenario maatgevend.

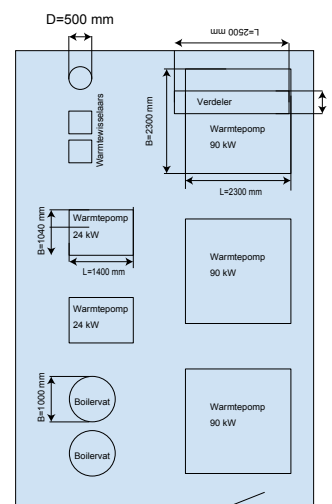
- B3: warmtepomp en boilervat voor tapwater, verdeelstation voor ruimteverwarming.
- C en D: warmtepomp en boilervat voor tapwater, warmtepomp voor ruimteverwarming

Hiernaast zijn voorbeeldplattegronden van de verschillende technische ruimtes (niet op schaal!). Voor scenario B3 en C zijn dit een centrale ruimte voor het gebied en een technische ruimte per pand. Voor scenario D is dit alleen een technische ruimte per pand, met sterk vergelijkbare apparatuur als in scenario C.



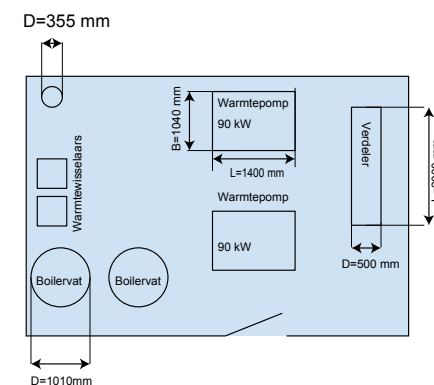
14 m x 12,4 m = 173,6m²

Voorbeeld plattegrond technische ruimte scenario B3, Centrale ruimte.



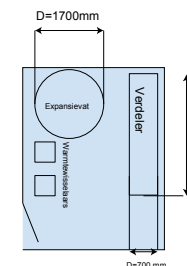
6.5 m x 11.9 m = 77,35 m²

Voorbeeld plattegrond technische ruimte scenario C en D, voorbeeldcomplex met 94 woningen.



6.4 m x 4,4 m = 28.5 m²
Hoogte 3 m

Voorbeeld plattegrond technische ruimte scenario B3, voorbeeldcomplex met 94 woningen



4.5 m x 3.5 m = 15.75m²

Voorbeeld plattegrond technische ruimte scenario C, centrale ruimte.

Netbelasting en Liander

Om de maatschappelijke kosten voor de aanleg/aanpassing van het elektriciteitsnet en middenspanningsstations te beperken moeten de volgende aanbevelingen in acht worden genomen:

- Minimaliseer aansluitvermogens
- Minimaliseer gelijktijdige vermogensvraag
- Concentreerd hoge vermogensvraag zoveel mogelijk op één plek

Liander heeft per scenario een inschatting gemaakt van kosten en aantallen van middenspanningsruimtes.



Indicatieve buurt analyse t.a.v. warmtevoorziening

Inschatting kosten en aantallen voor middenspanningruimtes



AC5 MSR' s zijn grotzakeijk aansluitingen die direct op het MS-net moeten worden aangesloten, LS-net MSR' s zijn voor woningen en andere klanten tot 160kV/

Scenario 1: Collectieve WKO met centrale WP + Tapwater

warming per complex:

11 LS-net MSR's voor warmtesystemen, woningen & EV (●)

Alle verwarmingssystemen voor tapwater kunnen op het LS-net

2 AC5 MSR's voor centrale warmtepompen (○)

Kostenschatting LS-net MSR's, incl. MS kabels: ca. 0,9mE

- Dit zijn maatschappelijke kosten

Grootverbruik aansluiting kosten warmtesystemen: ca. 0,2 mE

- Dit zijn kosten voor eigenaars van de warmtesystemen
- Centrale warmtepompen + systemen in de complexen

Scenario 2: Collectieve WKO met per complex WP systeem voor

warmte en tapwater (excl. aansluiting voor WKO pompsyst.):

• 11 LS-net MSR's voor warmtesystemen, woningen & EV (●)

• Alle verwarmingssystemen voor tapwater kunnen op het LS-net

• 11 AC5 MSR's voor WP systemen bij complexen (○)

• Kostenschatting LS-net MSR's, incl. MS kabels: ca. 0,9mE

- Dit zijn maatschappelijke kosten

• Grootverbruik aansluiting kosten warmtesystemen: ca. 0,4 mE

- Dit zijn kosten voor eigenaars van de warmtesystemen
- Elk complex heeft een eigen warmtesysteem

Scenario 3: Per complex bodemlus met WP systeem voor war

en tapwater (excl. aansluiting voor WKO pompsyst.):

• 9 LS-net MSR's voor warmtesystemen, woningen & EV (●)

• Alle verwarmingssystemen voor tapwater kunnen op het LS

• 20 AC5 MSR's voor WP systemen bij complexen (○)

• Kostenschatting LS-net MSR's, incl. MS kabels: ca. 0,8mE

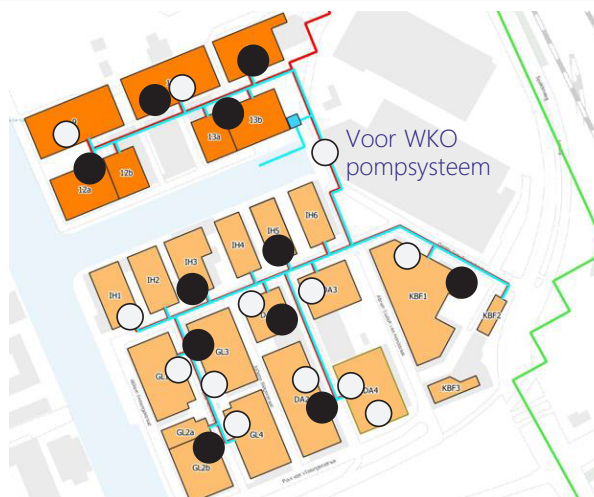
- Dit zijn maatschappelijke kosten

• Grootverbruik aansluiting kosten warmtesystemen: ca. 0,6

- Dit zijn kosten voor eigenaars van de warmtesyste.
- Elk complex heeft een eigen warmtesysteem



11 MSR voedingspunten voor 1800 woningen
+ 2 MSR' s met AC5 aansluiting -> totaal 13



11 MSR voedingspunten voor 1800 woningen
+ 11 MSR' s met AC5 aansluiting -> totaal 22



9 MSR voedingspunten voor 1800 woningen
+ 20 MSR' s met AC5 aansluiting -> totaal 29

Kaart 5: inschatting aantallen en kosten voor middenspanningsruimtes
door Liander

