



Den Haag – Vruchtenbuurt

Scenario analyse ZLT warmtenet

Opdrachtgever(s):

Coöperatie Duurzame Vruchtenbuurt U.A.

Tomatenstraat 103
2564CM 's-Gravenhage

Netverder B.V.

Blaak 8,
3011 TA Rotterdam



Versie: V3 –definitief–

Datum: 24 Januari 2025

Auteurs: H. Eijdens (Tri-Es Consultancy)
J. Bertholet (Tri-Es Consultancy)

File: 20250124 Rapport Vruchtenbuurt v3def.ppt



Dit rapport is opgesteld in opdracht van de Energie Coöperatie Duurzame Vruchtenbuurt en het energie-infra bedrijf NetVerder. Het doel van het rapport is om een uitgebreide analyse te bieden van de verschillende warmtescenario's die kunnen bijdragen aan de verduurzaming van de Vruchtenbuurt. Door de impact van elk scenario op technische, ruimtelijke en financiële criteria te onderzoeken, helpt dit rapport bij het bepalen van de meest geschikte oplossing voor de overstap naar een aardgasvrije en toekomstbestendige energievoorziening in de wijk. De afweging tussen de drie scenario's zeer lage temperatuurnet met individuele warmtepompen, een stooklijn van 55°C met individuele boilers voor tapwater en een midden temperatuurnet met vaste stooklijn op 70°C is waardevol. Alle drie de concepten hebben hun eigen voor- en nadelen. Uiteindelijk is het aan de mensen in de buurt hier te kiezen welke route ze willen volgen.

Proclaimer:

Het is niet onwaarschijnlijk dat in vervolgonderzoek de in dit rapport gemaakte keuzes voor materiaal en locatie van warmtepompen anders uitvalt of de financiële uitgangspunten in de praktijk vanwege gewijzigde marktomstandigheden of uitgangspunten niet als zodanig realiseerbaar blijken.

1. Inleiding

2. Beschrijving van de warmteoplossingen

3. Criteria-analyse

4. Gevoeligheids-analyse

5. Afsluiting

Bijlagen

1. [Vruchtenbuurt p. 4](#)
2. [Warmtenetten in de energietransitie p. 6](#)
3. [Warmtenetten – historie in de Vruchtenbuurt p. 8](#)
4. [Warmtenetten – De ZLT variant p.10](#)
5. [Warmtenetten – Argumenten voor ZLT netten p. 12](#)

1. [Inleiding p. 14](#)
2. [Scenario 1. Zeker p. 16](#)
3. [Scenario 2. Hybride p.18](#)
4. [Scenario 3. Flex p. 20](#)
5. [Isolatiegraad woningen p. 22](#)
6. [Deelname, fasering en temperatuurregime p. 24](#)

1. [Inleiding p. 26](#)
2. [Capaciteit gebruik effluent p. 28](#)
3. [Netcongestie p.30](#)
4. [Ruimtegebruik openbare ruimte p. 36](#)
5. [Ruimtegebruik woningen p. 46](#)
6. [Financiën bewoners p. 50](#)
7. [Financiën warmtebedrijf p. 52](#)

1. [Aansluitgraad p. 56](#)
2. [Isolatiegraad woningen p. 58](#)
3. [Inzet WKO's p. 60](#)
4. [Uitwisseling warm en koud p. 60](#)
5. [Financiële parameters p. 62](#)

1. [Samenvatting p. 66](#)
2. [Conclusies p. 67](#)

1. [Energieberekeningen woningen p. 73](#)
2. [Samenvatting Woningtypen p. 79](#)
3. [Leidingdiameters p. 81](#)
4. [Business case p. 87](#)
5. [Investment case p. 90](#)

1. Inleiding

1.1 Vruchtenbuurt

De Vruchtenbuurt is een populaire woonwijk in Den Haag, gelegen in het zuidwesten van de stad, en staat bekend om zijn gezellige straten die vernoemd zijn naar verschillende fruitsoorten. De wijk werd grotendeels gebouwd in de jaren 1920 en 1930 en heeft een karakteristieke architectuur met veel woningen in de stijl van de Haagse School. Deze vooroorlogse bouwstijl geeft de wijk een authentiek en charmant uiterlijk, met rode bakstenen huizen, fraaie gevels, en groene lanen. De wijk bestaat voornamelijk uit portiekwoningen, naast eengezinswoningen en boven- en benedenwoningen. De woningen in de Vruchtenbuurt zijn geliefd vanwege hun ruime opzet en de rustige woonomgeving.

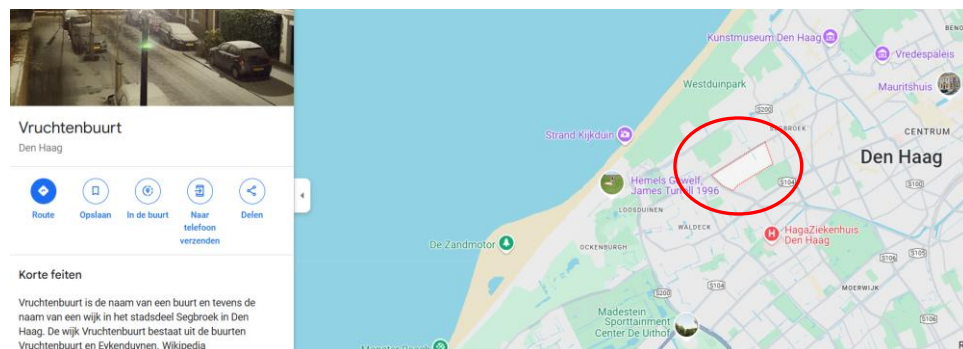
Hoewel de wijk een aantrekkelijke woonplek is, hebben veel woningen te maken met achterstallig onderhoud en matige isolatie. Hierdoor zijn de energieprestaties van veel woningen niet optimaal. Het merendeel van de huizen is nog afhankelijk van aardgas voor verwarming en warm water, wat de wijk kwetsbaar maakt voor fluctuaties in de energieprijzen en bijdraagt aan de CO₂-uitstoot.

Daarnaast speelt de veranderende wet- en regelgeving rondom het gebruik van aardgas een belangrijke rol. Nederland heeft zich verbonden aan ambitieuze klimaatdoelstellingen die gericht zijn op het uitbannen van aardgas als energiebron voor de gebouwde omgeving. In dit kader wil de overheid, middels wijkuitvoeringsplannen, wijken gefaseerd van het gas afhaken en ook de Vruchtenbuurt valt onder deze plannen.

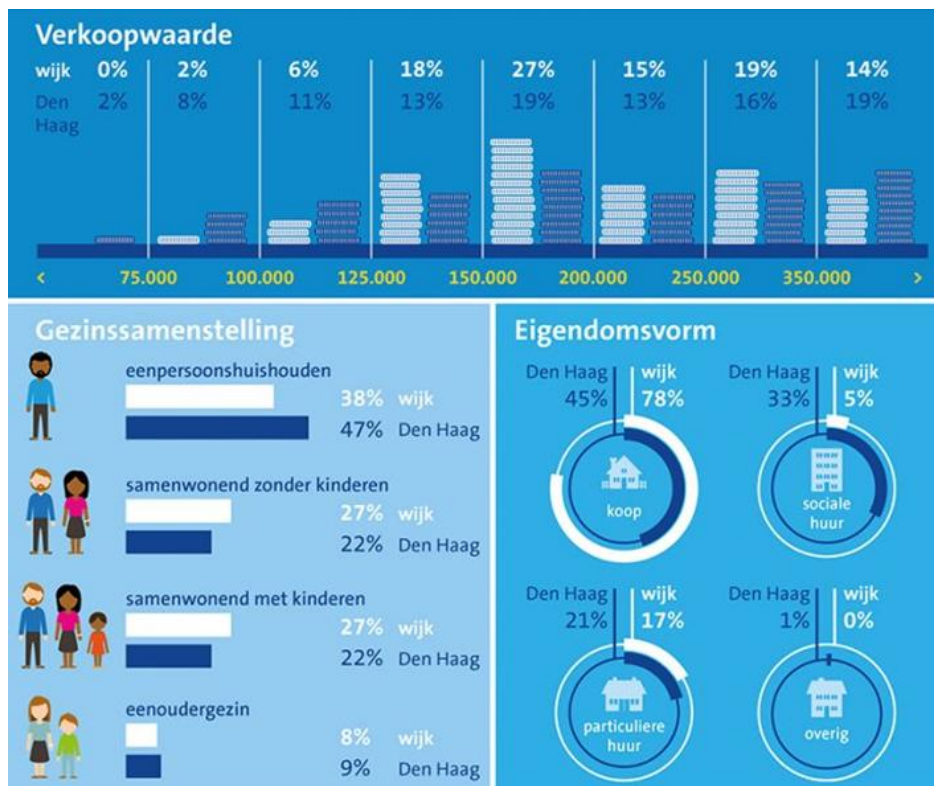
Deze regelgeving maakt het noodzakelijk om op termijn keuzes te maken met betrekking tot een duurzame alternatief voor

aardgas, waarbij de vraag speelt of voor een collectieve aanpak wordt gekozen of dat ieder voor zich acteert. Tevens komt in de nabije toekomst regelgeving voor het isoleren van bestaande woningen. Dit betekent dat op lange(re) termijn moet worden uitgegaan van een verminderde warmtevraag en toenemende koelbehoefte.

Om deze dubbele uitdaging aan te pakken – het verbeteren van de energieprestaties van de woningen en de overgang naar een aardgasvrije toekomst – heeft de Energie Coöperatie Duurzame Vruchtenbuurt initiatief genomen. Deze coöperatie, gevormd door betrokken bewoners, streeft ernaar om de wijk te verduurzamen middels innovatieve en duurzame energieoplossingen. Het doel is om de wijk niet alleen aardgasvrij te maken, maar ook energie-efficiënter en toekomstbestendig. Dit initiatief is een belangrijke stap richting de energietransitie in de Vruchtenbuurt en sluit aan bij de bredere duurzaamheidsdoelen van de gemeente Den Haag.



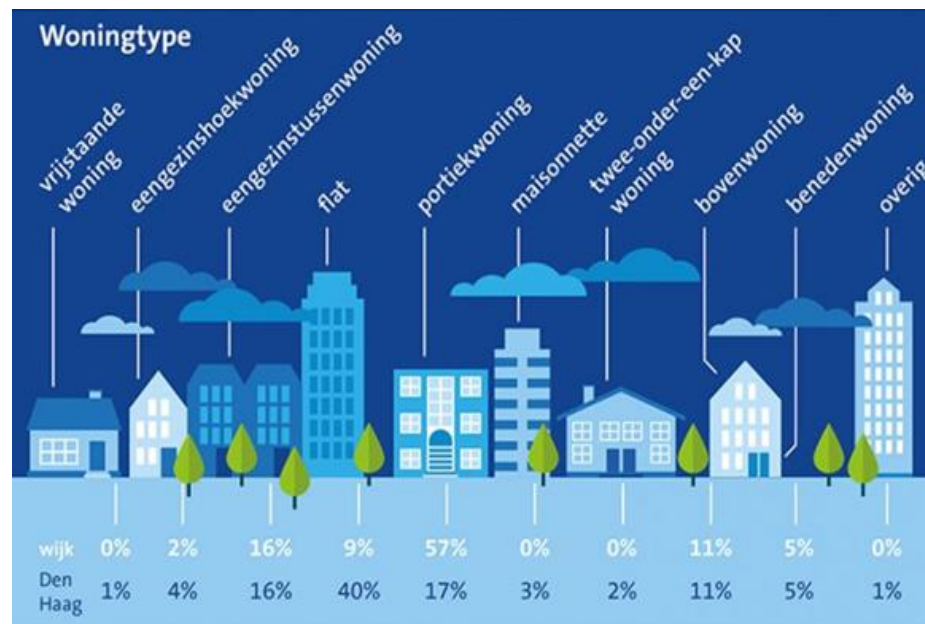
Figuur 1. Vruchtenbuurt Den Haag



Figuur 2. Kenmerken Vrucchtenbuurt

Bron: wonenindenhaag.nl

De wijk heeft een gemengde samenstelling met voor het merendeel samenwonende gezinnen. De meeste woningen zijn koopwoningen (bijna 80%). De huurwoningen bevinden zich voor ¾ deel in de particuliere sector. Lage gestapelde bouw overheerst (4 à 5 lagen). In de analyses is uitgegaan van 70 % gestapelde bouw en 30 % grondgebonden. Langs de randen komt utiliteit voor, o.a. in de plinten.



Figuur 3. Woningtypen Vrucchtenbuurt

Deelgebied	kleur	aantal		Opp pw in m2	Oppervl. M2	Aantal 70%	Oppervl. 70 % m2
		gebouwen	woningen				
1 Moerbijplein eo	lichtgroen	108	104	68	7.072	73	4.950
2 Druivenstraat eo	oranje	455	417	158	65.886	292	46.120
7 Vlierboom eo	grijs	314	303	93	28.179	212	19.725
6 Perenstraat eo	geel	1220	1128	90	101.520	790	71.064
4 Abrikozenstraat eo	rood	406	376	139	52.264	263	36.585
3 Morelstraat eo	turquoise	490	469	112	52.528	328	36.770
9 Thorbeckelaan eo	zalm	374	359	128	45.952	251	32.166
5 Sinaasappelstraat eo	donkergroen	723	657	116	76.212	460	53.348
8 Bosbesstraat eo	paars	717	678	94	63.732	475	44.612
10 Haagweg eo	blauw	113	106	94	9.964	74	6.975
		4920	4597	109	503309	3218	352.316

Tabel 1. Indeling in deelwijken met aantallen woningen

1.2 Warmtenetten in de energietransitie

Om klimaatverandering tegen te gaan heeft Nederland in het Klimaatakkoord (2019) afgesproken dat de gebouwde omgeving uiterlijk in 2050 aardgasvrij moet zijn. Alle gebouwen moeten daarom overstappen op duurzame warmteoplossingen. Plannen om warmtenetten te ontwikkelen worden vaak gestoeld op analyses waaruit blijkt dat dit de oplossing is met de laagste nationale kosten [bron: “De keuze voor warmtenetten of andere warmteoplossingen,” Berenschot, 2024]. Alternatieve (individuele) routes zijn:

- De elektrische warmtepomp op buitenlucht of op een individuele bodembron;
- De hybride gasoplossing met waterstofgas of groengas.

Deze routes zijn echter niet zo individueel zoals dat in eerste instantie lijkt, het vereist immers netverzwaring van het elektriciteitsnet of instandhouding van een gasnet, wat ook collectieve opgaven zijn. De kosten hiervan zijn echter gesocialiseerd. Een probleem daarbij is dat als meer mensen voor de individuele oplossing kiezen, de haalbaarheid van een collectieve warmtenet oplossing verslechterd.

Bovendien hebben deze individuele oplossingen ook nadelen voor de buurt, zoals:

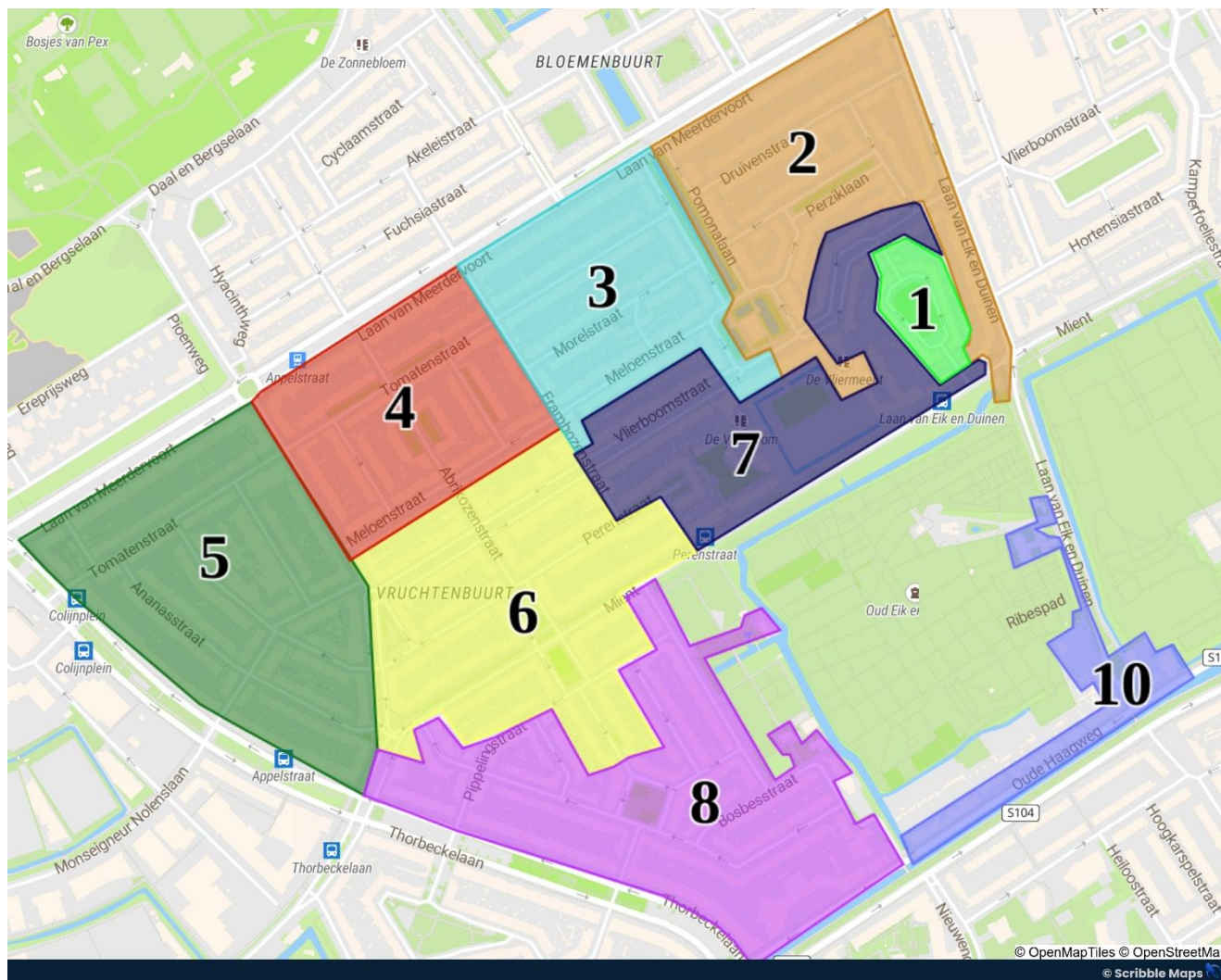
- Uitsluiting van achterblijvers, als het elektriciteitsnet vol raakt;
- Geluidsoverlast van buitenunits;
- Opwarming van de buurt;
- Gevelvervuiling en
- Brand- en explosiegevaar bij H₂-gas.

Een belangrijke potentiële oplossing om de Vruchtenbuurt te verduurzamen en aardgasvrij te maken, is de aanleg van een warmtenet. Een warmtenet is een netwerk van leidingen dat warm water distribueert naar woningen en gebouwen in een wijk. Dit systeem biedt een efficiënt en duurzaam alternatief voor individuele gasgestookte verwarmingssystemen als er een duurzame bron wordt gebruikt. De onderzochte oplossingen voor Vruchtenbuurt zijn alle volledig aardgasvrij. Hierdoor wordt er alleen nog elektriciteit gebruikt voor verwarmen, warm tapwater en koelen. De CO₂-uitstoot van elektriciteit uit het nationale net wordt in de tijd lager, waardoor de CO₂-uitstoot van de Vruchtenbuurt vermindert en de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen afneemt. De elektriciteitsvraag kan deels worden ingevuld met lokale opwekking vanuit zonnepanelen (dat is overigens niet in deze studie opgenomen). Door een warmtenet kunnen meerdere woningen en gebouwen een (duurzame) warmtebron delen, maar ook warmte en koude onderling uitwisselen en restwarmte benutten. Een individuele warmtepomp op een warmtenet heeft een bijna 2 maal hoger rendement, dan op buitenlucht.



Figuur 4. De aardgasvrije strategieën uit de startanalyse

Bron: Expertisecentrum Warmte (ECW)



Deelgebied	kleur
1 Moerbijplein eo	lichtgroen
2 Druivenstraat eo	oranje
7 Vlierboom eo	grijs
6 Perenstraat eo	geel
4 Abrikozenstraat eo	rood
3 Morelstraat eo	turquoise
9 Thorbeckelaan eo	zalm
5 Sinaasappelstraat eo	donkergroen
8 Bosbesstraat eo	paars
10 Haagweg eo	blauw

De wijk is onderverdeeld naar 10 deelgebieden. Deze indeling geldt voor alle scenario's in dit onderzoek. Door een fijnmazige indeling blijven de energiecentrales beperkt van omvang, wat gunstig is voor de elektriciteitsaansluiting en is beter ruimtelijk inpasbaar. Een logische routing voor de bronleiding van de uitkoppeling effluentwarmte naar de wijk (backbone) is langs het Mient. De opbouw in deelwijken is zo gedaan dat de backbone gefaseerd kan worden aangelegd. Bij de tracékeuze is tevens rekening gehouden met uitbreiding naar omliggende wijken in de toekomst.

Figuur 5. Modellerings van de Vruchtenbuurt in deelwijken

1.3 Warmtenetten – historie in de Vruchtenbuurt

De Coöperatie Duurzame Vruchtenbuurt (CDV) heeft eind 2023 gekozen voor een duurzaam warmtenet waarin de deelnemers en bewoners eigendom en zeggenschap hebben over hun toekomstige warmtevoorziening onder de volgende randvoorwaarden:

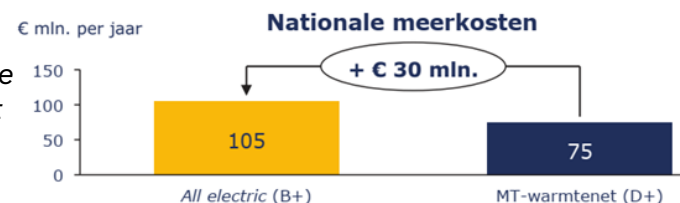
- bewoners willen zeggenschap over de realisatie en exploitatie van het warmtenet: een warmtegemeenschap
- de warmtelevering dient duurzaam, betrouwbaar en betaalbaar te zijn. We zetten in op meerdere bronnen die het warmtenet kunnen voeden.
- er moet een professionele en bedrijfsmatige organisatie komen. Daarvoor zal de CDV een nieuwe coöperatie moeten oprichten die zich specifiek zal richten op het professionaliseren van het warmtenet.
- voor de ontwikkelfase van deze professionalisering zijn financiële middelen nodig om betaalde professionals aan de slag te laten gaan met uitwerking van de techniek, businesscase, vergunningen en projectfinanciering.
- verdere verduurzaming van de wijk zal zorgen voor een vermindering van warmteconsumptie.

CDV kiest op basis van een onderzoek [Bronnenstudie Vruchtenbuurt, Sweco, 2023] voor diversificatie in de bronnenstrategie. Het netwerk zal in de eerste fase beschikken over twee warmtebronnen. Voorwaarde voor de bronnen is dat deze lokaal zijn, en duurzame warmte leveren. Op dit moment (november 2023) lijkt warmte uit de effluentleiding (gezuiverd rioolwater dat in zee geloosd wordt) die langs de Valkenboskade loopt, de meest kansrijke bron, vanwege de laagste TCO (total costs of ownership) over een periode van 8 tot 30 jaar.

Als back up is een installatie met elektrische, industriële warmtepompen beoogd. Een alternatief is om de Vruchtenbuurt aan te sluiten op het nabijgelegen warmtenet van Eneco, als back-up en/of voor piekbelasting.

Uit eerdere studies van de gemeente Den Haag blijkt dat het effluent voldoende potentieel heeft om in de warmtebehoefte van meer dan 30.000 woningen te voorzien. Hiermee is effluent niet alleen een grote, stabiele en hernieuwbare warmtebron voor de toekomstige warmtevoorziening van de Vruchtenbuurt, maar ook voor andere wijken in Den Haag.

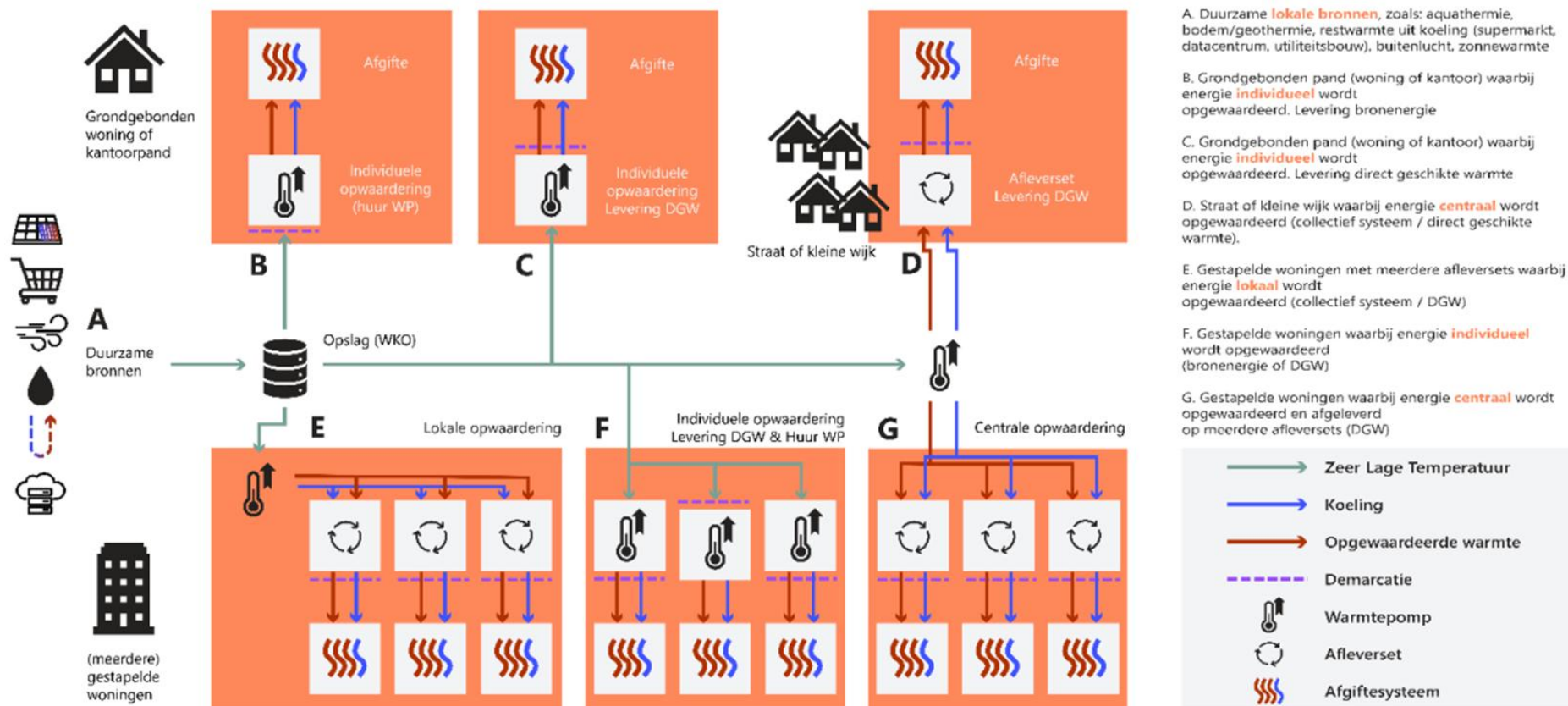
“Aan de hand van een beoogd warmtenet in Den Haag zien wij dat in stedelijk gebied met een hoge bebouwingsdichtheid warmtenetten leiden tot de laagste kosten voor de maatschappij als geheel. De nationale meerkosten voor all electric warmtepompen liggen 40% hoger dan voor warmte-netten. Dit komt onder andere door de kosten voor netver-zwaring. Deze kosten zijn twee keer zo hoog voor all electric warmtepompen in vergelijking met warmtenetten. Slecht geïsoleerde huizen hebben lagere eindgebruikerskosten bij een warmtenet dan bij een all electric oplossing. Voor goed geïsoleerde huizen geldt het omgekeerde.”



Figuur 6. Nationale meerkosten MT Warmtenetten

[bron: “De keuze voor warmtenetten of andere warmteoplossingen” Berenschot, 2024]

Schematische weergave van een ZLT-uitwisselingsnet



Figuur 7. Illustratie ZLT uitwisselnet

[bron: Topsector Urban Energy https://topsectorenergie.nl/documents/1121/Positionpaper_Extra_route_voor_de_warmtetransitie_-_april_2024.pdf]

1.4 Warmtenetten – De ZLT variant

De startanalyse van het PBL presenteert vijf strategieën om woningen en bedrijfsgebouwen te verwarmen zonder aardgas:

- S1: individuele elektrische warmtepomp;
- S2: warmtenet met midden- en hoge temperatuurbronnen;
- S3: warmtenet met lage temperatuur bronnen;
- S4: groen gas;
- S5: waterstof.

Voor stedelijk gebied zijn de inzet van een hybride warmtepomp met groen gas en een cv-ketel op waterstof niet haalbaar als warmteoplossingen. De beschikbaarheid van waterstof of groengas is beperkt. Het is niet de verwachting dat deze energiedragers op grote schaal beschikbaar zullen zijn voor de gebouwde omgeving. Zij kunnen het beste ingezet worden waar alternatieven het moeilijkst te realiseren zijn.

Sinds 150 jaar ontwikkelen warmtenetten zich in verschillende generaties. Nieuwe warmtenetten zijn van de 3-de (3GDH) of 4-de (4GDH) generatie:

- 3GDH. De temperatuur van deze netten gaat tot maximaal 100 °C. De warmte komt van hoge temperatuurbronnen, zoals elektriciteitscentrales of afvalverbranding, restwarmte van industrie of biomassa-installaties. Veel bestaande netten in Nederland zijn 3GDH.
- 4GDH. Deze netten werken met middentemperatuur warmte (50 tot 75 °C). Denk bijvoorbeeld aan warmte uit hernieuwbare bronnen en lagetemperatuur restwarmtebronnen, zoals geothermie, aquathermie of restwarmte van datacenters.

De startanalyse van PBL gaat uit van deze twee varianten. Met deze netten kan geen koeling worden geleverd.

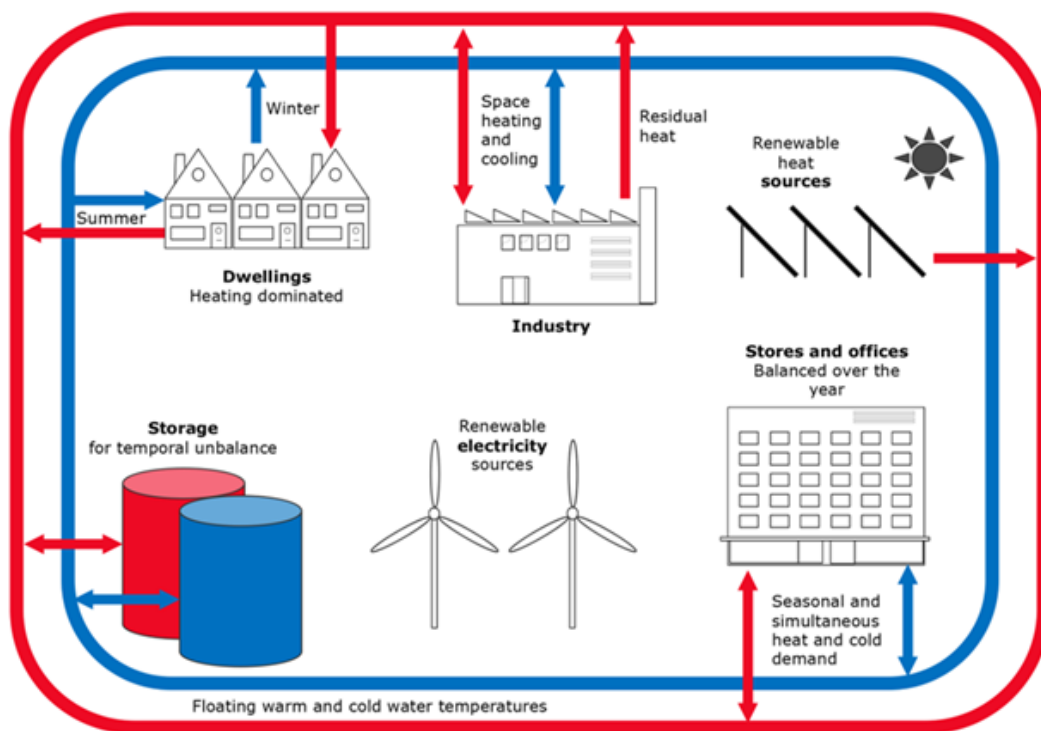
Meer en meer aandacht ontstaat voor ZLT-netten of 5-de generatie warmte- én koudenetten (5GDHC) vanwege een aantal voordelen.

In een ZLT-uitwisselingsnet wordt publieke infrastructuur gecombineerd met individuele warmtepompen. In een ZLT-uitwisselingsnet wordt warmte zo dicht mogelijk bij de eindgebruiker opgewaardeerd met een individuele warmtepomp. Dat kan per individuele woning, maar ook per straat of kleine wijk.

Een uitwisselingsnet biedt de mogelijkheid om vraag en aanbod van warmte en koude lokaal met elkaar te verbinden. Aan de vraagkant biedt een ZLT-uitwisselingsnet een stabiele bron voor de individuele warmtepomp. Aan de aanbodzijde kunnen restwarmte en vrijwel overal lokaal aanwezige lage temperatuur-bronnen worden ontsloten voor de aangesloten woningen en gebouwen. In een ZLT-uitwisselingsnet wordt circulair met warmte én koude omgegaan.

Als er wordt verwarmd met een warmtepomp ontstaat aan de andere zijde koude en bij koelen ontstaat warmte. Deze worden via het net onderling tussen de gebouwen en (seizoens-)opslagsystemen uitgewisseld, zonder deze in de directe omgeving verloren te laten gaan.

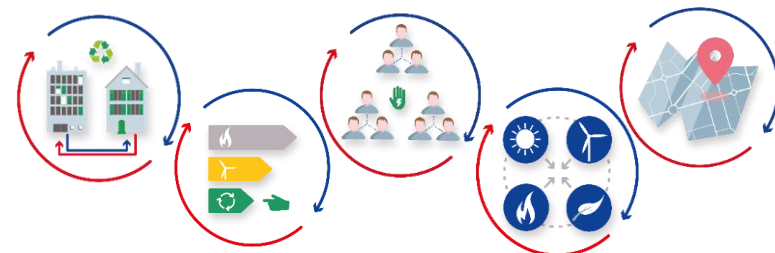
Een ZLT-uitwisselnet wordt ook wel een 5-de generatie warmte- en koudenetwerk genoemd (5GDHC).



Figuur 8. Energieconcept van 5GDHC network met aanvoerbus voor warmte (= retour koude) en aanvoerbus voor koude (= retour warmte).

Een 5e generatie warmte en koudenet gaat uit van de volgende 5 principes:

1. Zo veel mogelijk sluiten van de (energie)-kringlopen door uitwisseling van warmte en koude (ook door lokale buffers) en (her)-gebruik van restwarmte;
2. Het maximaal benutten van laagwaardig energie aanbod (zoals bodemwarmte, rioolwarmte, oppervlaktewater, e.d.) voor laagwaardige vraag (b.v.k. onder 55 °C);
3. Vraaggestuurde en decentrale installaties, die gemakkelijk uitbreidbaar zijn in een gefaseerde planontwikkeling en flexibel t.a.v. veranderingen bij de eindgebruiker;
4. Integratie tussen de verschillende energiesectoren, zoals transport, diensten, industrie, gebouwen, conversie en landbouw;
5. Het prioriteren en zo veel mogelijk benutten van lokale bronnen.



Figuur 9. De 5 principes van 5GDHC [bron: D2Grids]

1.5 Warmtenetten – Argumenten voor ZLT netten

□ Toekomstbestendigheid

- Geschikt voor verwarmen en koelen. Steeds meer mensen hebben last van hitte in de woning. In goed geïsoleerde woningen bedraagt op dit moment de koelvraag al 70% van de verwarmingsvraag. Volgens de Klimaatscenario's van het KNMI wordt het de komende decennia alleen maar warmer. Met een ZLT-uitwisselingsnet kan ook worden gekoeld. In combinatie met seizoensopslag (bijv. WKO) is de vrijgekomen warmte uit koeling een bron voor verwarmen in de winter.
- Speelt flexibel in op dalende warmtevraag door isoleren en klimaatverandering. Doordat bij een ZLT-uitwisselingsnet pas in de woning wordt opgewaardeerd, kan zeer lokaal en flexibel worden ingespeeld op veranderingen. Uit onderzoek blijkt bovendien dat veel (bestaande) woningen nu al geschikt zijn om met lage temperaturen te verwarmen

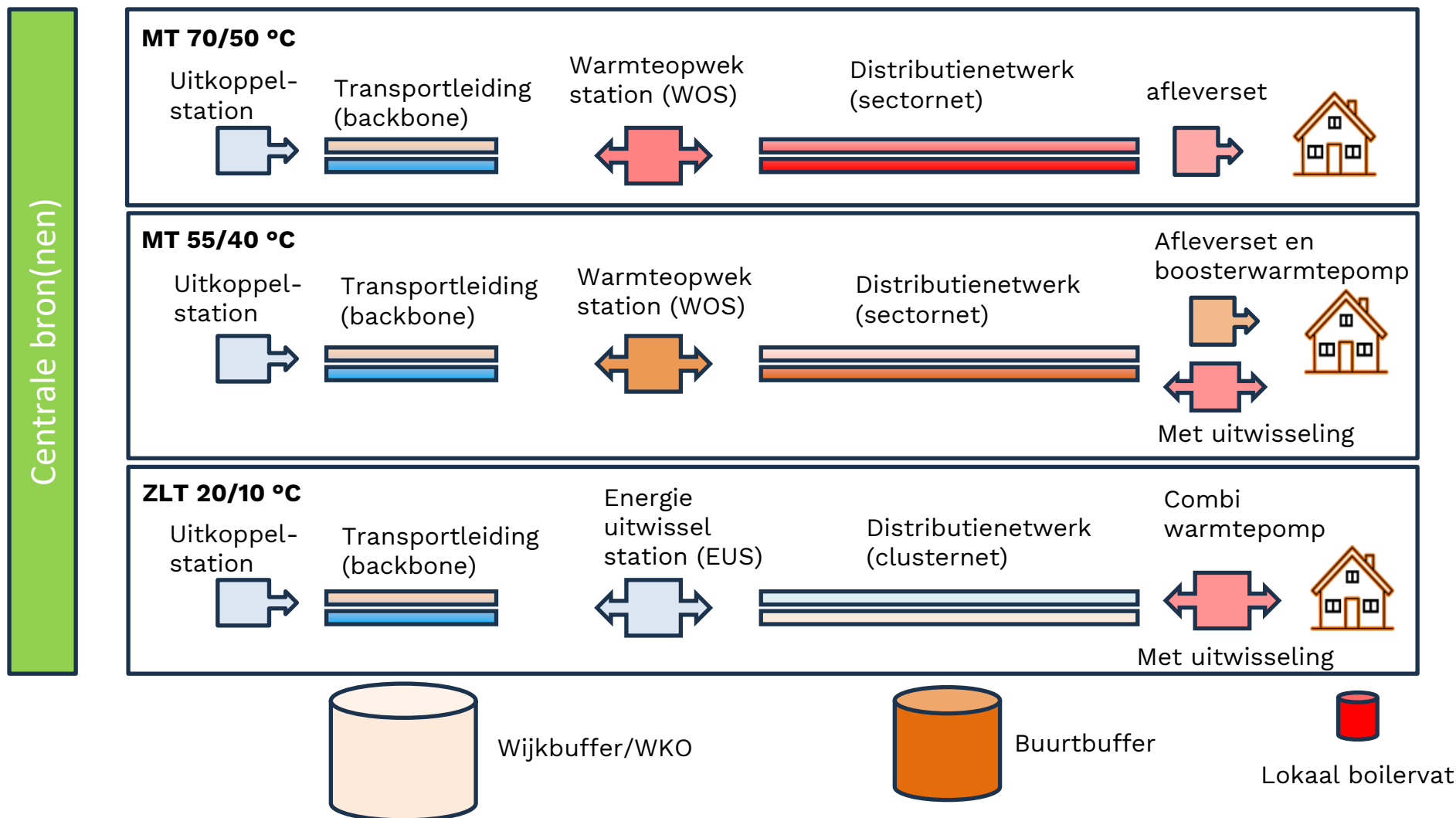
□ Haalbaarheid

- Lage aanlegkosten. Uitwisselingsnetten werken op lage temperaturen en hebben niet of nauwelijks isolatie nodig. Daardoor kan gebruik worden gemaakt van goedkopere materialen.
- Ook is er meer ruimte in de ondergrond, omdat deze leidingen dicht bij drinkwaterleidingen kunnen liggen. Diverse infra-aannemers schatten in dat de kosten bij grootschalige aanleg van ZL-uitwisselingsnetten kunnen dalen tot minder dan de helft van de huidige kosten voor een warmtenetaansluiting.
- Door het ontbreken van een warmtetarief (alleen vastrecht) is er voor de beheerder geen prikkel om meer energie te verkopen voor een betere businesscase.

- Het realiseren van warmtevraagreductie is zowel in het belang van de bewoner (lagere elektriciteitskosten), als van het ZLT-warmtenet (meer gebruikers met minder bronnen).
- Lage belasting van het elektriciteitsnet. Doordat met een ZLT-uitwisselingsnet de brontemperatuur in piekperioden constant is, blijft ook de efficiëntie (COP) van de warmtepompen op de koudste momenten hoog. Dit in tegenstelling tot een lucht-waterwarmtepomp, waarvan de COP juist sterk afneemt als de buitentemperatuur daalt.

□ Maatschappelijke impact

- Minder verliezen en betere milieuprestatie. Door de zeer lage temperatuur in de leidingen gaat in het netwerk nauwelijks warmte verloren. Deze warmte hoeft dus niet te worden opgewekt. Lokaal uitwisselen van warmte en koude bespaart tevens energie en voorkomt transport vanaf de WOS.
- Beter benutten van restwarmte. In de stad zijn veel warmtebronnen die nu niet worden benut. Bijvoorbeeld voor het koelen van supermarkten, utiliteitsgebouwen, datacenters, e.d.. Maar ook als de woning wordt gekoeld, komt warmte vrij die door een ander kan worden gebruikt of wordt opgeslagen.
- Minder opwarming van de lucht en bodem door lage leidingtemperaturen en het afvoeren van warmte in de zomer.
- Minder gezichtsvervuiling en geluid t.o.v. airco's en luchtwarmtepompen.
- Aansluiten van woningen op natuurlijke momenten, bv. als de CV-ketel vervangen moet worden of er een (grote) verbouwing plaatsvindt met isolerende maatregelen.



Figuur 10. Warmtenetten – Opbouw in bouwstenen

2. Beschrijving van de warmteoplossingen



2.1 Inleiding

De scenario's die hier worden gepresenteerd, bieden inzicht in drie mogelijke warmteoplossingen voor de Vruchtenbuurt. Elk scenario is zorgvuldig geëvalueerd op technische haalbaarheid, investerings- en exploitatiekosten en andere criteria die van belang zijn voor het overwegen van de opties. De variërende warmtenetten in deze scenario's weerspiegelen verschillende strategische benaderingen, van een conventioneel hoge-temperatuur netwerk dat dicht bij de huidige infrastructuur aansluit tot een innovatieve zeer lage-temperatuur warmte- en koudenetwerk.

Eerder zijn diverse studies uitgevoerd naar de mogelijkheden voor een warmtenet in de Vruchtenbuurt. Het Positionpaper van de ALV CDV (bron: 20231008_position_paper_ALV) zegt hierover:

"Uitgangspunt is een warmtelevering op basis van ca. 70 graden aanvoertemperatuur. Inmiddels is de energiezuinigheid van de woningen verbeterd, waardoor mogelijk 55 graden kan worden aangevoerd naar de woningen. Dit is een belangrijk onderwerp om goed uit te zoeken en in 2024 met de bewoners van de Vruchtenbuurt te bespreken. Ondertussen vindt er een maatschappelijke kanteling plaats: consumenten willen koeling in huis. Uit een eerste peiling onder bewoners is gebleken, dat er op dit moment nog geen behoefte aan koeling is. Voor de Warmtegemeenschap kan koeling gezien worden als een kans: warmte oogsten bij de bewoners. Nadeel is dat het om lage temperatuur gaat die in een WKO moet worden opgeslagen. Dat genereert bouw- en exploitatiekosten."

Op basis hiervan is besloten een studie naar een ZLT variant uit te voeren en tevens een tussenscenario te analyseren op 55C.

Dit heeft geleid tot dit onderzoek, waarbij 3 onderscheidenlijke scenario's zijn beoordeeld. Met deze scenario's wordt tevens beoogd een verschillend narratief weer te geven, waarbij voornamelijk naar de technisch/energetische en financiële aspecten is gekeken. In oplopende schaal betreft het:

1. Scenario "Zeker": Dit concept gaat uit van (relatief) hoge temperatuur warmtelevering aan elke voordeur, waarmee ruimteverwarming en warm tapwater kan worden geleverd, 24/7, 365 dagen per jaar. In en aan de woningen hoeft relatief weinig te gebeuren, het plaatsen en aansluiten op een afleverset en doorkoppeling aan de bestaande installaties. Ook slecht geïsoleerde woningen krijgen voldoende warmte. Het "Zeker" is het bekende zeker, omdat uitvoering en methodieken relatief standaard zijn. Dit soort stadsverwarming is al veelvuldig gebouwd en kenmerkt zich door centrale installaties, die op termijn verduurzamen. Er wordt uitgegaan van een isolatiegraad van de woningen die ongeveer overeenkomt met de huidige situatie. De warmteverliezen in het netwerk zijn hoog en de individuele energiegebruiken ook.
2. Scenario "Hybride": Hierbij wordt uitgegaan van een gedeeltelijke verbetering van de woningisolatie (op termijn) en het plaatsen van individuele voorzieningen voor warm tapwater. Een voorbeeld is een (kleine) booster warmtepomp (WP) met een boilervat. Hierdoor kan de temperatuur in de stadsverwarming lager zijn, vooral in het voor- en naseizoen en in de zomer als er weinig warmtevraag is. De energieverliezen van de stadsverwarming nemen daardoor substantieel af en de duurzame opwekking heeft een hoger rendement.

3. Scenario "Flex": Dit is gebaseerd dat de woningen (op termijn) vergaand isoleren, waarbij het merendeel op label A niveau uitkomt. Hierbij worden minstens 2 à 3 maatregelen genomen, zoals HR++ glas, vloer-/of dakisolatie en gebalanceerde ventilatie. Het warmtenet biedt daarbij een krachtige bron voor de individuele installaties (meestal een combi-WP), die ruimteverwarming op lagere temperatuur verzorgt en tevens het warm tapwater. Het stadsverwarmingsnet levert bronwater aan de voordeur, dat door onderlinge uitwisseling en lokale bronnen al voorverwarmd is (Clusternet). Door de lage temperatuur kan er ook mee gekoeld worden. Het bronwater voorkomt de noodzaak om buitenunits te plaatsen, die warmte of koude uit de lucht halen. Via het clusternet wordt warmte en koude uitgewisseld binnen de wijk, waardoor de duurzame bron wordt ontlast. De ZLT-leidingen kunnen goedkoper zijn (kunststof/ongeïsoleerd en mogen dicht bij de drinkwaterleiding liggen).

Scenario 1: Zeker

Een hoge-temperatuur warmtenet van 70°C, dat stabiliteit en robuustheid biedt en relatief eenvoudig te implementeren is bij de huidige energievraag.



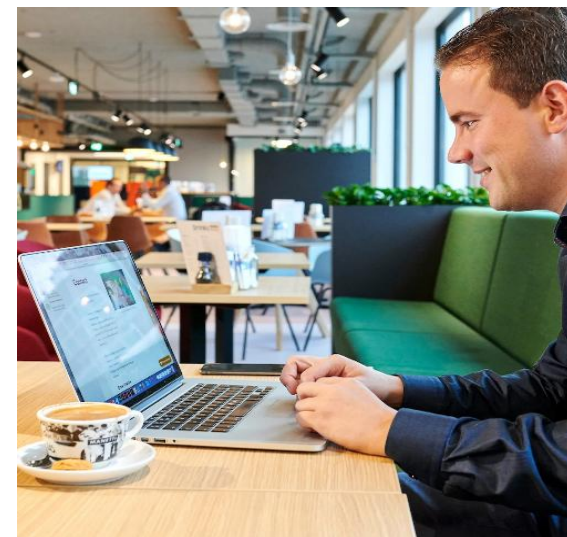
Scenario 2: Hybride

Een stooklijn gestuurd warmtenet van max. 55°C, dat flexibiliteit biedt door de temperatuur aan te passen aan de warmtevraag/externe omstandigheden.



Scenario 3: Flex

Een zeer lage-temperatuur (ZLT) netwerk dat gericht is op maximale duurzaamheid, energie-uitwisseling en efficiëntie. Waar ook koeling is geïntegreerd.



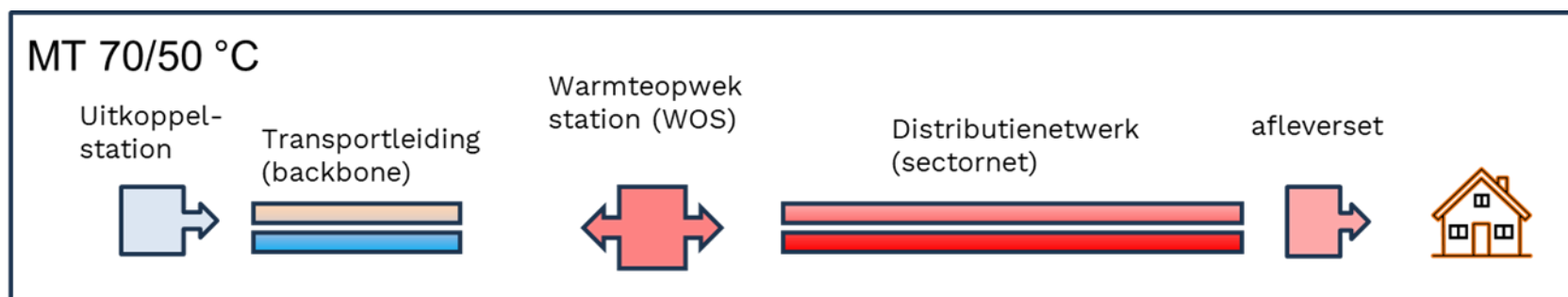
Figuur 11. Drie scenario's voor warmte- en koudenetten in de Vruchtenbuurt

2.2 Scenario “Zeker”

In dit scenario wordt een midden-temperatuur warmtenet ingezet om de Vruchtenbuurt te voorzien van warmte. Dit systeem functioneert op een aanvoertemperatuur van 70°C en maakt gebruik van effluentwater als primaire warmtebron. De effluent, wordt opgewarmd in verschillende energiestations (warmte opwekstations-WOS) en vervolgens via een netwerk van goed geïsoleerde leidingen naar de wijk getransporteerd, waar de warmte naar de aangesloten woningen wordt overgedragen.

De hoge aanvoertemperatuur in dit scenario biedt de mogelijkheid om met minimale aanpassingen de bestaande warmtevoorziening te vervangen. In de woningen wordt een nieuwe afleverset geïnstalleerd, voor overdracht van de warmte naar de CV-radiatoren en het warm tapwater en voor monitoring van de energielevering. Zo'n afleverset past meestal in de meterkast (ca 0,25 m² ruimtebeslag). Dit scenario maakt het mogelijk om woningen aan te sluiten zonder aanvullende verwarmingsinstallaties of isolerende maatregelen. Het betekent wel dat slecht geïsoleerde woningen veel vermogen vragen van het warmtenet en jaarlijks een hoog energiegebruik houden.

Het gebruik van een warmtenet met hogere temperaturen maakt het systeem direct geschikt voor diverse woningtypen en bouwjaren, vooral in gevallen waar de isolatiegraad laag is. Echter, de energiecentrale(s) kunnen zich maar beperkt aanpassen aan de individuele warmtevraag. Dit betekent dat bij elke woning op elk moment van het jaar warmte van hoge temperatuur moet worden aangeboden. Om het netwerk op die temperatuur te houden ontstaan aanzienlijke warmteverliezen. Daarnaast kan, door verwachte ontwikkelingen zoals klimaatverandering en verbeterde woningisolatie, de warmtevraag in de toekomst dalen. Dit kan leiden tot een overdimensionering van de warmteleveringscapaciteit, die moeilijk aan te passen is aan de lagere vraag.



Figuur 12. Schematische weergave Scenario “Zeker”

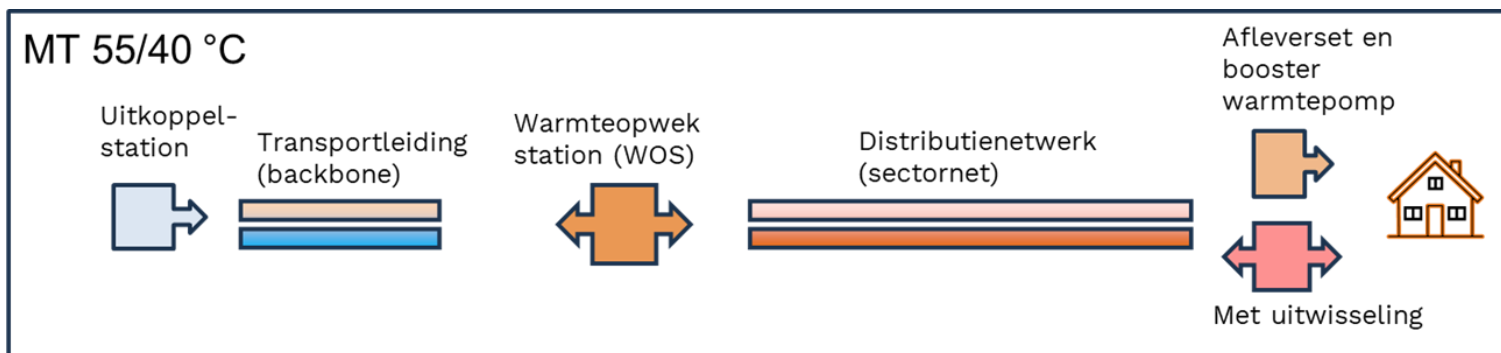
2.3 Scenario “Hybride”

In dit scenario wordt een stooklijn gestuurd warmtenet toegepast in de Vruchtenbuurt, met een maximale aanvoertemperatuur van 55°C. Het warm tapwater wordt in dit scenario individueel bereid. Het warmtenet past de aanvoertemperatuur aan op basis van de buitentemperatuur en de warmtevraag in de wijk, waardoor de energie efficiëntie toeneemt en warmteverliezen in het systeem worden beperkt. In dit scenario is tevens aangenomen dat de effluentwater bron wordt aangevuld met een Warmte-Koude Opslagsysteem (WKO) om in de winterperiode een hogere temperatuur in de backbone te handhaven.

Het WKO-systeem zorgt ervoor dat in de winter extra warmte beschikbaar is door opgeslagen thermische energie aan de backbone toe te voegen. Dit systeem wordt in de zomerperiode geregenereerd met warmer effluentwater, waardoor het WKO weer wordt opgeladen voor de volgende koude periode. Dankzij deze combinatie van effluent en WKO kan het systeem inspelen op wisselende buitentemperaturen en de warmteverliezen beperken door de aanvoertemperatuur alleen te verhogen wanneer nodig.

Door de lagere aanvoertemperatuur in dit scenario zullen de woningen over een redelijke isolatie moeten beschikken of enkele aanpassingen doen aan het afgiftesysteem (bv. extra radiatoren of convector plaatsen). Bij veel woningen is het echter zonder aanpassingen mogelijk om op lagere temperatuur te verwarmen. Om buiten de winterpiek de netwerktemperatuur te kunnen verlagen is voor warm tapwater een boosterwarmtepomp met een opslagvat nodig. Deze neemt ca 0,5 m² ruimte in beslag.

Dit hybride warmtenet biedt flexibiliteit in de warmtevoorziening en is ontworpen om energie te besparen door de temperatuur te verlagen wanneer de vraag dat toelaat. Deze configuratie maakt het systeem geschikt voor gematigd geïsoleerde woningen en creëert een balans tussen energie-efficiëntie en de warmtebehoefte van de wijk.



Figuur 14. Schematische weergave Scenario “Hybride”

Geraagd vermogen per label

	Label AB	Label CD	Label EFG
ruimteverwarming	33	88	129
verwarming tapwater	18	18	18
koeling	20	10	0

Energievraag per label en woningtype

	Grondgebonden			Meergezins			
	label AB	label CD	label EFG	label AB	label CD	label EFG	
ruimteverwarming	168	416	626	180	439	658	MJ/m2
verwarming tapwater	40	40	40	74	74	74	MJ/m2
koeling	63	36	0	68	39	0	MJ/m2

MT 55C scenario

Woningen hebben afleverst verwarming wordt aangesloten op bestaande CV-afgafesysteem bij te verwijderen CV ketel
Woningen hebben booster-WP en boiler voor warm water wordt aangesloten op warm tapwatercircuit bij combi-CV
Aanvoertemperatuur 55 C Weersafhankelijke temperatuur aan de afleverst op stooklijn
dT 15 K Retourtemperatuur woning 40C
Deelname totaal 70%
Percentage grondgebonden 30%
fase 1 2 jaar 50% aangesloten
fase 2 2 jaar 50% aangesloten
labelverdeling

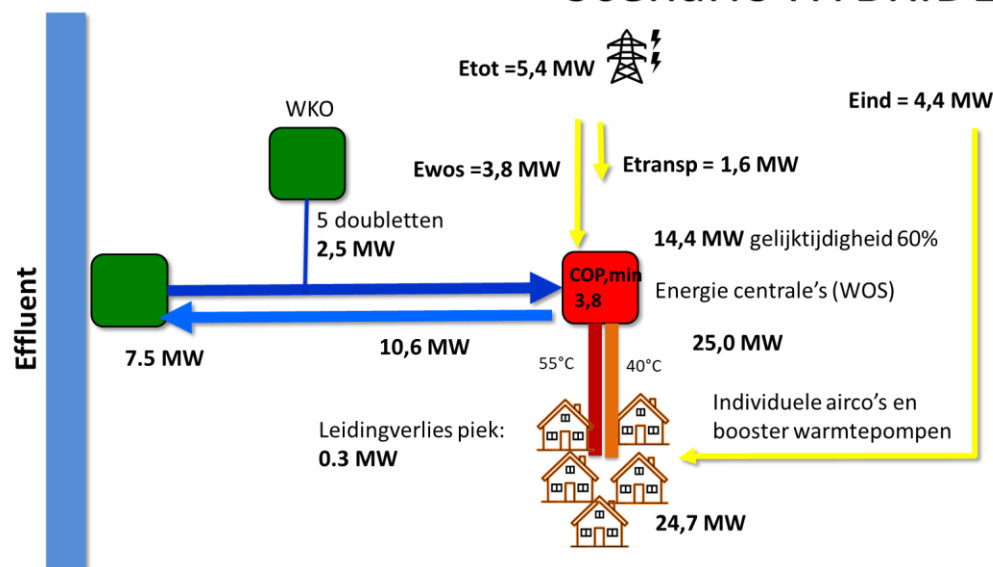
<= B	C-D	>= E
40%	50%	10%

Capaciteit Booster-WP warm tapwater

2 kWp

	piek	gem	individueel
COP woning, RV	0,0	0,0	0%
COP woning, warm water	3,0	4,0	100%
COP woning, koeling	2,0	3,5	100%
COP centrale, RV (WOS)	3,8	5,0	
COP centrale, warm water (WOS)	3,8	5,0	
COP centrale, koeling (WOS)	0,0	0,0	
Leidingverlies	2%	10%	
gelijktijdigheid	60%		
CoP distributienet (transport)	20		
Delta T backbone, min	6 K		
CoP backbone (transport)	20		
Aantal WKO	5		
Capaciteit per WKO	500 kWp		
Delta T WKO, min	8 K		
Stroomsnelheid WKO leiding (som)	1,8 m/s		
Diameter WKO leiding (som)	230 mm	ongeïsoleerd	
CoP WKO (transport)	30		
Delta T effluent, min	4 K		
Stroomsnelheid backbone (max)	2,4 m/s		
Diameter backbone (max)	474 mm	ongeïsoleerd	
CoP uitkoppeling effluent (transport)	30		
Individuele koeling (1=ja, 0=nee)	1	via individuele airco's	
	FLH	terugmodulerend tot	
Full Load Hours distributienet	8760 uur/jaar	50%	
Full Load Hours backbone	8760 uur/jaar	40%	
Full Load Hours WKO	8760 uur/jaar	20%	
Full Load Hours effluent	8760 uur/jaar	40%	

Scenario HYBRIDE



Figuur 15. Uitgangspunten en vermogensbalans Scenario "Hybride"

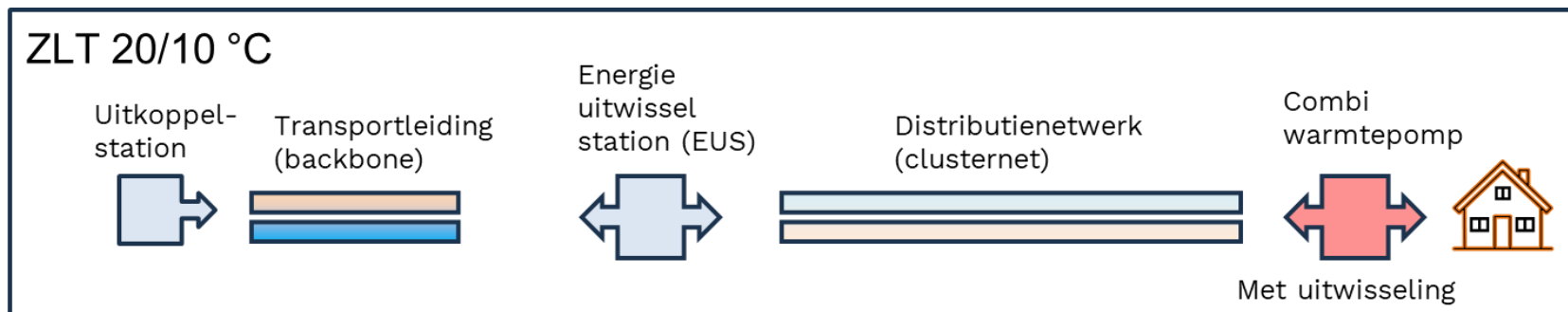
2.4 Scenario “Flex”

Dit scenario is gebaseerd op een zeer lage temperatuur (ZLT) warmtenetwerk. Vergelijkbaar met scenario 2 gebruikt het de effluent in combinatie met een WKO-systeem. In dit scenario is de WKO-installatie echter groter om voldoende thermische energie op te slaan voor de winter, gezien de lagere aanvoertemperaturen van circa 10-20°C in het ZLT-netwerk. Deze lage temperaturen maakt het ook mogelijk koeling te leveren vanuit het netwerk.

In tegenstelling tot traditionele warmtenetten, maakt het ZLT-netwerk geen gebruik van een standaard aanvoer- en retourleidingsysteem. In plaats daarvan bestaat het systeem uit een warme (10 tot 20°C) en koude leiding (5 tot 15°C). Voor het leveren van bruikbare warmte en koeling aan woningen worden individuele of gedeelde warmtepompen ingezet, die de lage temperaturen opwaarderen tot het gewenste niveau voor ruimteverwarming en tapwater.

Als een gebruiker warmte onttrekt uit de warme leiding (voor verwarming of warmtapwater) met zijn warmtepomp, dan levert deze afgekoeld water terug in de koude leiding. Omgekeerd, als er koeling nodig is, levert de WP warm water aan de warme leiding. Hierdoor ontstaat een constante uitwisseling van warmte en koude tussen gebouwen, wat het netwerk efficiënter maakt.

Het ZLT-netwerk vraagt in principe dezelfde maatregelen in de woningen als het Hybride scenario, aangezien beiden scenario's max 55 °C aan de woning kunnen leveren. Deze configuratie biedt echter als voordeel de mogelijkheid tot (passieve) koeling en efficiënte energie-uitwisseling tussen gebruikers. Daarnaast verlaagt het gebruik van kleinere en niet-geïsoleerde buizen de aanlegkosten en maakt het systeem flexibeler en toekomstbestendiger. Voor koeling in huis zijn wel aanpassingen nodig, zoals bijvoorbeeld een binnenunit van een airco-systeem of integratie in het ventilatiesysteem.



Figuur 16. Schematische weergave Scenario “Flex”

Gevraagd vermogen per label

	Label AB	Label CD	Label EFG	
ruimteverwarming	33	88	129	W/m2
verwarming tapwater	0	0	0	W/m2
koeling	20	10	0	W/m2

Energievraag per label en woningtype

	Grondgebonden			Meergezins			
	label AB	label CD	label EFG	label AB	label CD	label EFG	
ruimteverwarming	168	416	626	180	439	658	MJ/m2
verwarming tapwater	40	40	40	74	74	74	MJ/m2
koeling	63	36	0	68	39	0	MJ/m2

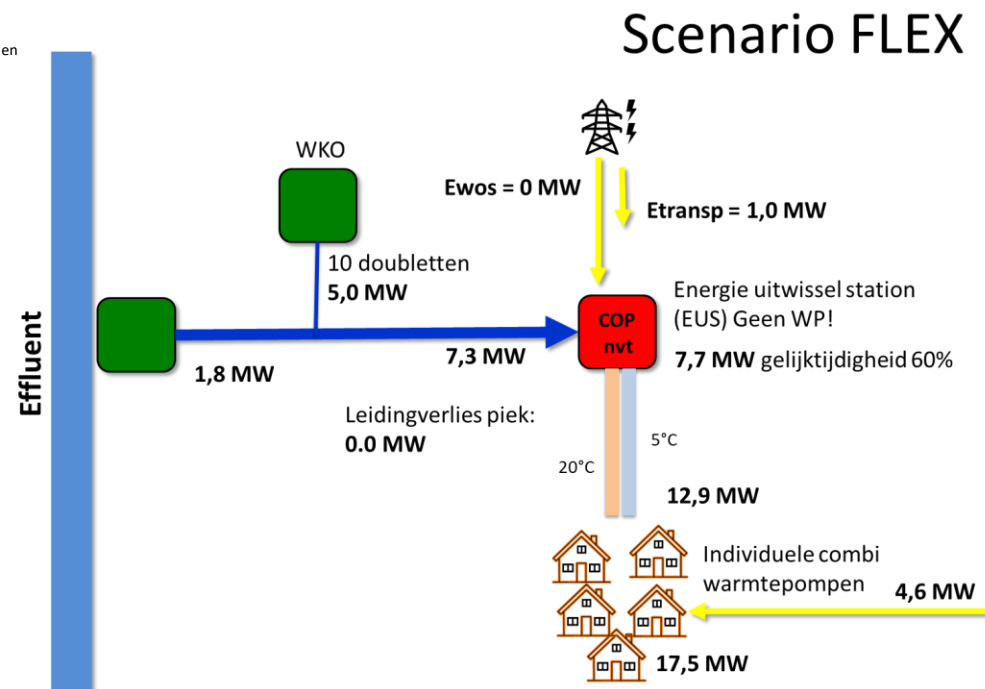
	Grondgebonden			Meergezins			
	label AB	label CD	label EFG	label AB	label CD	label EFG	
	47	116	174	50	122	183	kWh/m2
	11	11	11	21	21	21	kWh/m2
	17	10	0	19	11	0	kWh/m2

ZLT scenario

Woningen hebben individuele combiwarmtepomp wordt aangesloten op bestaande CV-afgafesysteem bij te verwijderen CV ketel
wordt aangesloten op warm tapwatercircuit bij combi-CV
Minimale brontemperatuur met uitwisseling en invoeden LT restwarmte
Retourtemperatuur 3C vanuit koude kant WP

Aanvoertemperatuur	13 C			
dT	10 K			
Deelname totaal	70%			
Percentage grondgebonden	30%			
fase 1	2 jaar	50%	aangesloten	Groeien vanuit de 9 EES kernen
fase 2	2 jaar	50%	aangesloten	Idem
labelverdeling				
	<= B	C-D	>= E	
	70%	30%	0%	

Capaciteit Booster-WP warm tapwater	0 kWp		
	piek	gem	individueel
COP woning, RV	3,8	5,0	100%
COP woning, warm water	3,8	5,0	100%
COP woning, koeling	20,0	20,0	0%
COP centrale, RV (WOS)	0	0,0	
COP centrale, warm water (WOS)	0,0	0,0	
COP centrale, koeling (WOS)	0,0	0,0	
Leidingverlies	0%	3%	
gelijktijdigheid	60%		
CoP distributienet (transport)	20		
Delta T backbone, min	8 K		
CoP backbone (transport)	20		
Aantal WKO	10		
Capaciteit per WKO	500 kWp		
Delta T WKO, min	8 K		
Stroomsnelheid WKO leiding (som)	2,1 m/s		
Diameter WKO leiding (som)	302 mm	ongeisoleerd	
CoP WKO (transport)	30		
Delta T effluent, min	4 K		
Stroomsnelheid backbone (max)	2,1 m/s		
Diameter backbone (max)	366 mm	ongeisoleerd	
CoP uitkoppeling effluent (transport)	30		
Individuele koeling (1=ja, 0=nee)	0	via individuele airco's	
	FLH	terugmodulerend tot	
Full Load Hours distributienet	8760 uur/jaar	50%	
Full Load Hours backbone	8760 uur/jaar	40%	
Full Load Hours WKO	8760 uur/jaar	20%	
Full Load Hours effluent	8760 uur/jaar	40%	



Figuur 17. Uitgangspunten en vermogensbalans Scenario "Flex"

2.5 Isolatiegraad woningen

De verschillende scenario's gaan uit vanuit een verschillende aanpak in de woning voorraad. Dit is gebaseerd op een verschillende toekomstvisie. In het ZEKER scenario hoeft weinig aan de woningen te gebeuren. Voor de slecht geïsoleerde woningen betekent dat echter wel een hoge energierekening en afhankelijkheid van prijsontwikkelingen. In de huidige wet is de warmteprijs afhankelijk van de gasprijs, waarbij een stijging wordt verwacht vanuit beleidsmatige maatregelen (hogere belasting en beprijzen CO2 uitstoot). In de nieuwe wet is een kostprijsmodel voorzien, waarbij de warmte zelfs duurder kan worden dan aardgas. In Scenario Zeker wordt uitgegaan van:

- 10% goed geïsoleerde woningen,
- 50% in de middenmoot en
- 40% slecht geïsoleerde woningen.

In figuur 18 wordt een indicatie gegeven van welke maatregelen daarbij horen.

Scenario HYBRIDE gaat uit van een beter geïsoleerde voorraad. De gedachte is dat de slecht geïsoleerde woningen komende jaren verdwijnen en alle woningen opschuiven naar een hoger energielabel. Dit kan worden gestimuleerd door bv. Een collectie aanpak van (gesubsidieerde) isolatiemaatregelen (via de SDI-regeling o.i.d.). Hierdoor nemen de maandelijkse energielasten af en verlaagt tevens de temperatuur in het afgiftesysteem (zodat het bijplaatsen van radiatoren o.i.d. wordt voorkomen). Vaak is het effectiever te investeren in verbetering van de woningschil dan veel geld te besteden aan zwaardere installaties. Er is uitgegaan van de volgende verdeling:

- 40% goed geïsoleerde woningen,
- 50% in de middenmoot en
- 10% slecht geïsoleerde woningen.

Tenslotte in het scenario FLEX wordt uitgegaan van een goed geïsoleerde voorraad. Deels omdat dit scenario toestaat dat woningen pas aansluiten nadat er maatregelen zijn genomen, op de zogenaamde natuurlijke momenten (CV-ketel vervangen, renovatie). Hierdoor kunnen deze maatregelen ook goedkoper worden uitgevoerd, vanwege koppeling aan andere werkzaamheden en benutting van de volledige afschrijving van bv. Een CV-ketel. Deels omdat er wordt uitgegaan van een aansluitgraad van 70% en de slecht geïsoleerde woningen niet voorop zullen lopen in de overgang naar een duurzaam warmtenet. In dit scenario wordt uitgegaan van:

- 70% goed geïsoleerde woningen,
- 30% in de middenmoot en
- 0% slecht geïsoleerde woningen.

Label E - G



Maatregelen

Ventilatiesysteem	Natuurlijk
Glas	Enkel
Isolatie (Rc)	1,5

Verwarming

totaal	197,8	kWh/m ²
piek	129,8	W/m ²
tapwater	17,8	kWh/m ²

Koeling

totaal	-	kWh/m ²
piek	-	W/m ²

Label C - D



Maatregelen

Ventilatiesysteem	Afzuiging
Glas	Dubbel
Isolatie (Rc)	2,0

Verwarming

totaal	137,8	kWh/m ²
piek	88,6	W/m ²
tapwater	17,8	kWh/m ²

Koeling

totaal	10,7	kWh/m ²
piek	10,0	W/m ²

Label AA⁺ - B



Maatregelen

Ventilatiesysteem	Gebalanceerd
Glas	HR++
Isolatie (Rc)	3,0

Verwarming

totaal	66,8	kWh/m ²
piek	33,7	W/m ²
tapwater	17,8	kWh/m ²

Koeling

totaal	18,5	kWh/m ²
piek	20,0	W/m ²

Figuur 18. Isolatiemaatregelen in relatie tot energielabel

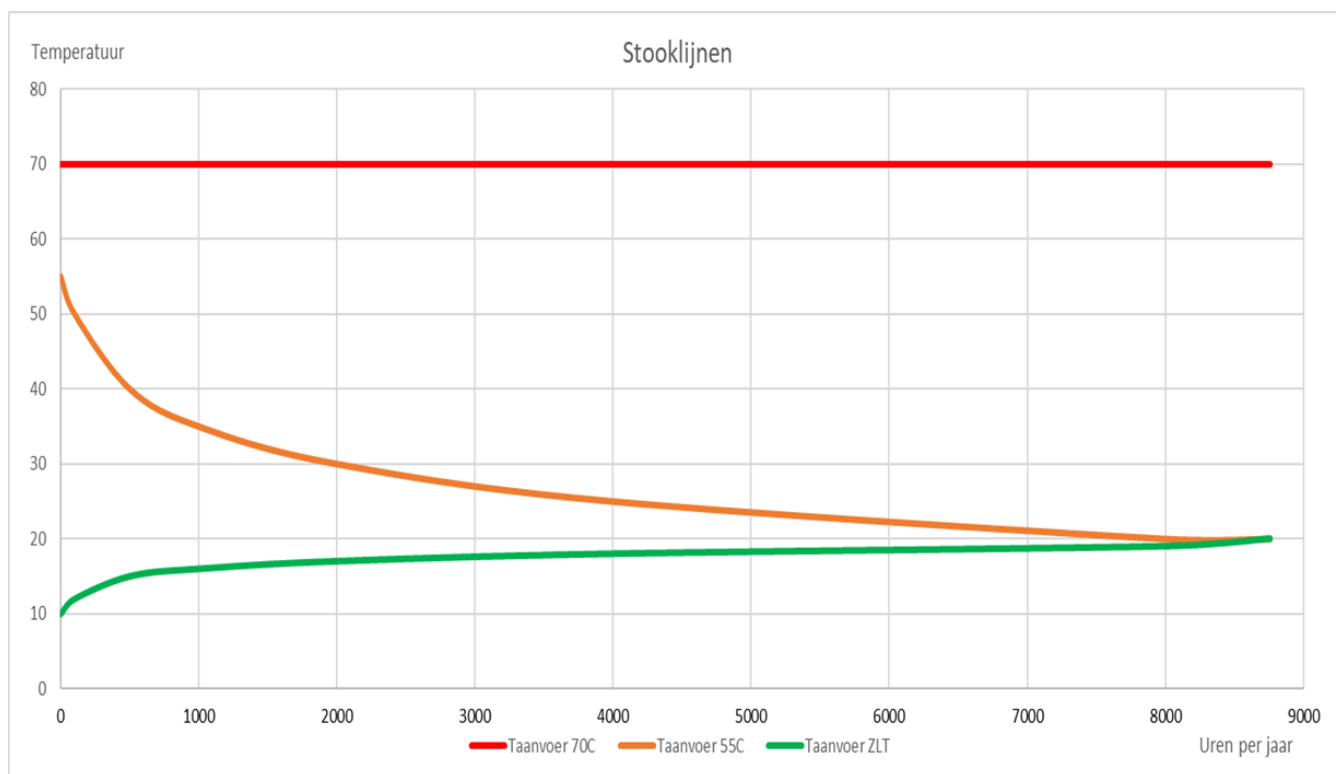
2.6 Deelname, fasering en temperatuurregime

Voor alle drie de scenario's wordt uitgegaan van 70 % deelname, waarbij de onderstaande fasering is gehanteerd voor realisatie in de eerste 2 jaar (fase I) en de aansluitingen in de tweede periode van 2 jaar (fase II). De fasering is min of meer willekeurig, maar volgt de ontwikkeling van de backbone dieper de wijk in. Voor alle drie de scenario's is uitgegaan van dezelfde aansluitsnelheid en hetzelfde aansluitpercentage. In de praktijk zien we vaak dat een Zeker-scenario sneller gerealiseerd kan worden, omdat pas begonnen wordt als voldoende aansluitingen zijn gegarandeerd, maar het –om dezelfde reden- meer tijd kost om te starten. Het idee bij een Flex-scenario is dat het kan groeien vanuit de verschillende kernen (de Energie Uitwisselstations), ook omdat een groot deel van de investering zit bij de eindgebruiker, op het moment dat hij aansluit. De eindgebruikers kunnen dan aansluiten op een natuurlijk moment, bijvoorbeeld als de CV ketel vervangen moet worden of als er geïsoleerd wordt. Dat zou mogelijk ook tot een hogere aansluitgraad kunnen leiden, maar uitgesmeerd over een langere periode.

	Zeker		Hybride		Flex	
	2 jr	4 jr	2 jr	4 jr	2 jr	4 jr
Deelgebied	70%		70%		70%	
Moerbijplein eo	73		73		73	
Druivenstraat eo	292		146	146	146	146
Vlierboom eo	212		212		106	106
Perenstraat eo	790		395	395	395	395
Abrikozenstraat eo	263		263		132	132
Morelstraat eo		328	164	164	164	164
Thorbeckelaan eo		251	126	126	126	126
Sinaasappelstraat eo		460		460	230	230
Bosbesstraat eo		475		475	237	237
Haagweg eo		74		74	74	
Totaal	1630	1588	1379	1839	1682	1535
	3218		3218		3218	

Tabel 2. Fasering van de aansluitingen per scenario

De stooklijn geeft de aanvoertemperatuur van het water in het stadsverwarmingsnet weer. In scenario “Zeker” is dit aangenomen voor elk uur van het jaar op 70°C. Voor Scenario “Hybride” volgt de temperatuur de warmtevraag voor ruimteverwarming, afhankelijk van de buitentemperatuur, met een max. van 55°C. Hierdoor zijn er minder warmteverliezen als het buiten warmer is en kan ‘s zomers tijdens warme dagen het warmtenet worden uitgeschakeld. In scenario “Flex” levert het netwerk een brontemperatuur, deze is ‘s winter lager dan ‘s zomers en volgt de temperatuur van de Effluentleiding in combinatie met de WKO's.



Figuur 19. Temperatuurregimes in het distributienet bij verschillende scenario's

3.1 Inleiding

Het stedelijk energiesysteem is complex met veel variabelen en veel 'stakeholders'. Iedere stakeholder heeft een eigen belang en eigen verantwoordelijkheid. Een aantal belangen zijn uitwisselbaar of te valideren, bijvoorbeeld als een bewoner minder in de woning hoeft te investeren, kan deze een hogere energierekening betalen, of als meer woningen op de effluentleiding kunnen worden aangesloten, wordt de uitkoppeling per woning goedkoper. Deze studie probeert daar inzicht in te geven op het niveau van de initiatieffase (haalbaarheid).

Belangrijker nog is om de "no-go's" te detecteren. Het belangrijkste criterium om van de haalbaarheidsfase naar de ontwerpfase te gaan is immers zeker te stellen dat de gekozen variant uitvoerbaar is. Gezien de (hogere) investeringen in de ontwerpfase dient hierover commitment te ontstaan tussen de verschillende stakeholders. Dit commitment moet niet vrijblijvend zijn, maar wordt vastgelegd tussen de betrokkenen.

Als belangrijkste criteria zijn gedetecteerd:

1. Is de effluentbron beschikbaar qua vermogen en energie?
2. Kunnen de gevraagde elektrische vermogens worden geleverd in relatie tot netcongestie?
3. Past de infrastructuur van leidingen en centrales in de openbare (onder-)grond, in afstemming met andere infrastructuur en functies?
4. Passen de benodigde individuele installaties in de woningen?
5. Is het financieel aanbod aantrekkelijk genoeg voor bewoners, zodat een hoge aansluitgraad wordt bereikt?
6. Is de businesscase aantrekkelijk genoeg voor het warmtebedrijf zodat ze het project gaan uitvoeren?

1. Capaciteitsgebruik op de effluentbron: Elk scenario heeft een andere warmtevraag, wat gevolgen heeft voor de hoeveelheid warmte die uit de effluentleiding wordt onttrokken. Dit criterium beoordeelt de mate waarin de warmtevraag van elk scenario de capaciteit van het effluent uitput.

2. Netcongestie: De belasting van het elektriciteitsnet is een belangrijk aandachtspunt. Dit criterium kijkt naar de belasting die elk scenario veroorzaakt en hoe deze uitwerkt op grootverbruikersaansluitingen en wijkverzwaring.

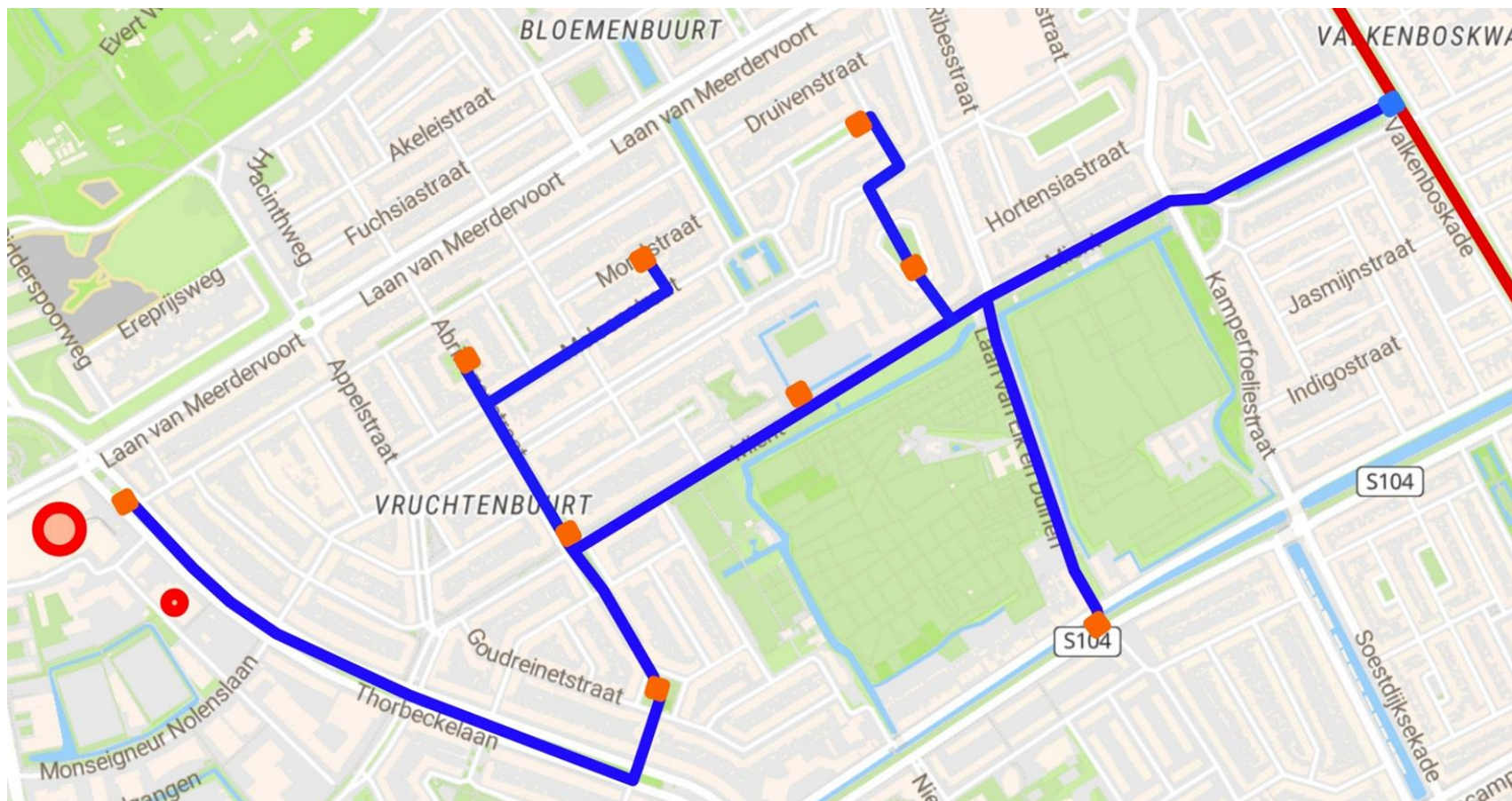
3. Impact op ruimtegebruik in de bodem en publieke ruimte: Warmtenetten vereisen ruimte onder de grond voor de aanleg van leidingen en opslag. De leidingafmetingen, maar ook de benodigde afstand tot andere leidingen, verschillen per scenario. Daarnaast is publieke ruimte nodig voor evt. buffers.

4. Ruimtegebruik bij de woningen: Het ruimtegebruik in/bij de woningen is tevens een afweging. Dit criterium bekijkt de aanpassingen die nodig zijn voor de installaties in en rondom de woningen, zoals de installatie van warmtepompen, leidingen en boilervaten in of bij de woningen.

5. Financiële businesscase: Bij een warmtenet worden kosten in rekening gebracht bij de eindgebruiker. Dit betreft een aansluitbijdrage, jaarlijks vastrecht, meterkosten, een prijs voor de afgenomen warmte/koude, e.d. Deze kosten zijn gebonden aan wettelijke maxima, maar moeten aantrekkelijk genoeg zijn om een voldoende hoge aansluitgraad te halen.

6. De investmentcase: Het warmtenet moet door een partij worden aangelegd en geëxploiteerd. Afgezien van evt. subsidies moet het warmtebedrijf een gezond rendement kunnen maken.

Voor alle drie de scenario's wordt uitgegaan van hetzelfde verloop van de Backbone. Deze is via een uitkoppelstation aan de effluentleiding verbonden en brengt de effluent energie naar afleverpunten in de wijk. Het tracé voor de Backbone is zo gekozen dat toekomstige uitbreiding naar omliggende wijken eenvoudig mogelijk is.



Figuur 20. Gepland trace voor de Backbone (3.680 m)

3.2 Capaciteit van de effluentleiding

De effluentleiding is beschouwd als de belangrijkste warmte- en koudebron voor de Vruchtenbuurt. Dit effluent, afkomstig van de waterzuiveringsinstallatie Harnaschpolder, biedt een stabiele en hernieuwbare energiebron. Gemeente Den Haag heeft de ambitie om meerdere wijken aan te sluiten op deze energiebron. Daarom is een belangrijk criterium bij de evaluatie van deze scenario's het capaciteitsgebruik en aansluitpotentieel van het effluent en hoe efficiënt deze bron kan worden benut. Eerdere studies van de gemeente lieten zien dat de capaciteit van effluent meer dan 30 MW is.

Door de verschillende configuraties en energiegebruiken, stelt elk scenario andere eisen aan de hoeveelheid warmte en koude uit het effluent. Hierbij is vooral het piekverbruik van belang in relatie tot de uitkoppelcapaciteit, de afmetingen van de leidingen en de uitputting van de bron. De benodigde capaciteit wordt mede beïnvloed door de aanvoer-/retourtemperaturen, het opslagpotentieel van de Warmte-Koude Opslag (WKO), en het energiegebruik in de wijk. Daarnaast speelt de regeneratie van de WKO-installatie door middel van effluent tijdens de zomermaanden een cruciale rol in het optimaliseren van de capaciteit. De capaciteit van de Effluent wordt gedimensioneerd op de koudste dag in de winter, omdat dan de meeste warmte uit de effluent onttrokken wordt.

Scenario Zeker

Dit scenario haalt alle benodigde warmte direct uit de effluentleiding zonder WKO. Daarnaast is de piekvraag van de woningen groter door de lagere isolatiegraad.

Scenario Hybride

Dit scenario maakt gebruik van het effluent in combinatie met een WKO-systeem van 2.5 MW. De woningen zijn beter geïsoleerd en de algemene energieverliezen kleiner door een stooklijnregeling op het DN en booster warmtepompen voor tapwater in de woningen.

Scenario Flex

Dit scenario gebruikt de effluentbron in combinatie met een WKO-systeem van 5 MW. De woningen zijn zeer goed geïsoleerd. De warmte opwekstations (WOS) met centrale warmtepompen zijn vervangen door energie uitwisselstations. De warmtepompen staan bij de eindgebruiker. Elke woning krijgt koeling aangeboden, waardoor warmte en koude kan worden uitgewisseld.

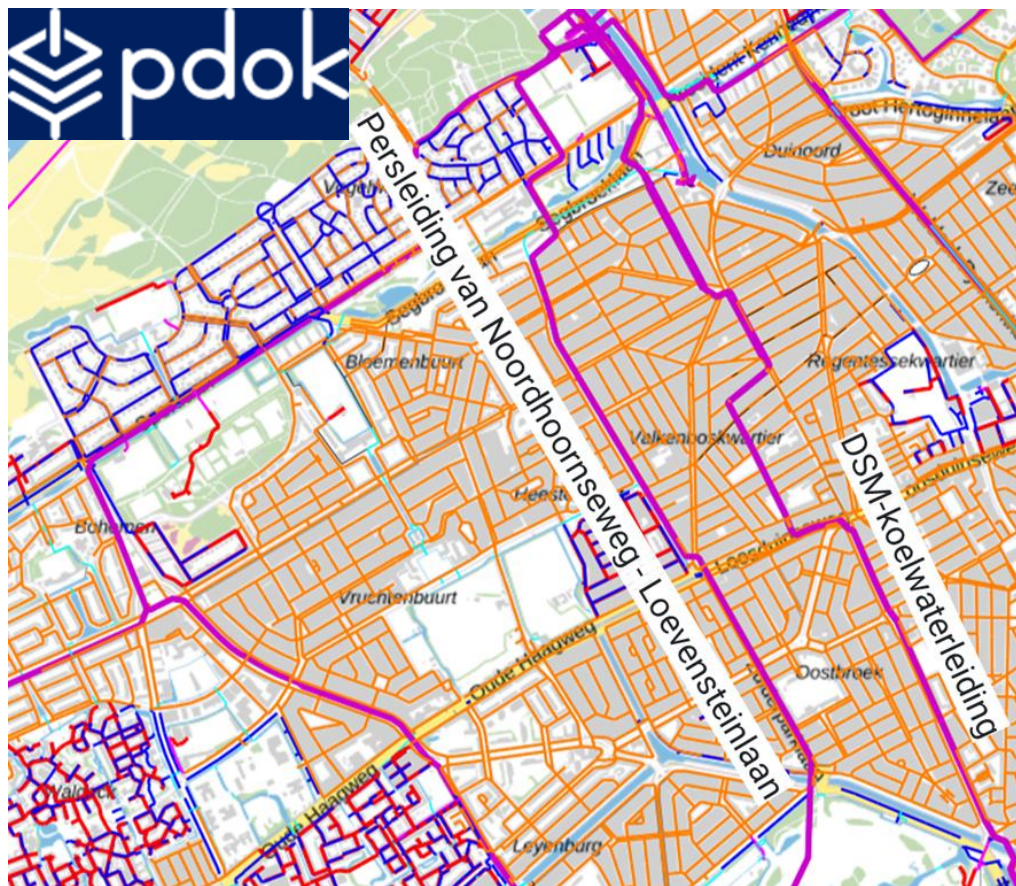
	Zeker	Hybride	Flex
Capaciteit effluent	11,7 MW	7,5 MW	1,8 MW
Effluent Per aansluiting*	3.62 kW	2,32 kW	0,56 kW
Effluent Aansluit-potentieel**	8.284	12.917	53.319

* op basis van 3218 woningen

** op basis van effluent capaciteit van 30 MW

Tabel 3. Vermogensvraag voor de effluentleiding

Alle scenario's gaan uit van de effluentleiding van de RWZI Harnaschpolder. De Afvalwaterzuiveringsinstallatie (AWZI) Harnaschpolder heeft een zuiveringscapaciteit van 1,3 miljoen vervuilingseenheden en is de grootste van Nederland. Door de AWZI wordt het afvalwater van ruim 1 miljoen mensen en veertigduizend bedrijven in de Haagse regio gezuiverd. Gemiddeld wordt per dag zo'n 250.000 kubieke meter afvalwater gezuiverd (bron: www.delfluent.nl/nl/awzi-harnaschpolder).



Figuur 21. Trace effluentleiding



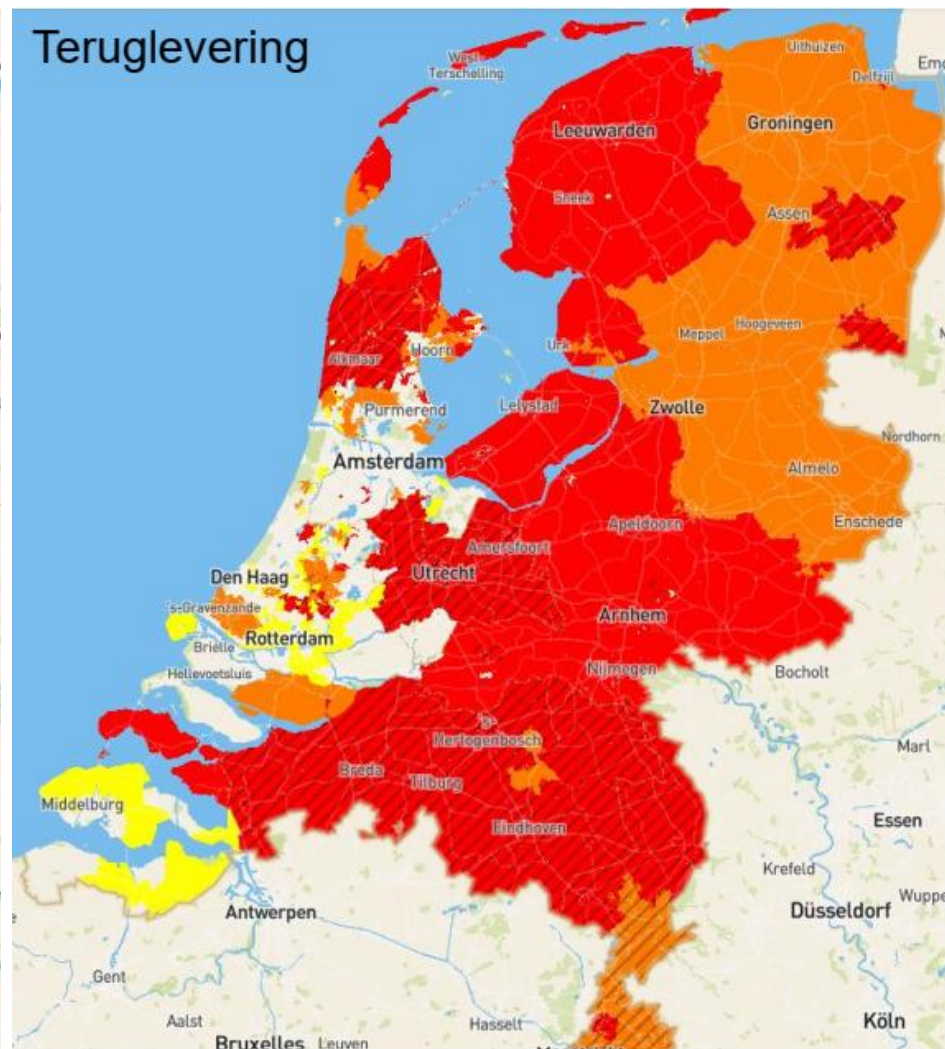
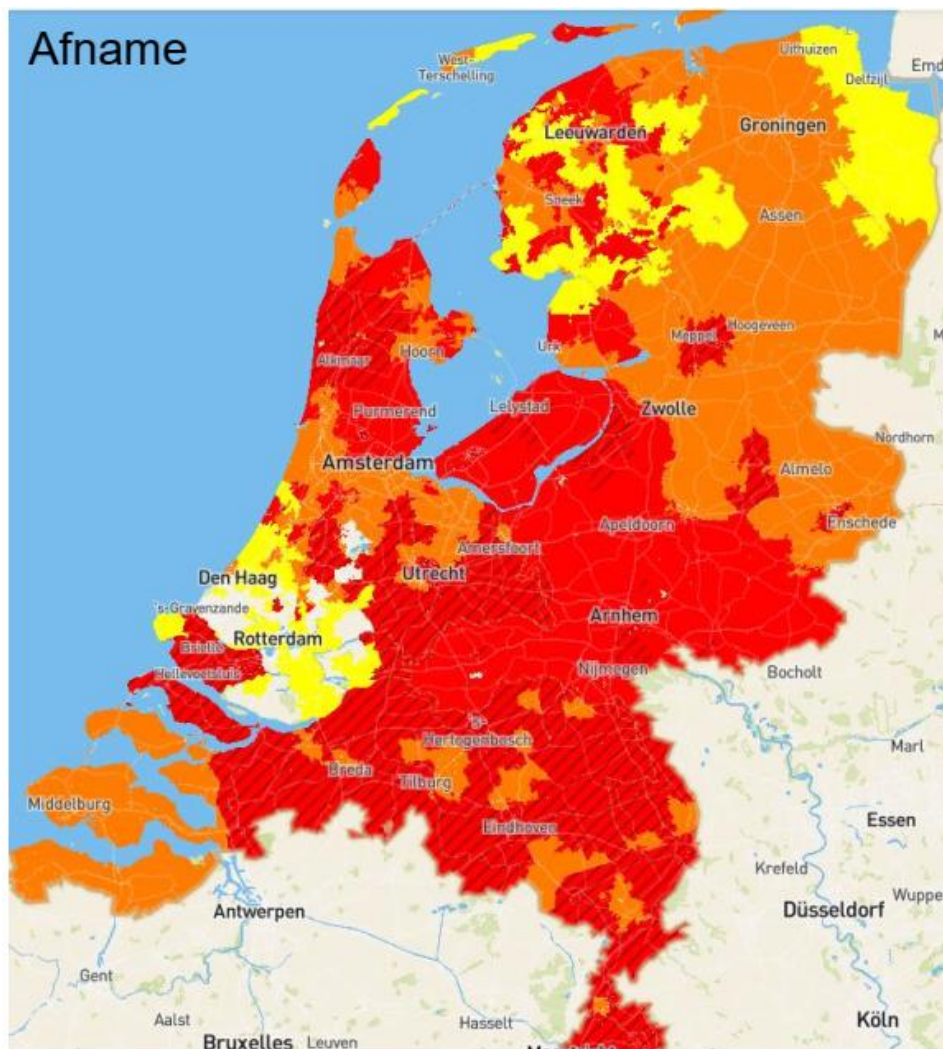
Figuur 22 a/b. AWZI Harnaschpolder

3.3 Netcongestie

Netcongestie vormt een belangrijk aandachtspunt bij de evaluatie van de drie warmtescenario's voor de Vruchtenbuurt. Het elektriciteitsnet in Nederland wordt steeds zwaarder belast door de groeiende vraag naar elektriciteit, onder andere door het toenemende gebruik van (lucht)warmtepompen, koeling, elektrische voertuigen, elektrisch koken en zonnepanelen. Hierdoor geven netbeheerders op veel plekken geen nieuwe elektriciteitsaansluitingen meer af of zijn er lange wachttijden. Dit geldt met name voor grootverbruikersaansluitingen en niet voor woningen. De invloed van elk scenario op de belasting van het elektriciteitsnet is daarom een essentieel criterium bij het bepalen van de haalbaarheid en duurzaamheid van de warmtesystemen.

Omdat de configuratie en de energievraag in elk scenario verschillen, varieert de netbelasting en het risico op congestie. Dit wordt voornamelijk beïnvloed door de hoeveelheid elektriciteit die nodig is voor warmtepompen, het warmteafgiftesysteem, en de piekbelastingen in koude perioden. Ook hebben buffers een groot effect op de piekvraag van elektriciteit, omdat deze tijdens de pieken de warmtepompen kunnen vervangen.

Op donderdag 5 december 2024 kondigde Tennet in geheel Zuid-Holland netcongestie aan: Elektriciteitsnet Zuid-Holland bereikt maximale capaciteit voor grootverbruikers van elektriciteit. Daarmee zal binnen de huidige wetgeving de benodigde grootverbruiksaansluiting voor een WOS in elk van de drie scenario's niet gegund kunnen worden. Verwacht mag worden dat op tijd een wetswijziging het mogelijk maakt dat aansluitingen voor een warmtenet voorrang krijgen, maar dat is nu nog niet het geval. Zodra dat wel zo is zijn al de scenario's in principe uitvoerbaar. Opgemerkt dient te worden dat naast de netcongestie er een forse uitdaging is op het kunnen uitvoeren van de netverzwaring van het bestaande kleinverbruikersnet; nu al 30 tot 50% opschaling van verdeelstations. Dit raakt met name scenario's Hybride en Flex vanwege het stroomverbruik van boosters in huis. Voor Hybride is een flinke grootverbruiksaansluiting nodig (5MW) en 60 tot 100% opschaling; gezamenlijk de grootste uitdaging. Voor scenario Zeker is een grotere aansluiting nodig (9,5MW) maar dus bij wetswijziging gunbaar. Scenario Flex heeft weliswaar een kleinere aansluiting nodig, maar dezelfde enorme uitdaging als scenario Hybride voor 60 tot 100% meer verdeelkasten. De gemeente vindt het ook van belang dat duurzame warmtesystemen aangesloten kunnen worden, omdat deze op de langere termijn juist helpen bij het verzachten van netcongestie problematiek.



Figuur 23 a/b. Netcongestiekaart Nederland

Bron: Eelco-de-Vink-Congestie-Bewonerscollectieven-Den-Haag

Scenario Zeker

In Scenario Zeker wordt een Midden-Temperatuur warmtenet gebruikt in combinatie met 9 centrale energiestations (WOS) voorzien van warmtepompen, transportpompen en elektronica. Deze warmtepompen leveren alle warmte die nodig is voor de aangesloten woningen gedurende het hele jaar. Ondanks dat warmtepompen efficiënter zijn dan gas CV-ketels leidt dit tot een aanzienlijke elektriciteitsvraag, vooral tijdens koude periodes. Dit scenario vereist grootverbruikersaansluitingen voor de WOSsen, van gemiddeld ca 2.000 kW. Hierbij treedt wel een voordeel op van gelijktijdigheid (aannee 60%), omdat niet alle aangesloten woningen op hetzelfde moment warmte zullen vragen. Door de grote energievraag per WOS (gemiddeld 7.500 GJ per jaar) kan stroom worden ingekocht voor een relatief laag tarief.

Scenario Hybride

In Scenario Hybride wordt ook een Midden-Temperatuur warmtenet gebruikt in combinatie met 9 centrale energiestations (WOS) voorzien van warmtepompen, transportpompen en elektronica. Tijdens de winterpiek heeft de backbone door toepassing van WKO's een hogere aanvoertemperatuur, waardoor de warmtepompen in de WOS minder warmte hoeven te leveren. Deze warmtepompen leveren alleen de warmte voor ruimteverwarming. Waardoor ze veel minder uren op volle capaciteit moeten leveren. Dit scenario vereist ook grootverbruikersaansluitingen voor de WOSsen, van gemiddeld ca 1.500 kW. Hierbij treedt ook het voordeel op van gelijktijdigheid (aannee 60%), omdat niet alle aangesloten woningen op hetzelfde moment warmte zullen vragen. De grote energievraag per WOS is veel kleiner, ook omdat van beter geïsoleerde woningen wordt uitgegaan (gemiddeld 4.000 GJ per jaar). Door het kleiner verbruik neemt het tarief voor de ingekochte stroom toe (van € 0,095 naar € 0,170 per kWh).

Een belangrijk voordeel van scenario Hybride is dat de temperatuur in het warmtenet alleen tijdens de winterpiek op 55°C wordt gehouden door middel van een stooklijn. In de overige dagen kan de temperatuur lager worden, waardoor de belasting op het netwerk verder afneemt. De woningen zijn uitgerust met boosterwarmtepompen om warm tapwater te leveren, wat wel extra elektriciteit vraagt per huishouden. De booster warmtepompen hebben echter een heel laag vermogen (500 W elektrisch) en verdelen hun elektriciteitsgebruik, dankzij het boiler vat, over een groot aantal uren. Eventueel kan via slimme regeling gezorgd worden dat de booster-WP's alleen tijdens daluren aanslaan.

Piekbelasting stroomnet in kW

	Collectief	Individueel	totaal
ZEKER	10.222	1.233	10.726
HYBRIDE	5.383	4.435	9.818
FLEX	981	4.602	5.583

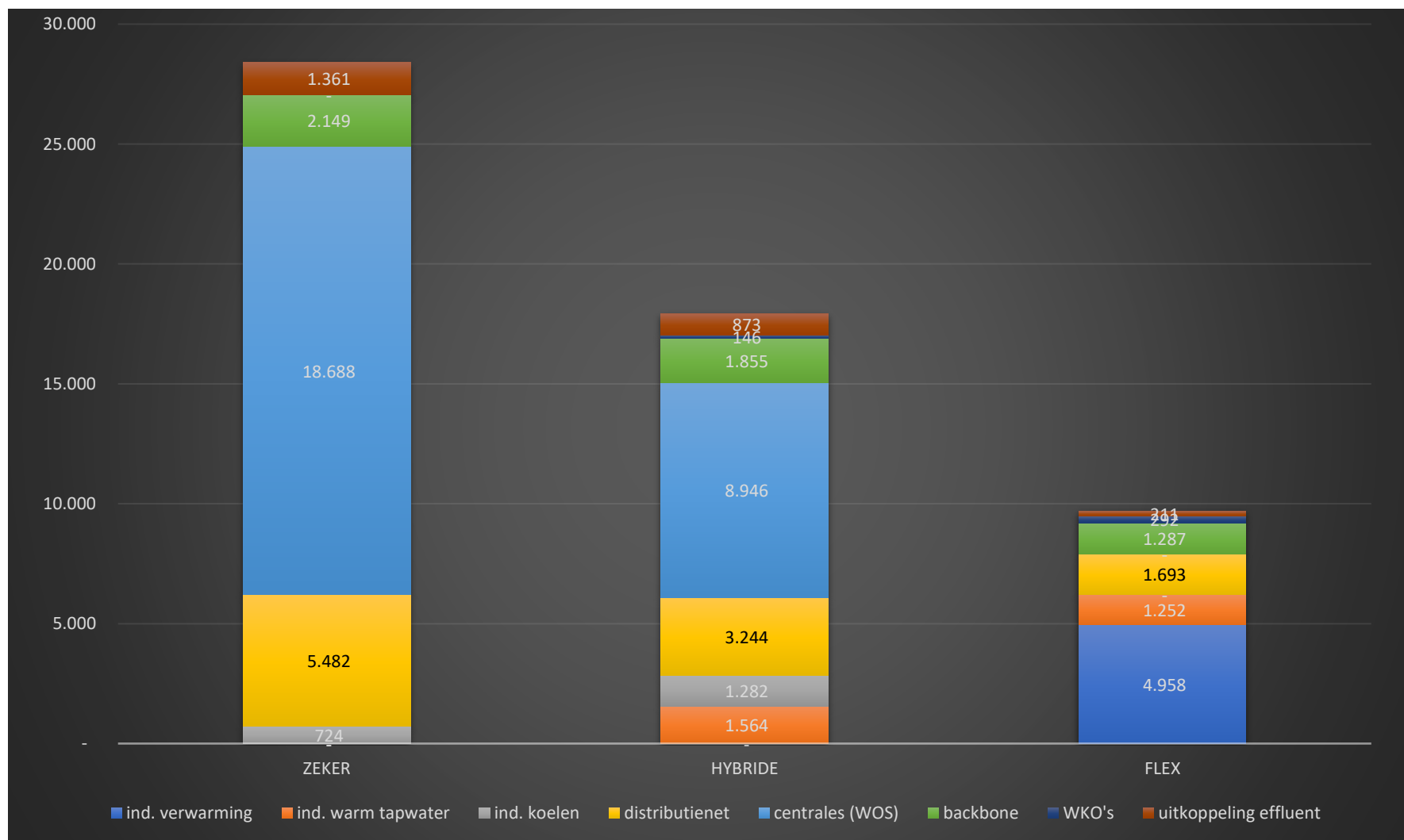
Tabel 4. Piekbelasting op het elektriciteitsnet

Elektriciteitsgebruik	ZEKER	HYBRIDE	FLEX	
Individueel verwarming	-	-	4.958	MWh/jr
Individueel warm tapwater	-	1.564	1.252	MWh/jr
Individueel koelen	724	1.282	-	MWh/jr
Distributienet	5.482	3.244	1.693	MWh/jr
Centrales (WOS)	18.688	8.946	-	MWh/jr
Backbone	2.149	1.855	1.287	MWh/jr
WKO's	-	146	292	MWh/jr
Uitkoppeling effluent	1.361	873	211	MWh/jr

Tabel 5. Jaarlijkse elektriciteitsgebruiken in MWh

Scenario Flex

In dit scenario worden individuele warmtepompen gebruikt in elke woning of in een groep woningen. Deze warmtepompen draaien alleen als er in de betreffende woning warmtevraag is en zijn afgestemd op de isolatiegraad en het gebruik van de woning. In dit scenario wordt tevens uitgegaan van beter geïsoleerde woningen. Deze warmtepompen zijn efficiënter dan luchtwarmtepompen, omdat ze tijdens de winterpiek gebruikmaken van het warmtenet met +10 °C als bron in plaats van buitenlucht van -10 °C. Dit zorgt voor ca 50% minder elektriciteitsverbruik en tevens tot minder belasting van de warmtepomp, die daardoor langer meegaat. In dit scenario zijn geen grootgebruikers-aansluitingen nodig, omdat de individuele warmtepompen worden aangesloten op de bestaande elektriciteitsaansluitingen van de woningen (max. ca 2 kW per warmtepomp). Centraal zijn alleen nog elektriciteitsaansluitingen nodig voor transport in de backbone, de uitkoppeling van effluent en de WKO's en elektronica. Met slim energiebeheer op wijkniveau kunnen de warmtepompen worden aangestuurd om piekuren te vermijden. Dit zorgt voor verdere ontlasting van het elektriciteitsnet en kan met dynamische contracten leiden tot lage stroomkosten.



Figuur 24. Jaarlijks elektriciteitsgebruik bij verschillende scenario's in MWh

3.4 Ruimtegebruik openbare ruimte

De leidingen zijn een essentieel onderdeel van een warmtenet. In de drie scenario's worden verschillende typen leidingen gebruikt om de warmte vanuit de energiebron door de wijk te transporteren. Er zijn drie type leidingen, de backbone, een sectornet en een clusternet afhankelijk van het scenario.

Backbone

In alle scenario's is een backbone aanwezig die de warmte van het effluent naar de negen deelwijken transporteert. Hoewel de backbone hydraulisch gescheiden is van het effluent, zorgt deze voor de distributie van de warmtebron. De leidingen in de backbone zijn gemaakt van ongeïsoleerde kunststof, wat zorgt voor lagere aanlegkosten en eenvoud in onderhoud. Deze leidingen vormen deruggengraat voor het warmtenet in de Vruchtenbuurt. De ongeïsoleerde kunststofleidingen van de backbone zijn geschikt voor de lage temperaturen van het effluentwater. Door de temperatuur, dicht bij de bodemtemperatuur, is er sprake van beperkte warmteverliezen. Bovendien verlaagt het gebruik van kunststof de materiaal- en installatiekosten in vergelijking met traditionele stalen leidingen. De backbone biedt de mogelijkheid om in de toekomst meer wijken op deze bron aan te sluiten, waardoor de schaalbaarheid van de warmtevoorziening wordt vergroot. Voor elke deelwijk zijn energiestations geïnstalleerd langs de backbone, die de warmte overdragen aan het sector- of clusternet, afhankelijk van het scenario.

Sectornetwerk

In zowel Scenario Zeker als Hybride wordt na de energiecentrales (WOS) overgeschakeld op een sectornetwerk. Dit netwerk bestaat uit geïsoleerde stalen buizen met een aanvoer- en retourleiding. Deze leidingen transporteren de warmte op hogere temperaturen, variërend van 55°C tot 70°C, afhankelijk van de warmtevraag en het seizoen. De isolatie van de leidingen zorgt ervoor om warmteverliezen te beperken, vooral bij de hogere temperaturen in het netwerk. Dit type leiding vereist veel ruimte in de bodem, omdat hoge temperatuur leidingen niet te dicht bij andere infrastructuur (bijv. drinkwater) mogen liggen. De aanvoer- en retourleidingen zorgen ervoor dat de warmte wordt verspreid naar de woningen en gebouwen binnen de deelwijken, en de afgekoelde retourstroom terug naar de energiestations.

Clusternetwerk

In Scenario Flex wordt na de energiecentrale (EUS) overgeschakeld op een clusternetwerk. In tegenstelling tot het sectornet, maakt het clusternet gebruik van ongeïsoleerde kunststofleidingen. Deze leidingen bevatten zowel een warme als een koude leiding, waardoor het systeem geschikt is voor warmte- en koude-uitwisseling tussen gebouwen. De leidingen in het clusternet transporteren warmte op lage temperaturen, waardoor isolatie niet nodig is.

2-pijps UNO [2 parallelle leidingen]					
DN	Duitw [mm]	dekking [cm]	sleufdiepte [cm]	bodem-breedte [cm]	boven-breedte [cm; talud 1:0.5]
80	160	80	106	92	248
100	200	80	110	100	257
125	225	80	113	110	263
150	250	80	115	115	269
200	315	90	132	133	307
250	400	90	140	160	327
300	450	100	155	190	362
350	500	100	160	210	374
400	560	110	176	242	411
450	630	120	193	266	451
500	670	120	197	294	460

4-pijps DUO [2 parallelle leidingen]					
DN	Duitw [mm]	dekking [cm]	sleufdiepte [cm]	bodem-breedte [cm]	boven-breedte [cm; talud 1:0.5]
20	100	80	100	60	160
25	125	80	103	65	168
32	150	80	105	70	175
40	180	80	108	76	184
50	200	80	110	80	190
65	275	90	128	95	223
80	300	90	130	100	230
100	400	100	150	120	270
125	500	110	170	140	310

Backbone

Materiaal HDPE

Dikte 25 – 600 mm

Sectornet

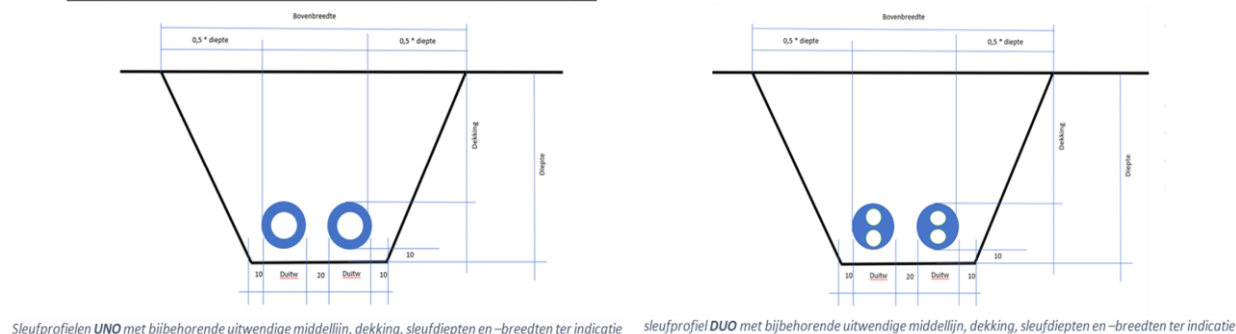
Materiaal Staal + isolatie

Dikte 75 – 190 mm

Clusternet

Materiaal PVC

Dikte 80 – 195 mm



Figuur 25. Bodemprofielen voor verschillende leidingtypes



Bron: pvcbuis.com



Bron: Warmte365.nl



Figuur 26 a/b/c. Voorbeelden leidingtypen voor verschillende netten

Bron: <https://nl.jtpipeline.com/product/hdpe-pipe-for-drainage>

Clusternetwerk (vervolg)

Bovendien verlaagt het gebruik van ongeïsoleerde kunststofleidingen de aanleg- en onderhoudskosten. De warme en koude leidingen in het clusternet werken samen om zowel verwarming als koeling te leveren aan de aangesloten gebouwen. Gebouwen kunnen warmte onttrekken aan de warme leiding of koeling verkrijgen via de koude leiding, met de mogelijkheid om overtollige warmte of koude terug te geven aan het netwerk. De clusterleidingen kunnen worden beschouwd als 'reservoirs', waaruit water onttrokken wordt of teruggestort in plaats van transportleidingen waar water doorheen wordt gepompt.

Inpassing leidingen in het straatprofiel

Scenario Zeker

In dit scenario wordt na de energiecentrales in elke deelwijk overgeschakeld op een sectornetwerk. Dit netwerk bestaat uit geïsoleerde stalen buizen met een aanvoer- en retourleiding, die warmte door de wijk transporteren en terugvoeren naar de energiestations. Deze leidingen moeten dieper en breder worden ingegraven dan kunststofleidingen omdat ze voldoende ruimte moeten hebben ten opzichte van de drinkwaterleidingen. In dit scenario De energiecentrales Scenario Zeker maakt geen gebruik van WKO-systemen, wat betekent dat de leidingen vooral dienen voor het directe transport van warmte.

Scenario Hybride

Dit scenario gebruikt eveneens een sectornetwerk van geïsoleerde stalen buizen na de energiecentrales, vergelijkbaar met Scenario Zeker. Maar door de dynamische stooklijn worden de warmteverliezen significant verminderd. Naast de leidingen wordt in dit scenario ook gebruik gemaakt van een WKO-systeem met een capaciteit van 2,5 MW, verdeeld over 5 doubletten. Deze WKO's vereisen extra ondergrondse ruimte voor de installatie van de doubletten.

Scenario Flex

In Scenario Flex wordt na de energiecentrale overgeschakeld op een clusternetwerk van ongeïsoleerde kunststofleidingen. Dit netwerk bevat een warme en koude leiding, wat uniek is voor dit scenario. Het clusternetwerk kan over het algemeen dichter bij andere infrastructuur liggen, vanwege de lage temperaturen. Bovendien zijn de leidingen dunner vanwege de lagere temperaturen in het netwerk, wat de ruimtelijke impact verder beperkt.

In dit scenario wordt ook een WKO-systeem geïnstalleerd met een capaciteit van 5 MW, verdeeld over 10 doubletten. Vanwege de grotere capaciteit vereist dit scenario meer ruimte voor de WKO's in de bodem, maar de ruimtelijke impact van de leidingen zelf blijft beperkt door het gebruik van kunststofleidingen.



Een eerste inschatting van de benodigde ruimte voor de drie scenario's laat zien dat de ruimtelijke inpassing van het warmtenet in de straten van de Vruchtenbuurt een enorme inspanning gaat vergen, zeker voor inpassing in al de straten, maar dat er niet op voorhand een scenario afvalt omdat ruimtelijke inpassing er onmogelijk is. Er dient nog veel afstemming plaats te vinden voordat er kan worden vastgesteld hoe de ruimtelijke inpassing plaats gaan vinden. Uit de gesprekken met DSB Riolering Wegen en Bodem is nu al gebleken dat een hoge temperatuurnet wel heel lastig zal zijn en dat het middentemperatuur-regiem het meest voor de hand liggend is. Het Handboek Openbare Ruimte (HOR) en de (concept) Visie Ondergrond zijn documenten die de basis zijn voor de uitvoering van de rioolvervanging. De recente wijzigingen in deze twee documenten t.b.v. de aanleg van warmtenetten zijn bij DSB onder de aandacht gebracht. De gemeente tracht ruimte te creëren in de ondergrond door de nieuwe riolen asymmetrisch in het wegprofiel te gaan plaatsen. Hiervoor zal zeker in de nauwe straten in de vooroorlogse wijk als de Vruchtenbuurt maatwerk nodig zijn om een warmtenet aan te kunnen leggen naast het behoud van ORAC's, het behoud van voldoende parkeervakken en behoud of zelfs uitbreiding van de hoeveelheid groen (bomen) in de wijk.



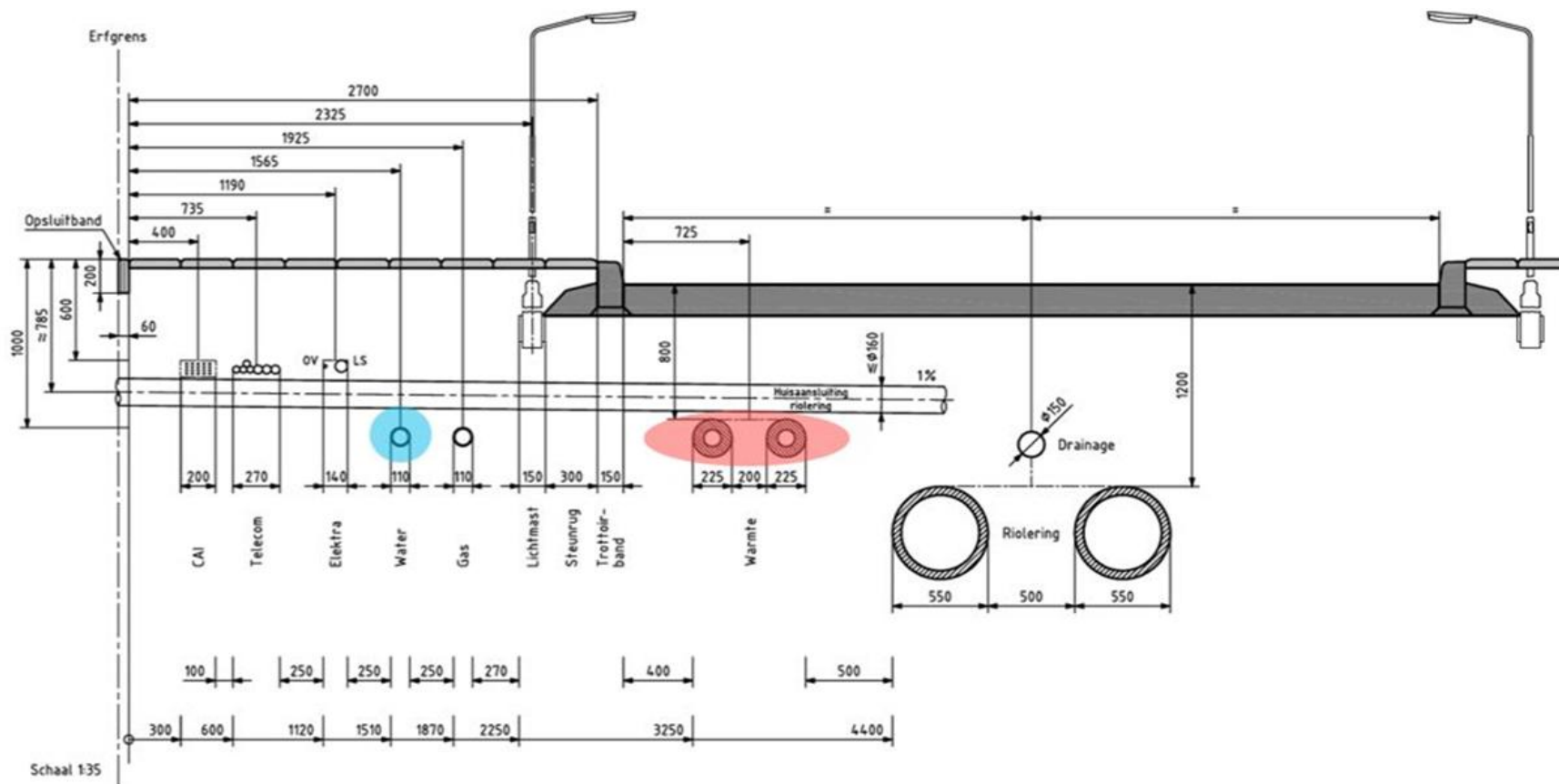
ENERGIE
NEDERLAND

Intersectorale overeenkomst drinkwater- en warmteleidingen: afspraken over afstanden

Artikel 3 Afspraken

- 3.1. Onderstaande afspraken richten zich op nieuwe warmtenetten in de bestaande bouw.
- 3.2. In de basis streven de partijen naar maximale afstand en hanteren zij een basisregel van minimaal 1,5 meter afstand (dagmaat) bij parallellegging.
- 3.3. Indien 1,5 meter niet haalbaar is, kan plaatselijk dichterbij worden gelegd zonder aanvullend onderzoek.
 - 3.3.1. De minimale afstand (dagmaat) tussen drinkwater- en warmteleiding is 1,0 m in parallellegging voor een lengte van maximaal 100 m. Dit kan per buurt tot maximaal 25% van de leidinglengte van het drinkwaternet.
 - 3.3.2. De minimale afstand (dagmaat) tussen drinkwater- en warmteleiding is 0,5 m in parallellegging voor een lengte van maximaal 5 m. Dit kan per buurt tot maximaal 5% van de leidinglengte van het drinkwaternet. Een afstand van minder dan 1,0 meter is alleen toegestaan bij een technische noodzaak, zoals de aanwezigheid van ondergrondse barrières.
 - 3.3.3. De 5% en 25% kunnen niet uitgewisseld worden.
 - 3.3.4. In overleg tussen het warmte- en drinkwaterbedrijf kan worden afgeweken van de afstandsnormen. Dit kan bijvoorbeeld op basis van aanvullend locatie specifiek onderzoek over de thermische beïnvloeding.
- 3.7. Voor warmte- en koudeleidingen met een maximale temperatuur van 20°C of lager gelden geen afstandsbeperkingen ter voorkoming van relatieve opwarming.

Deze overeenkomst treedt in werking op 24-07-2024.



Voorbeeld dwarsprofiel voor een woonstraat, overgenomen uit Bijlage B.4 uit de NEN 7171-1 (2009). N.B. deze norm is op moment van schrijven in herziening. Blauw gemarkeerd de positie van de drinkwaterleiding in het trottoir, in rood gemarkeerd warmteleidingen. Leidingen van (Z)LT-warmtenetten zullen doorgaans een kleinere diameter hebben dan hier weergegeven, omdat bij bijvoorbeeld bronnetten geen isolatie toegepast wordt.

Figuur 27. Inpassing in het straatprofiel

Overige infrastructuur

Warmteopwek- en EnergieUitwisselstations (WOS/EUS)

Behalve de leidingen is er ruimte nodig voor de Energiestations (WOS/EUS), de Warmte-Koude Opslagsystemen (WKO's) en eventuele buffers. De fysieke infrastructuur van elk scenario legt een ander beslag op de openbare ruimte.

In alle drie de scenarios zijn er in de negen deelwijken energiestedions, waar de backbone overgaat in of een sectornet of een clusternet. In scenario Zeker en Hybride, zitten er warmtepompen in deze stations, die de temperatuur in het aansluitende sectornet opwaarderen naar de gewenste hoogte. In het scenario Flex, zitten er alleen maar warmtewisselaars en transportpompen, die zorgen dat het aansluitende clusternet indien nodig energie van de backbone krijgt. Deze energiestedions kunnen bovengronds zijn, waar ze lijken op transformatorhuisjes, of kunnen ondergronds worden geplaatst, zie afbeeldingen onder, waarna er alleen nog een deksel van 2m², in de openbare ruimte zichtbaar is.

In zowel Scenario Hybride als Scenario Flex wordt gebruik gemaakt van WKO's om thermische energie op te slaan en de vraag naar warmte en koude beter te balanceren. De WKO-systemen bestaan uit doubletten, waarbij elk doublet ongeveer 500 kW aan capaciteit biedt. Een doublet bestaat uit twee bronputten, een warme en een koude bron. Deze bronputten zijn 1 à 2m² (zie figuur). De locaties en het plannen van deze WKO's moet voortkomen uit een bodemenergieplan.

Wijkbuffers

Met name als er veel mogelijkheden zijn om warmte binnen het clusternet vast te houden op hogere temperatuur (20-80°C), waarbij vraag en aanbod niet matchen, of om gebruik te maken van dynamische stroomtarieven, kunnen wijkbuffers interessant zijn. De warmte kan afkomstig zijn van bv. sportvelden, zonnecollectoren (PVT of thermisch), warmtepompen die koeling leveren aan de eindgebruiker, of uit industriële/ambachtelijke processen. Een effectieve wijkbuffer bevat ca 1 tot 10 m³ water per aangesloten woning. Bij voorkeur wordt een dergelijke buffer onder de grond geplaatst. De ruimte boven de buffer blijft bruikbaar voor groenvoorziening, parkeren, speelruimte, e.d., mits er geen zware belastingen op komen.

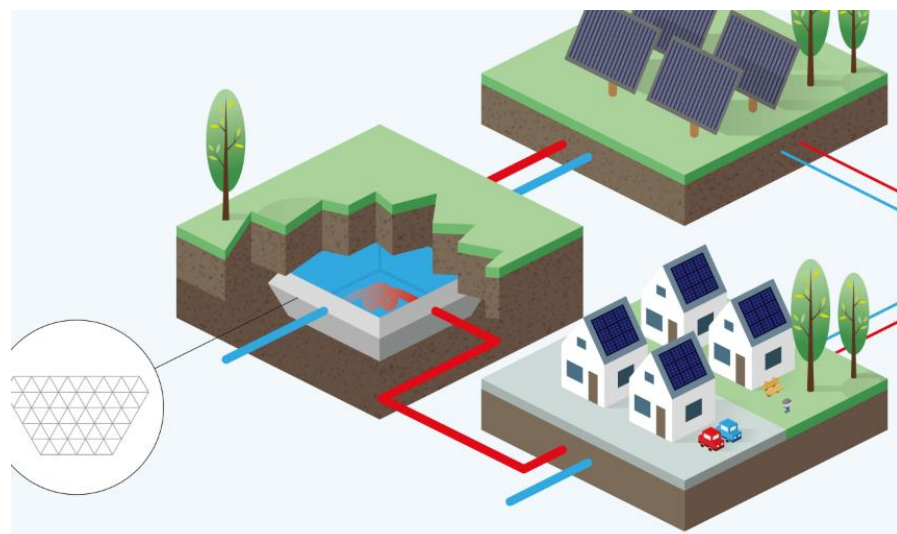
Door het toevoegen van een thermische warmtebuffer bij de opwekking worden een aantal sturingsopties toegevoegd. De belangrijkste zijn:

1. De buffer kan energie leveren op momenten dat elektriciteit duur is en vervangt dan de warmtepomp;
2. De buffer kan de levering door de warmtepomp aanvullen en daarmee de capaciteit van de opwekking verhogen;
3. De buffer kan dienen als back-up als de warmtepomp uitvalt.

Ca. 35% van de totale dagelijkse warmtevraag zit 's ochtends tussen 5 en 10 uur, waarbij de vraag tussen 8 en 10 uur ca 50% boven het uurgemiddelde ligt. Vaak zijn dit de uren dat er nog weinig zon is en daardoor de stroomprijs relatief hoog.



bron: Youtube – ETECK Energie bedrijven



bron: <https://www.hocosto.com/warmtebatterij/energiemanagement/>



Figuur 28. Voorbeeld ruimtebeslag WKO systeem en wijkbuffers



Bron: <https://geotherm.nl/bodemenergie/>

De WOS en/of EUS stations kunnen zowel bovengronds (evt. in pandig in een gebouw) of ondergronds worden geplaatst. Bij ondergrondse plaatsing is goede aandacht voor waterdichting vereist. Een bovengrondse (in pandige) WOS vereist ongeveer dezelfde afmetingen als ondergronds. De prefab kelders (zoals o.a. toegepast bij Mijwater in Heerlen) zijn qua afmeting beperkt door het transport over de weg. De betonnen bak moet op een vrachtwagen passen. Een karakteristieke afmeting is 12x5,5x3,5m. Door uitvoering in Belastingklasse C (volgens DIN EN 1433) kunnen de kelders geplaatst worden in gebieden als winkelstraten, ventwegen, parkeerterreinen, speelterreinen, groenvoorziening, e.d., met maximaal een normale verkeersbelasting. De interne installaties worden als een prefab skid in zijn geheel in prefab kelder geplaatst. Daarna wordt de kelder gedicht met een betonnen deksel. Bovengronds zijn alleen toegangsluiken zichtbaar en een ventilatievoorziening.

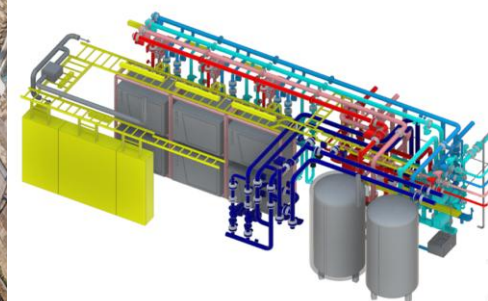
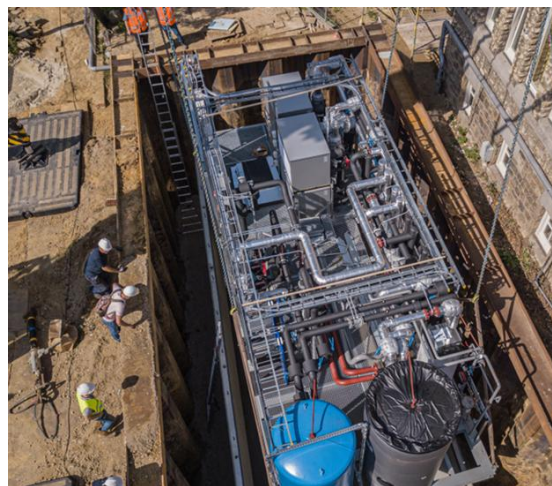
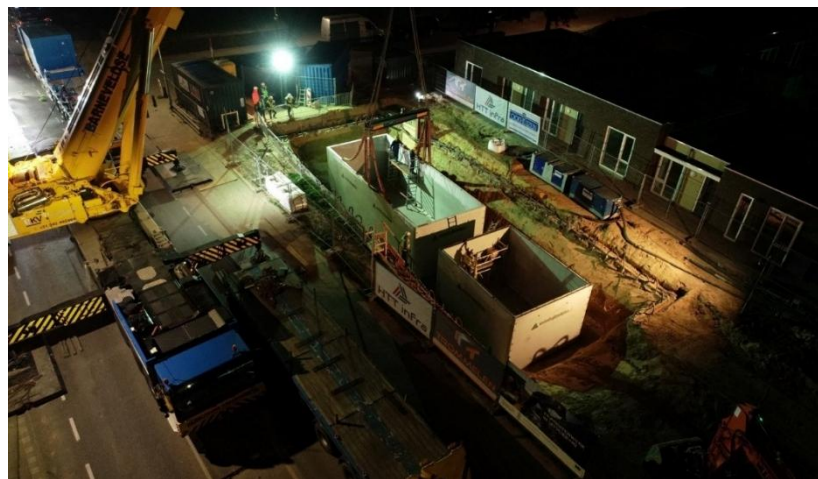
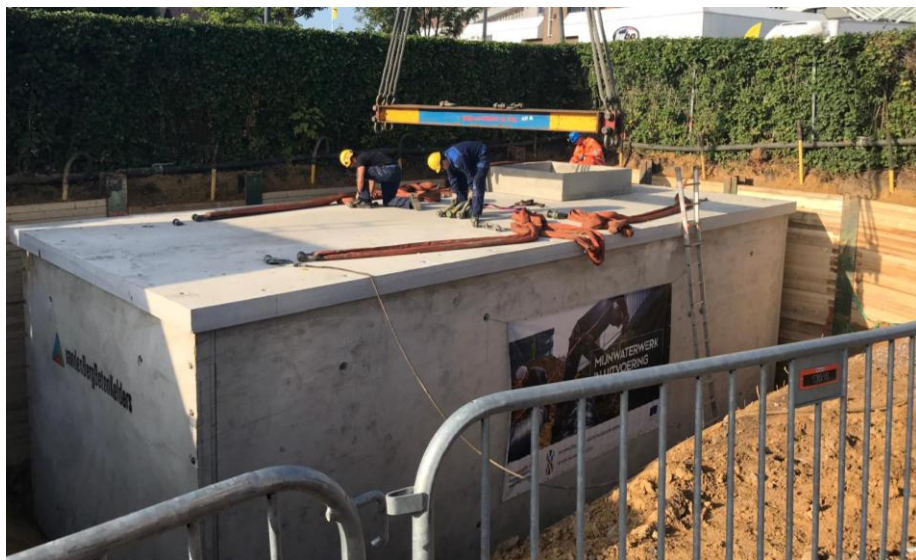
Energetisch kan een kelder bv. 12 Warmtepompen bevatten van 85 kWth (1 MWth). Als grotere vermogens nodig zijn kunnen meerdere kelders aan elkaar worden gekoppeld. Het ZEKER scenario komt voor de 9 deelwijken uit op een gemiddelde van 2,2 MWth (variërend van 0,3 tot 4,1 MWth) per WOS, dus 1 tot 4 kelders per deelwijk. Het HYBRIDE scenario komt uit op een gemiddelde van 1,6 MWth (variërend van 0,2 tot 2,9 MWth) per WOS, dus 1 tot 3 kelders per deelwijk. HET FLEX scenario zit gemiddeld op 0,8 MWth (variërend van 0,1 tot 1,5 MWth) per EUS. Echter de EUS bevatten geen warmtepompen en kunnen daardoor meer thermisch vermogen leveren. De kleine vermogens zitten bij Moerbijplein en Haagweg en worden bvk in pandig geplaatst.

De elektriciteitsaansluiting is te combineren met bijv. WKO bron en te clusteren met andere elektrische aansluitingen binnen het verbonden netwerk, mits ze onder 1 eigenaar vallen. De E- aansluitingen kan als smart grid worden ingericht met piekmanagement. Ook kunnen de centrales worden verbonden met een directe lijn of een gesloten distributiesysteem (GDS). Dan wordt met het aanleggen van de warmteleidingen gelijk een elektriciteitskabel meegelegd. Een en a n der is relevant in het overleg met de netbeheerder over de GVA-aansluitingen. U heeft een directe lijn als u via eigen elektriciteitskabels of gasleidingen een productie-installatie verbindt met 1 of meer verbruikers. En uw verbruikers zijn geen producent. Er zijn 2 soorten directe lijnen:

- Zonder aansluiting op het openbare stroomnetwerk of gasnetwerk: De directe lijn verbindt een geïsoleerde productie-installatie met een geïsoleerde verbruiker (bv. eigen zonnepanelen of windmolen);
- Met 1 aansluiting op het openbare stroomnetwerk of gasnetwerk: De directe lijn verbindt 1 productie-installatie met 1 of meer zakelijke verbruikers. Eén van deze installaties is aangesloten op het openbare net. En de contracten zijn gesloten via een energieleverancier. De energieleverancier regelt het administratieve deel en levert geen energie.

(Bron: <https://www.acm.nl/nl/energie/elektriciteit-en-gas/netbeheer/eigen-netwerk-directe-lijn/eigen-netwerk-directe-lijn-beheren#:~:text=U%20heeft%20een%20directe%20lijn,uw%20verbruikers%20zijn%20geen%20producent.>)

In het FLEX scenario is met 9 buffers gerekend van 360 m³. Hocosto geeft aan dat hun buffer zowel in lengte, breedte en diepte schaalbaar is met een ondergrens is 85 m³. Voor 360 m³ moet worden gedacht aan een ruimtebeslag van 12x10x4m, waarbij de bovenste meter een deklaag is voor begroeiing of bestrating.



Bron: Mijnwater Energy BV Heerlen

Figuur 29. Voorbeeld ruimtebeslag WOS/EUS

3.5 Ruimtegebruik woningen

Het ruimtegebruik binnen de woningen varieert in belangrijke mate voor de verschillende scenario's. Elk van de drie onderzochte scenario's – Zeker, Hybride en Flex – vereist verschillende aanpassingen in en rondom de woningen om warmte te kunnen leveren.

De belangrijkste componenten zijn:

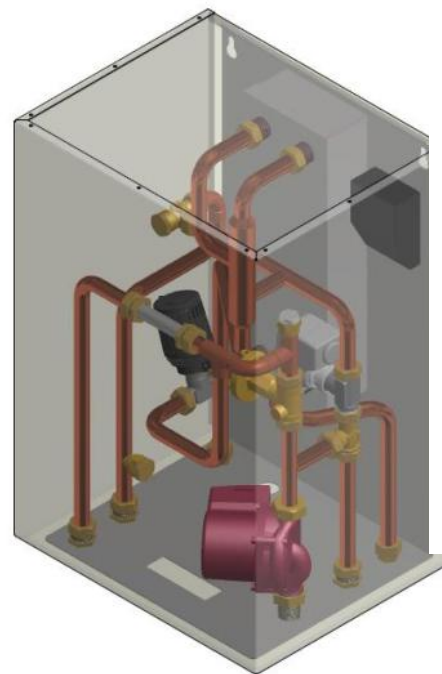
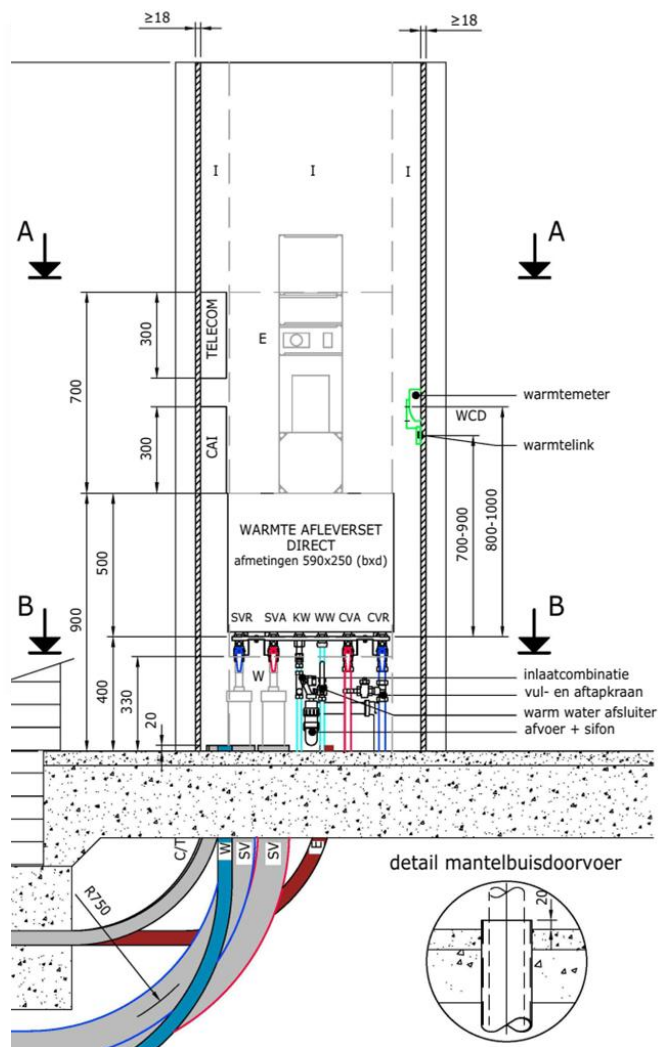
- Doorvoer warmteleidingen van straat naar de woning (over privé terrein);
- Invoer leidingen in de woning/gebouw;
- Eventueel leidingwerk binnen de schachten voor meergezinswoningen;
- Afleverset in de meterkast (Zeker)
- Interne leidingen (meestal naar locatie van de CV-ketel);
- Booster warmtepomp (Hybride);
- Boilervat voor warm tapwater (Hybride en Flex);
- Combi warmtepomp (Flex);
- Aanpassing aan het afgiftesysteem (radiatoren/convectoren);
- Binnenconvector-unit voor extra warmte en koude (Flex);
- Gebalanceerde ventilatie-unit (optioneel);
- Zonnecollector voor warm water (optioneel).

Behalve nieuwe componenten die extra ruimte vragen vervallen ook een aantal zaken, zoals:

- Gasleidingen en gasmeter;
- CV-ketel;
- Schoorstenen.

Voor de verschillende scenario's wordt globaal aangegeven hoe deze de beschikbare ruimte in de woningen beïnvloeden. Er zijn in deze fase geen specifieke inspecties uitgevoerd of analyses van alle woningtypen. In het rapport "Woninginventarisatie aansluitconcepten Vruchtenbuurt" van Impuls Advies, dd. 16 december 2022, ius voor een MT warmtenet (Scenario Zeker) een analyse gemaakt. Het betreft de aansluiting van de afleverset van de gevel, de afleverset zelf en de aansluiting aan de afleverset intern. Hiervoor zijn 22 woningtypes geïnvventariseerd.

Ten opzichte van een lucht-water warmtepomp hebben alle scenario's het voordeel dat er geen buitenunit nodig is met leidingwerk naar de gevel of het dak en dat onderhoud en geluidsoverlast van deze units wordt voorkomen.

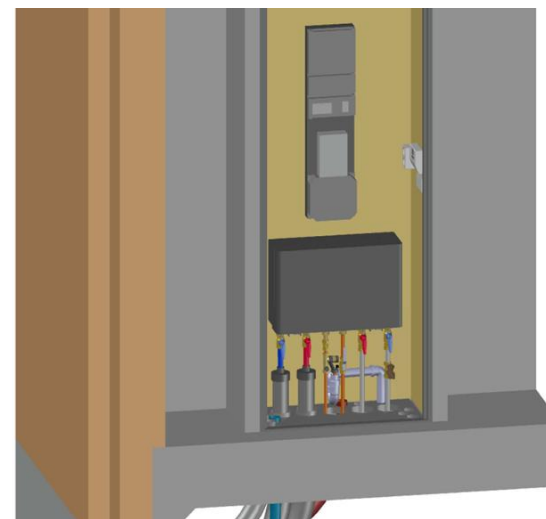


(Bron: Ferroli)

VATTENFALL

3.2. Toegankelijkheid en bereikbaarheid

- De meterruimte moet op hetzelfde niveau zijn als de toegangsdeur;
- De meterruimte moet vorstvrij zijn;
- De loopafstand vanaf de meterruimte tot aan de toegangsdeur is maximaal 3 m;
- Aan de voorkant van de meterruimte is vrije ruimte beschikbaar ten bate van werkzaamheden aan aansluitingen in de meterkast van minimaal 80 bij 80 cm en minimaal 2 m stahoogte.
- De meterruimte moet afsluitbaar zijn met een deur met slot. Als de meterruimte zich in een gemeenschappelijke ruimte bevindt, dan moet de deur met een cilinderslot afsluitbaar zijn.
- De meterruimte moet schoon, netjes en toegankelijk blijven voor onderhoud, vervanging en uitlezen van de meter;
- De meterruimte wordt niet gebruikt als opslagruimte;
- De meterruimte heeft een minimale vrije doorgang. De minimale vrije doorgang van de meterruimte staat op tekening aangegeven (bijlagen);
- De meterruimte moet vrij staan van de fundering, leidingen of andere obstakels;
- Warmte- of koudeleidingen die in ruimten, schachten of kokers worden aangelegd moeten altijd bereikbaar blijven via een wegneembaar en te herplaatsen paneel.



Figuur 30 a/b/c. Voorbeeld ruimtebeslag afleverset in de woningen

Scenario Zeker

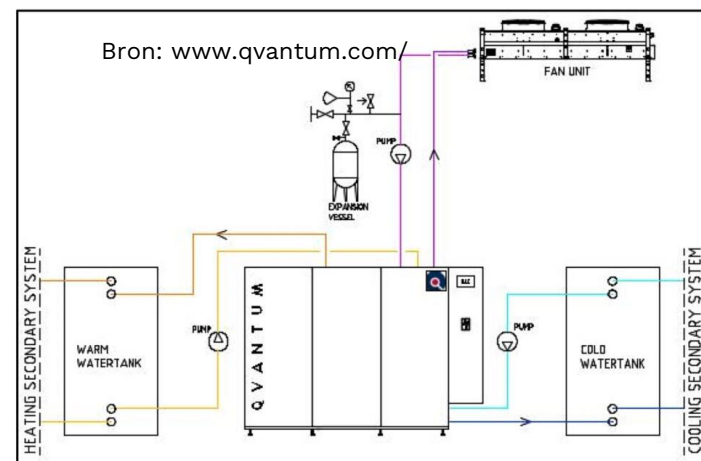
In de woning wordt een afleverset geplaatst in de meterkast. Deze wordt verbonden met het warm tapwater circuit en het CV circuit. In figuur 30 wordt een voorbeeld met aansluitingen en componenten gegeven. De afmeting van een afleverset is ca 0,25 m². De leidingen vanaf de straat kunnen tegenwoordig geboord worden en bereiken de woning b.v.k. via mantelbuizen door de kruipruimte. De afleverset is een hydraulische scheiding, regelt het vermogen en de temperaturen en tevens de monitoring van geleverde warmte. Vanaf de meterkast wordt aangesloten op het bestaande afgiftesysteem en op de levering voor warm tapwater (meestal ter plaatse van de combi CV-ketel). De leidingen kunnen soms in of langs een bestaande schoorsteen worden gelegd. De schoorstenen zijn evt. ook bruikbaar voor de kanalen van een gebalanceerd ventilatiesysteem.

Scenario HYBRIDE

Ook in dit scenario wordt in de woning een afleverset geplaatst in de meterkast. Deze is kan iets eenvoudiger en hoeft alleen te worden verbonden met het CV circuit. Aanvullend wordt een booster warmtepomp geplaatst en een boilervat. De boosterwarmtepomp kan tegen de wand worden geplaatst, boven het boilervat. Het ruimtebeslag is ca 1 m² (400 x 1500 x 400 mm). Er zijn ook mogelijkheden om het boilervat liggend, bv in het knieschot van het dak weg te werken. De Metro Therm Micro booster van Alpha Innotec bevat bijvoorbeeld een 190 liter tapwaterbuffervat met Energie label A+ en opereert in de temperatuurrange 10-55 °C. Het elektrisch vermogen van de booster is ca 500W en kan op een normaal (geaard) stopcontact.

Scenario FLEX

In dit scenario is een afleverset niet nodig. In de woning wordt een combi warmtepomp geplaatst samen met een boilervat. De nieuwe warmtepompen krijgen ong. het formaat van een wasmachine (1000 x 400 x 600 mm). Deze kunnen worden gekoppeld aan een warmte- en koude afgifte unit met afmetingen van ca. 200 x 1000 x 800 mm (fig. 32c). Het zijn multifunctionele toestellen voor ruimteverwarming, koeling en warm tapwater en wisselen intern energie uit. Energiemonitoring en onderhouds-/faalmonitoring worden geïntegreerd. Er zijn ook complete buitenunits verkrijgbaar, waarmee een woning volledig van nieuwe installaties wordt voorzien. Dan wordt tevens de ventilatielucht verzorgd en kunnen zonnecollectoren worden aangesloten, bv. van Nathan systems (www.nathan.nl/nathan-group/nathan-industries).



Figuur 31. Voorbeeld opstelling multifunctionele Quantum warmtepomp



Figuur 32 a/b/c/d. Voorbeeld ruimtebeslag Combi-WP, Binnenunit voor warmte en koude, Boilervat liggend en boosterwarmtepomp met boilervat

3.6 Financiën bewoners

Op basis van de warmtevraag en vermogens zijn de netto investeringen (excl. BTW) berekend voor de verschillende bouwstenen op basis van kengetallen. Hierop is een toeslag toegepast van 15% voor algemene kosten, projectmanagement, engineering, e.d. Tevens is uitgegaan van 10% subsidie op de investeringen (bv. SDI regeling). Het jaarlijks onderhoud en exploitatie is aangenomen op 2% van de investering. Uit de energievraag is het jaarlijks elektriciteitsgebruik berekend voor de warmtepompen, transportpompen en hulpenergie en de jaarlijkse kosten voor stroom. Hiervoor is een bedrag aangehouden van € 0,20 per kWh ex. BTW. De GJ-tarieven en BAK (aansluitkosten) zijn conform de huidige tarieven van ACM aangenomen, alleen in scenario Flex is de aansluitbijdrage € 2000 hoger vanwege het leveren van koeling. In de andere scenario's dienen bewoners zelf in een airco te investeren.

De aanneme is dat alle elektriciteit wordt ingekocht door het warmtebedrijf Netverder en dat deze alle ruimteverwarming en tapwater levert conform de ACM tarieven voor de onderlinge vergelijkbaarheid. Alle investeringen worden ook aangenomen door het warmtebedrijf te worden gedaan. De bewoners betalen dus alleen aansluitkosten en een GJ-prijs en de evt. aanpassingen en isolatiemaatregelen in de woning. Bij het FLEX scenario levert het warmtebedrijf ook koeling. In de andere scenario's zal een deel van de bewoners zelf investeren in een airco en daar nog aanvullend elektriciteit voor verbruiken. In bijlage 4. wordt een overzicht van de berekeningen gegeven.

WIS subsidie

Voor de aanleg van een warmtenet is WIS subsidie beschikbaar. De WIS staat een bedrag van € 6.000 per woning toe (conform voorwaarden in 2023). Dit is echter gebaseerd op een verondersteld rendement van 4,23%. Bij een hogere rendementseis in de businesscase wordt de WIS bijdrage lager (bijvoorbeeld € 3.000 bij een IRR van 7%). In 2024 worden de nieuwe voorwaarden voor de WIS subsidie verwacht.

Investering (indicatief) per woning incl. 15% toeslagen en na aftrek 10% subsidie:

- Scenario Zeker: € 16.541,- excl. BTW;
- Scenario Hybride: € 15.352,- excl. BTW;
- Scenario Flex: € 16.471,- excl. BTW.

Investerings	Zeker		Hybride		Flex		
Onderdeel	aantal	kosten	aantal	kosten	aantal	kosten	eenheid
Bronnen WKO	-	€ 850	5	€ 850	10	€ 850	/kWp
Backbone	3.680	€ 1.000	3.680	€ 950	3.680	€ 850	/m'
WOS centrales	9	€ 1.200	9	€ 1.200	9	€ 700	/kWp
Clusternet	-	€ 950	-	€ 950	13.800	€ 750	/m'
Clusterbuffer	-	€ 300	-	€ 300	9	€ 300	/m3
Sectornet	14.160	€ 900	14.160	€ 800	360	€ 800	/m'
Bronnen Zth	-	€ 298	-	€ 298	-	€ 298	/m2
Bronnen PV	-	€ 240	-	€ 240	-	€ 240	/m2
Effluentbron	1	€ 200	1	€ 200	1	€ 200	/kWp
Regeneratie WKO bronnen	-	€ 500	-	€ 500	-	€ 500	/kWp
Woninginstallatie	3.218	€ 250	3.218	€ 1.800	3.218	€ 1.500	/kWp

Tabel 6. Gebruikte Kosten kengetallen (excl. toeslagen, excl. subsidies, excl. BTW)

Kosten bewoners	Zeker		Hybride		Flex		
Onderdeel	ex. BTW	incl. BTW	ex. BTW	incl. BTW	ex. BTW	incl. BTW	eenheid
BAK	4.339	€ 5.250	4.339	€ 5.250	6.339	€ 7.670	per woning
Vastrecht	658	€ 796	658	€ 796	883	€ 1.068	per won/jaar
GJ gebruik	2.137	€ 2.585	1.589	€ 1.922	1.096	€ 1.326	per won/jaar
Totaal per jaar	2.794	€ 3.381	2.246	€ 2.718	1.978	€ 2.394	per won/jaar
Totaal / maand	233	€ 282	187	€ 227	165	€ 199	per won/maand

Tabel 7. Bewonerslasten

3.7 Financiën warmtebedrijf

De indicatieve businesscase geeft een indicatie van de investeringen, exploitatiekosten en eindgebruikerskosten op basis van de energievermogens en energiegebruiken. Voor de realisatie van een project zijn meer factoren van belang. Te denken valt aan:

- Projectontwikkelkosten;
- Voorfinanciering en rentelasten;
- Passend rendement in relatie tot risico's;
- De realisatietijd en de aansluitsnelheid;
- De kapitaalpositie en liquiditeitspositie;
- Inflatiepercentage;
- Belastingen, leges, concessiekosten;
- Afschrijvingstermijnen en restwaarde, e.d.

Een en ander is afhankelijk van:

- De organisatiestructuur;
- De financieringsstructuur;
- De fasering van investeringen;
- Projectomvang in relatie tot uitbreidmogelijkheden op termijn, e.d.

PROJECT SPECIFIC OPERATING COSTS

Fees to be invoiced by Xchains	Base Fee		Extra fees per connected Phase				
Basic Fees							
Management Services (per year)	€	50.000	€	-	€	-	€
Client Management Services (per year)	€	250.000	€	-	€	-	€
First Year O&M Cost	€	240.160					
5GDHC System operations (per year)	€	400.000	€	-	€	-	€
Additional O&M Fees							
Geothermy (per year)							
Solar/Wind (per year)							
Rest Energy (per year)							
Insurance							
Operating Insurance (per year)	€	50.000	€	-	€	-	€

Tabel 8 a. Aannamen financiële analyse voor investeringscase

Voor de beoordeling van een project is Internal Rate of Return (IRR) van belang. De geeft aan of een financiering rendabel is voor een investeerder. De IRR is een internationaal erkende ratio om de rendementsverwachting te berekenen van een investering. Het is een disconteringsvoet waarvoor de netto contante waarde van alle opbrengsten en uitgaven gelijk zijn. Met andere woorden, het is de verwachte samengestelde jaarlijkse opbrengst die op een project of investering wordt verdiend. Wanneer de IRR hoger is dan het minimaal gewenste rendement over een investering met een vergelijkbaar risico wordt de investering als waardevol beschouwd. Hiervoor wordt bijvoorbeeld gerekend met de rente over kapitaal die elders verkregen kan worden, opgehoogd met een rentepercentage voor het risico over de investering.

Een nadere belangrijke parameter is de DSCR. De DSCR geeft aan wat de verhouding is tussen enerzijds de betalingscapaciteit van jouw onderneming en anderzijds de financiële verplichtingen. Of in gewoon Nederlands: heeft jouw bedrijf genoeg cash om aan de financiële verplichtingen ('Debt Service') ten opzichte van de schuldeisers te voldoen? Hierbij staat 'Coverage Ratio' voor 'dekkingsgraad': de mate waarin de financiële verplichtingen worden 'gedekt' door financiële middelen (geld). Als de DSCR > 1 betekent dit dat het bedrijf voldoende inkomsten genereert om de schulden af te betalen. Een DSCR van 1,20 betekent bijvoorbeeld dat je 20% meer inkomen verdient dan nodig is om je schulden te dekken.

TECHNICAL INPUTS

GENERAL FINANCIAL ASSUMPTION INPUT SHEET

Macroeconomic and financial inputs

Annual Inflation Rate	2,2%	Standard info for all projects
Tax rate	25,8%	
VAT Rate	0,0%	
Payment delay for VAT to Authorities	1 month	
Recovery delay VAT from authorities	6 month	

Project financing

Funding		
Sharecapital	40%	of non-banking financing (exclusive VAT)
Initial share of shareholder loan	60%	of non-banking financing (exclusive VAT)
Shareholder loans sharing	100%	held by Xchains (initial of total financing)
Long term bank facility	80%	requirement in respect
Interest rates		
Initial shareholder loan	8,0%	Annual
Longterm shareholder loan	6,0%	Annual
Long term bank facility	4,0%	
Bank account (receivable)	2,0%	
Bank account (payable)	6,0%	
VAT facility	3,0%	
Other information		
Repayment long term bank facility	15 years	
Utilisation Reserve account	100%	100% is equal to average of coming 10

TIMING ASSUMPTIONS

Key Project Dates		
First year	2025	1
Last year	2054	30

OTHER CAPITAL COST ELEMENTS

Development & Implementation (with * items to be invoiced by Xchains)		
Project set up costs*	€ 1.000.000	one-off payment
Project Management Services*	€ 2.588.598	to be split equally over construction period
Contingency	€ 2.588.598	to be split equally over construction period
Management Services*	€ 50.000	/year
Construction Insurance	€ 50.000	/year

Margins & Contingencies

Margin on investment costs	0%	note: applied if no margin was applied to imported amounts
Note: All costs in table below are assumed to be lumpsum delivery based (i.e. engineering, including overheads, profit & risk margin)		
Contingency above Phase 1 system costs	0%	note: applied in sheet "Timing Inputs"

DEPRECIATION, REPLACEMENT AND ROUTINE & HEAVY MAINTENANCE

Standard input for all projects

Module Component Type of investment	Depreciation years	Replacement % of inv.	Annual routine % of inv.	Heavy Maintenance % of inv. each x year	
Green Energy Module					
Rest Heat (civil works)	40	0%	1,00%	5%	10
Rest Heat (equipment)	15	100%	2,00%	5%	7,5
Warmte/koude buffer Module					
Civil Works	40	75%	1,00%	n.a.	n.a.
Equipment	15	100%	2,00%	5%	10
Piping Module					
Backbone	50	0%	1,00%	5%	10
Cluster	50	0%	1,00%	5%	10
Sector	50	0%	1,00%	5%	10
Stations & Installations					
EES & Asub Civil works	40	0%	1,00%	5%	10
EES & Asub Equipment	15	100%	2,00%	5%	10
Beheersysteem Module					
Housing	40	10%	0,0%	5%	15
Equipment	15	100%	1,0%	n.a.	n.a.
Software systems	30	0%	20,0%	n.a.	n.a.
Electricity Connection	30	0%	0,5%	n.a.	n.a.
Connection Modules					
Connections Installation	40	0%	0,00%	0%	10
Connections Equipment	20	100%	2,00%	10%	10
Development & Implementation					
Set up costs	30	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Project Implementation	30	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
General magement costs	30	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Construction Insurance	30	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Tabel 8 b/c. Aannamen financiële analyse voor investeringscase

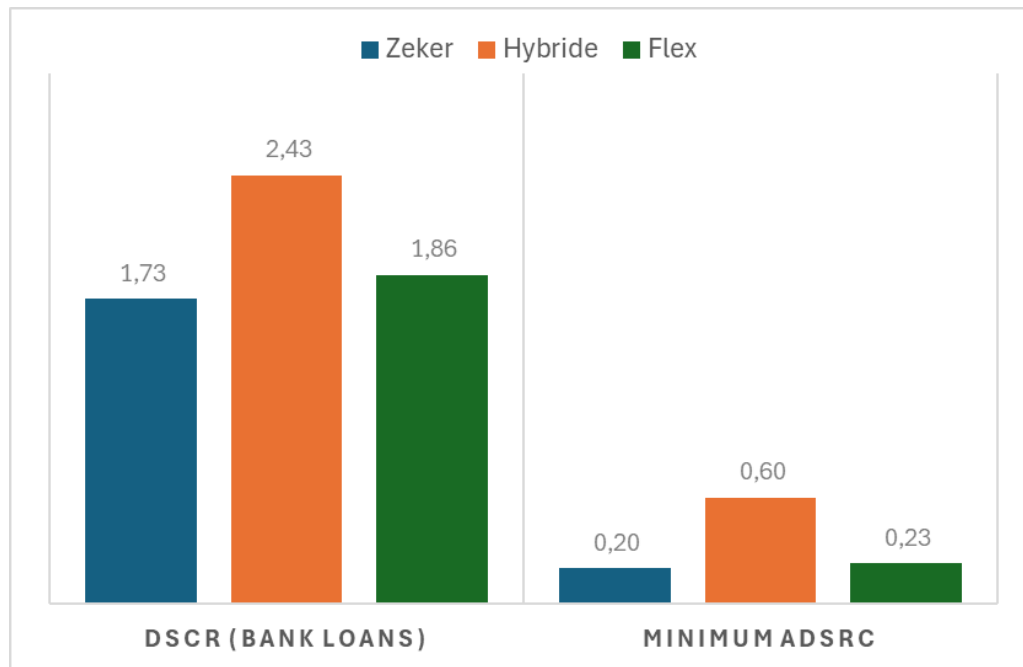
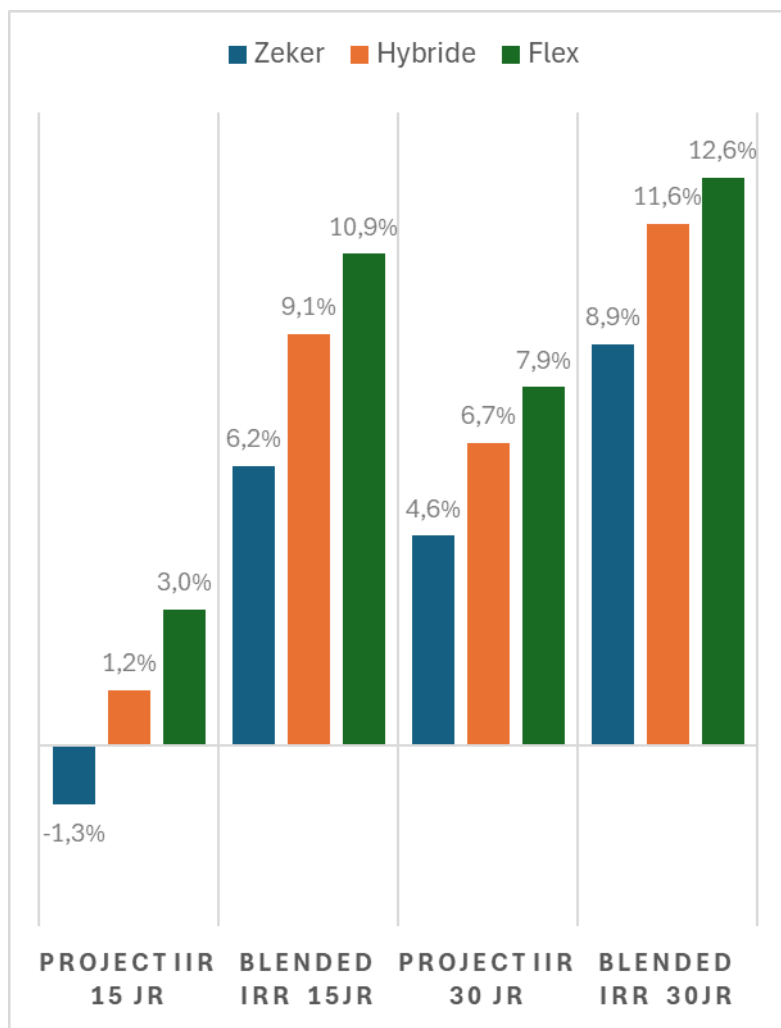
Voor de financiële analyses is uitgegaan van één lange bouwfase (in totaal 4 jaar). Voor de verschillende scenario's maakt dat verschil, omdat bij Scenario Zeker veel investeringen in het collectieve systeem zitten en relatief weinig bij de eindgebruiker. De investeringen bij de eindgebruiker kunnen kort voor het aansluiten worden gedaan en hebben daardoor minder voorfinanciering nodig. Bij het Scenario FLEX zit een substantieel deel bij de eindgebruiker, waardoor dit scenario minder gevoelig is voor een langere aansluittijd.

Een belangrijke aanname die voor de structuur van het model is gemaakt is dat de investeringen voor de eerste fase worden gefinancierd met eigen vermogen (aandelen kapitaal en aandeelhoudersleningen). Dit is gedaan om de noodzaak van bankleningen te vermijden aangezien banken niet zeer openstaan om het volloop en bouw risico te dragen. Echter zodra de bouw is afgerond, voorziet het model een re-financiering met grotendeels goedkopere bankleningen.

Het model is gebaseerd op de aanname dat veel activiteiten die uitgevoerd moeten worden door de projectonderneming worden uitgevoerd door derden. Hier is in de meeste gevallen aangenomen dat dit gebeurt op "inhuurbasis" wat betekent dat de project onderneming in principe geen werknemers nodig heeft. Deze diensten worden geleverd tegen een vast bedrag. Verder voorziet het model de opbouw van een "Reserve Account" om gelden opzij te zetten voor toekomstige investeringen in verband met Groot Onderhoud en ook het vernieuwen van project onderdelen aan het eind van hun technische levensduur (vooruitkijk periode 10 jaar). Dividenden worden alleen uitbetaald als er voldoende cash is en het bedrijf winst heeft gemaakt. De bouwfase is gemodelleerd op een maandelijkse basis, maar de rest van het model werkt op half jaarlijkse basis.

De investeringen e.d. kunnen iets afwijken van het businesscase model, dit komt omdat een aantal kostentermen anders is gemodelleerd en rente en inflatie worden meegenomen. De orde grootte van de bedragen is echter gelijk.

De drie scenario's hebben andere aannames wat betreft investeringen, energie gebruik en snelheid waarmee woningen worden aangesloten. Als gevolg daarvan veranderen de hoogte van de gemaakte financieringen in eerste instantie door aandeelhouders bijdragen en daarna die van de hoogte van de bankleningen. Ook het investeringsprofiel, het begin van de afschrijvingen en het moment van de re-financiering verandert per scenario iets. De vergelijking tussen de drie scenario's is met dezelfde basis aannames gedaan wat betreft macro-economische elementen, financiering en subsidies. De hoogte van de subsidies is vastgelegd door een 15 jaar IRR voor het scenario Zeker rond de 6% te verkrijgen. Deze hoogte van de verkregen subsidie is daarna voor beide andere scenario's gebruikt. Alle doorgevoerde sensitiviteiten zijn ook op deze basis doorgevoerd. De DSRC is relatief hoog doordat de aanvangsinvesteringen met eigen vermogen worden gefinancierd en er pas een re-financiering komt als er voldoende kostendekking is. Wat betreft de minimumwaarde moet worden opgemerkt dat die zeer laat in de looptijd van het project optreedt als gevolg van herinvesteringen die dan niet voldoende gedekt zijn. In werkelijkheid treedt dit niet op omdat deze herinvesteringen over een langere tijd worden gepland.



Figuur 33 a/b. Resultaten financiële analyse voor investeringscase

Variant	Basisvariant		
Scenario	Zeker	Hybride	Flex
Project IIR 15 jr	-1,3%	1,2%	3,0%
Blended IRR 15jr	6,2%	9,1%	10,9%
Project IIR 30 jr	4,6%	6,7%	7,9%
Blended IRR 30jr	8,9%	11,6%	12,6%
DSCR (bank loans)	1,73	2,43	1,86
Minimum ADSRC	0,20	0,60	0,23

Tabel 9. Resultaten financiële analyse voor investeringscase

4. Gevoeligheidsanalyse



4.1 Aansluitgraad

De verwachting is dat het deelname percentage een grote invloed heeft op de rentabiliteit van het netwerk, omdat meer deelnemers betekent dat er per woning minder hoeft te worden geïnvesteerd. De basisberekening is uitgevoerd voor 70 % deelname. Dit percentage is verhoogd naar resp. 80 en 100 % en verlaagd naar 60%.

Uit tabel 11 blijkt dat een hogere aansluitgraad inderdaad een positief effect heeft op de businesscase voor het warmtebedrijf. Voor de eindgebruikers maakt het geen verschil, omdat hun (individuele) energiegebruik niet verandert en de maandlasten gebaseerd zijn op vaste tarieven conform de huidige ACM-richtlijnen. Het effect voor het warmtebedrijf is relatief klein (dus niet erg gevoelig). Dit komt omdat in het model de investeringen afnemen als de warmtevraag afneemt. Feitelijk wordt alleen de afstand tussen de eindgebruikers groter dus relatief meer meters distributienet (DN) per klant. De investering in het DN zijn echter maar 20-25% van de totale investering.

Ook door een hogere aansluitbijdrage (vrijwillig of via de WIS-subsidie) verbetert uitsluitend het rendement voor het warmtebedrijf en niet de maandlasten van de woningen. Bij overschrijding van een afgesproken (max.) IRR voor het warmtebedrijf kan een aanbieding worden verzorgd, waarbij uiteindelijk niet de maximale tarieven van ACM in rekening worden gebracht, maar een lager tarief. Dan vertaalt het voordeel zich naar de eindgebruiker. De verwachting is dat dit in nieuwe WcW het uitgangspunt wordt, omdat het warmtebedrijf dan moet aantonen dat ze niet meer dan een bedrijfsverantwoord rendement maken (kostprijsmodel).

Variant	Basisvariant		
Scenario	Zeker	Hybride	Flex
Aansluitgraad	70%	70%	70%
Isolatie	10-50-40%	40-50-10%	70-30-0%
WKO	0	5	10
Uitwisseling W/K	0%	25%	50%
Warmtevraag MWh	49.491	36.798	27.978
Koudevraag MWh	2.311	4.090	5.181
Vermogen bron kWp	11.923	7.898	2.153
Vermogen WOS kWp	19.872	14.112	9.708
Investering incl toeslagen	€ 58.297.850	€ 54.104.318	€ 58.050.381
Elektriciteitinkoop	€ 3.976.934	€ 1.990.336	€ 1.306.455
BAK	€ 13.962.597	€ 13.962.597	€ 20.398.397
BAK+WIS	€ 30.052.097	€ 30.052.097	€ 36.487.897
VR per jaar	€ 2.116.574	€ 2.116.574	€ 2.840.505
Verkoop warmte	€ 6.875.450	€ 5.112.093	€ 3.525.210
Jaarresultaat	€ 4.001.215	€ 4.297.386	€ 4.049.688
Lineaire TVT in jaren	9,8	8,2	8,1
TVT met WIS	5,8	4,5	4,1
BAK/woning*	€ 5.250	€ 5.250	€ 7.670
E-kosten/woning/mnd*	€ 282	€ 227	€ 199

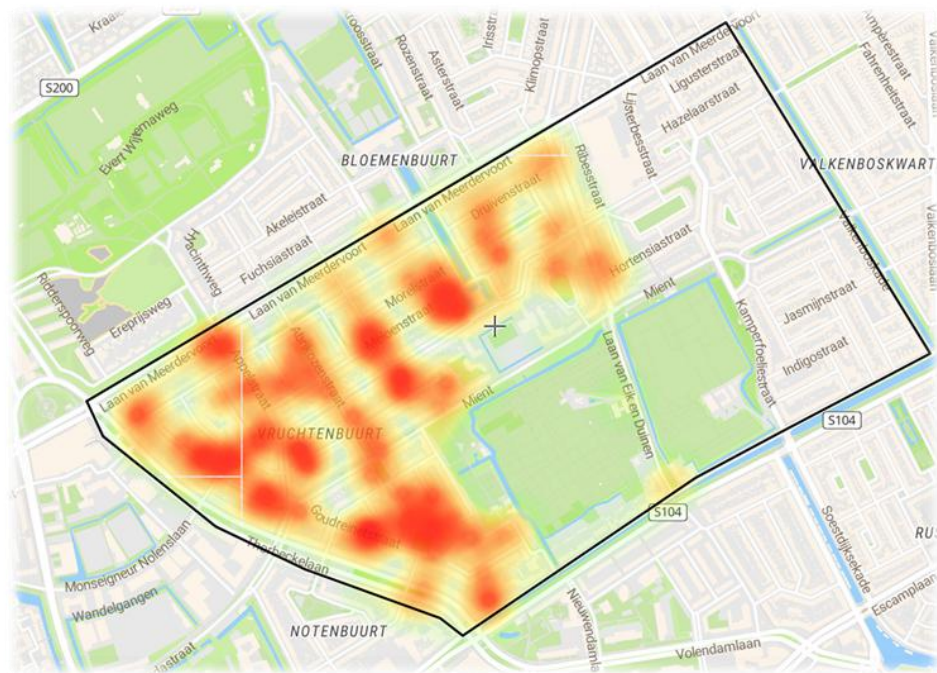
Tabel 10. Resultaten businesscase uitgangspunt

Variant	100% deelname			80% deelname			60% deelname		
Scenario	Zeker	Hybride	Flex	Zeker	Hybride	Flex	Zeker	Hybride	Flex
Aansluitgraad	100%	100%	100%	80%	80%	80%	60%	60%	60%
Isolatie	10-50-40%	40-50-10%	70-30-0%	10-50-40%	40-50-10%	70-30-0%	10-50-40%	40-50-10%	70-30-0%
WKO	0	5	10	0	5	10	0	5	10
Uitwisseling W/K	0%	25%	50%	0%	25%	50%	0%	25%	50%
Warmtevraag MWh	70.701	52.568	39.968	56.561	42.055	31.975	42.421	31.541	23.981
Koudevraag MWh	3.302	5.843	7.402	2.642	4.674	5.922	1.981	3.506	4.441
Vermogen bron kWp	17.033	12.355	5.219	13.626	9.384	3.175	10.220	6.413	1.132
Vermogen WOS kWp	28.388	20.160	13.869	22.711	16.128	11.095	17.033	12.096	8.321
Investering incl toeslagen	€ 75.197.711	€ 70.162.375	€ 76.497.659	€ 63.935.689	€ 59.375.545	€ 64.036.557	€ 52.673.666	€ 48.833.090	€ 52.064.205
Elektriciteitinkoop	€ 5.681.334	€ 2.843.337	€ 1.866.364	€ 4.545.067	€ 2.274.670	€ 1.493.091	€ 3.408.800	€ 1.706.002	€ 1.119.819
BAK	€ 19.946.567	€ 19.946.567	€ 29.140.567	€ 15.957.254	€ 15.957.254	€ 23.312.454	€ 11.967.940	€ 11.967.940	€ 17.484.340
BAK+WIS									
VR per jaar	€ 3.023.677	€ 3.023.677	€ 4.057.864	€ 2.418.941	€ 2.418.941	€ 3.246.291	€ 1.814.206	€ 1.814.206	€ 2.434.718
Verkoop warmte	€ 9.822.071	€ 7.302.990	€ 5.036.015	€ 7.857.657	€ 5.842.392	€ 4.028.812	€ 5.893.243	€ 4.381.794	€ 3.021.609
Jaarresultaat	€ 5.856.628	€ 6.263.115	€ 5.897.120	€ 4.619.607	€ 4.954.046	€ 4.668.332	€ 3.382.585	€ 3.640.727	€ 3.431.044
Lineaire TVT in jaren	8,3	7,0	6,9	9,2	7,7	7,5	10,7	9,0	8,8
TVT met WIS									
BAK/woning*	€ 5.250	€ 5.250	€ 7.670	€ 5.250	€ 5.250	€ 7.670	€ 5.250	€ 5.250	€ 7.670
E-kosten/woning/mnd*	€ 282	€ 227	€ 199	€ 282	€ 227	€ 199	€ 282	€ 227	€ 199

Tabel 11. Variatie in aansluitgraad

4.2 Isolatiegraad

In de basisberekeningen zijn verschillende verhoudingen aangenomen voor de isolatiegraad. Hierbij is in elk scenario een ander uitgangspunt gehanteerd, passend bij het narratief van dat scenario. In de gevoeligheidsanalyse zijn de isolatiegraden aangepast en voor alle scenario's gelijk aangehouden, om te zien hoe dit uitwerkt op de energiegebruiken en businesscase. Er is eenmaal gerekend met alle woningen goed geïsoleerd (Goed 70-Matig 30-Slecht 0%) en eenmaal met extra goede isolatie (Goed 90-Matig 10-Slecht 0%).



Figuur 34. Huidige gasgebruik in de wijk

Variant	Basisvariant		
Scenario	Zeker	Hybride	Flex
Aansluitgraad	70%	70%	70%
Isolatie	10-50-40%	40-50-10%	70-30-0%
WKO	0	5	10
Uitwisseling W/K	0%	25%	50%
Warmtevraag MWh	49.491	36.798	27.978
Koudevraag MWh	2.311	4.090	5.181
Vermogen bron kWp	11.923	7.898	2.153
Vermogen WOS kWp	19.872	14.112	9.708
Investering incl toeslagen	€ 58.297.850	€ 54.104.318	€ 58.050.381
Elektriciteitinkoop	€ 3.976.934	€ 1.990.336	€ 1.306.455
BAK	€ 13.962.597	€ 13.962.597	€ 20.398.397
BAK+WIS	€ 30.052.097	€ 30.052.097	€ 36.487.897
VR per jaar	€ 2.116.574	€ 2.116.574	€ 2.840.505
Verkoop warmte	€ 6.875.450	€ 5.112.093	€ 3.525.210
Jaarresultaat	€ 4.001.215	€ 4.297.386	€ 4.049.688
Lineaire TVT in jaren	9,8	8,2	8,1
TVT met WIS	5,8	4,5	4,1
BAK/woning*	€ 5.250	€ 5.250	€ 7.670
E-kosten/woning/mnd*	€ 282	€ 227	€ 199

Tabel 10. Resultaten businesscase uitgangspunt

Door een hogere isolatiegraad nemen de maandlasten voor de bewoners in alle scenario's af en verbetert de BuCa voor het warmtebedrijf. De FLEX variant is iets duurder voor de eindgebruiker door het vastrecht voor koeling. Voor het warmtebedrijf geldt dat bij minder vraag, ook minder geïnvesteerd hoeft te worden, terwijl het vastrecht gelijk blijft.

Variant	Alle scenario's 70-30-0% isolatie			Alle scenario's 90-10-0% isolatie		
Scenario	Zeker	Hybride	Flex	Zeker	Hybride	Flex
Aansluitgraad	70%	70%	70%	70%	70%	70%
Isolatie	70-30-0%	70-30-0%	70-30-0%	90-10-0%	90-10-0%	90-10-0%
WKO	0	5	10	0	5	10
Uitwisseling W/K	0%	25%	50%	0%	25%	50%
Warmtevraag MWh	27.978	27.978	27.978	23.389	23.389	23.389
Koudevraag MWh	5.181	5.181	5.181	5.680	5.680	5.680
Vermogen bron kWp	6.000	4.868	2.153	4.684	3.253	585
Vermogen WOS kWp	10.000	10.000	9.708	7.807	7.807	7.580
Investering incl toeslagen	€ 43.318.362	€ 47.732.478	€ 58.050.381	€ 39.990.584	€ 43.846.953	€ 48.879.811
Elektriciteitinkoop	€ 2.248.221	€ 1.492.563	€ 1.306.455	€ 1.879.468	€ 1.234.270	€ 1.065.204
BAK	€ 13.962.597	€ 13.962.597	€ 20.398.397	€ 13.962.597	€ 13.962.597	€ 20.398.397
BAK+WIS						
VR per jaar	€ 2.116.574	€ 2.116.574	€ 2.840.505	€ 2.116.574	€ 2.116.574	€ 2.840.505
Verkoop warmte	€ 3.886.796	€ 3.886.796	€ 3.525.210	€ 3.249.285	€ 3.249.285	€ 2.947.006
Jaarresultaat	€ 3.001.786	€ 3.680.677	€ 4.049.688	€ 2.790.902	€ 3.369.033	€ 3.872.223
Lineaire TVT in jaren	8,5	8,0	8,1	8,1	7,7	6,3
TVT met WIS						
BAK/woning*	€ 5.250	€ 5.250	€ 7.670	€ 5.250	€ 5.250	€ 7.670
E-kosten/woning/mnd*	€ 188	€ 188	€ 199	€ 168	€ 168	€ 181

Tabel 12. Variatie in isolatiegraad

De bronnen en (opwek-)installaties worden berekend op basis van kW-kengetallen. Dus de investeringen nemen lineair af met een afnemende vraag. Zelfs de leidingen kunnen kleiner en goedkoper worden ontworpen en aangelegd (althoewel dit geen lineair effect is). Uiteindelijk blijkt het hoger vastrecht te domineren in de BuCa. Als in een bestaand systeem eindgebruikers gaan isoleren, ontstaat een andere situatie. De hogere investeringen zijn dan al gedaan, terwijl de vraag, en dus de variabele inkomsten, afnemen. In praktijk zal een warmtebedrijf dan op zoek gaan naar nieuwe klanten, om de overcapaciteit te benutten en weer extra inkomsten te genereren. Het betreft dan een tijdelijke setback in het financieel rendement van het warmtebedrijf.

4.3 Inzet WKO's

In de basisberekeningen is een verschillende inzet aangenomen voor warmte- en koude opslag in de bodem (WKO's). Hierbij is in elk scenario een ander uitgangspunt gehanteerd, passend bij het narratief van dat scenario. In de gevoeligheidsanalyse zijn alle scenario's een keer doorgerekend zonder WKO's en is het ZEKER scenario doorgerekend met 5 WKO's.

Voor de eindegebruiker hebben deze variaties geen effect, omdat het energiegebruik en de tarieven niet veranderen. Door toevoeging van WKO's in ZEKER, verbetert het jaarresultaat met 15%. De investering is hoger, maar het jaarlijks elektriciteitsgebruik neemt flink af. Het financieel voordeel is uiteindelijk afhankelijk van de rentelasten voor de extra investering. Door de WKO's verbetert ook in scenario ZEKER het energetisch rendement en wordt de effluentleiding minder uitgeput. Als in alle scenario's de WKO's worden geschrapt, blijft HYBRIDE ongeveer gelijk en verbetert de BuCa van FLEX. Zeker als rentelasten op de investering van ca 5 miljoen euro worden meegerekend. Deels komt dit omdat maar beperkt gerekend is met besparing op leidingen t.g.v. een hogere delta-T in de backbone. In de FLEX variant is een keuze voor WKO zodoende vooral om een beter energetisch rendement te halen (minder CO₂), minder ruimtebeslag van backbone (2 maal 461 i.p.v. 366 mm), als back-up voor uitvallen van de effluent bron en om de effluentbron tijdens pieken minder uit te putten (meer woningen op de duurzame bron).

4.4 Uitwisseling warmte en koude

In de basisberekeningen is aangenomen dat in scenario HYBRIDE 25 % van de koelvraag wordt teruggewonnen, waarbij de koelvraag 11% is van de warmtevraag. In dit scenario leidt dit tot 3% energiebesparing door uitwisseling. In scenario FLEX wordt 50% van de koelvraag teruggewonnen, waarbij de totale koelvraag op 19% van de warmtevraag uitkomt. Dit is een netto energiebesparing van bijna 10% (waarbij bovendien deze energie niet vanaf de bron hoeft te worden rond gepompt).

Variant	Basisvariant		
Scenario	Zeker	Hybride	Flex
Aansluitgraad	70%	70%	70%
Isolatie	10-50-40%	40-50-10%	70-30-0%
WKO	0	5	10
Uitwisseling W/K	0%	25%	50%
Warmtevraag MWh	49.491	36.798	27.978
Koudevraag MWh	2.311	4.090	5.181
Vermogen bron kWp	11.923	7.898	2.153
Vermogen WOS kWp	19.872	14.112	9.708
Investering incl toeslagen	€ 58.297.850	€ 54.104.318	€ 58.050.381
Elektriciteitinkoop	€ 3.976.934	€ 1.990.336	€ 1.306.455
BAK	€ 13.962.597	€ 13.962.597	€ 20.398.397
BAK+WIS	€ 30.052.097	€ 30.052.097	€ 36.487.897
VR per jaar	€ 2.116.574	€ 2.116.574	€ 2.840.505
Verkoop warmte	€ 6.875.450	€ 5.112.093	€ 3.525.210
Jaarresultaat	€ 4.001.215	€ 4.297.386	€ 4.049.688
Lineaire TVT in jaren	9,8	8,2	8,1
TVT met WIS	5,8	4,5	4,1
BAK/woning*	€ 5.250	€ 5.250	€ 7.670
E-kosten/woning/mnd*	€ 282	€ 227	€ 199

Tabel 10. Resultaten businesscase uitgangspunt

Variant	Alle scenario's geen WKO			5 WKO's in Zeker			Meer W/K uitwisseling (dubbele koelvraag)		
Scenario	Zeker	Hybride	Flex	Zeker	Hybride	Flex	Zeker	Hybride	Flex
Aansluitgraad	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%
Isolatie	10-50-40%	40-50-10%	70-30-0%	10-50-40%	40-50-10%	70-30-0%	10-50-40%	40-50-10%	70-30-0%
WKO	0	0	0	5	5	10	0	5	10
Uitwisseling W/K	0%	25%	50%	0%	25%	50%	0%	25%	50%
Warmtevraag MWh	49.491	36.798	27.978	49.491	36.798	27.978	49.491	36.798	27.978
Koudevraag MWh	2.311	4.090	5.181	2.311	4.090	5.181	4.623	8.180	10.363
Vermogen bron kWp	11.923	9.702	6.766	11.162	7.898	2.153	11.923	7.898	2.153
Vermogen WOS kWp	19.872	14.112	9.708	19.872	14.112	9.708	19.872	14.112	9.708
Investering incl toeslagen	€ 58.304.677	€ 52.287.017	€ 54.858.650	€ 60.361.750	€ 54.104.318	€ 58.050.381	€ 58.304.677	€ 54.104.318	€ 58.050.381
Elektriciteitinkoop	€ 3.976.934	€ 2.288.843	€ 1.394.515	€ 3.352.134	€ 1.990.336	€ 1.306.455	€ 3.976.934	€ 1.949.435	€ 1.202.826
BAK	€ 13.962.597	€ 13.962.597	€ 20.398.397	€ 13.962.597	€ 13.962.597	€ 20.398.397	€ 13.962.597	€ 13.962.597	€ 20.398.397
BAK+WIS									
VR per jaar	€ 2.116.574	€ 2.116.574	€ 2.840.505	€ 2.116.574	€ 2.116.574	€ 2.840.505	€ 2.116.574	€ 2.116.574	€ 2.840.505
Verkoop warmte	€ 6.875.450	€ 5.112.093	€ 3.525.210	€ 6.875.450	€ 5.112.093	€ 3.525.210	€ 6.875.450	€ 5.112.093	€ 3.525.210
Jaarresultaat	€ 4.001.096	€ 4.030.484	€ 4.017.137	€ 4.590.121	€ 4.297.386	€ 4.049.688	€ 4.001.096	€ 4.338.287	€ 4.153.317
Lineaire TVT in jaren	9,8	8,4	7,4	9,0	8,2	8,1	9,8	8,2	7,9
TVT met WIS									
BAK/woning*	€ 5.250	€ 5.250	€ 7.670	€ 5.250	€ 5.250	€ 7.670	€ 5.250	€ 5.250	€ 7.670
E-kosten/woning/mnd*	€ 282	€ 227	€ 199	€ 282	€ 227	€ 199	€ 282	€ 227	€ 199

Tabel 13. Inzet WKO's en uitwisseling warmte en koude

In de gevoeligheidsanalyse is de koelvraag verdubbeld in de woningen (waarbij alleen de matig en goed geïsoleerde woningen koude vragen). Voor de eindgebruiker heeft dit geen effect (er is uitgegaan van uitsluitend vastrecht voor koeling). Het rendement van het warmtebedrijf verbetert licht door meer uitwisseling. Hierbij wordt vooral bespaard op pompenergie, er is namelijk niet gerekend dat investeringen in backbone, bronnen en WOS kleiner zouden kunnen zijn door meer uitwisseling. In scenario FLEX is de koelvraag dan 37% van de warmtevraag en wordt zodoende 19% uitgewisseld. Met name als de uitwisseling groot wordt en ondersteund door lokale (hogere temperatuur) buffers, wordt het interessant om het besparingseffect op de leidingen en bronnen nader te beoordelen.

4.5 Financiële parameters

Ook voor de investmentcase zijn een aantal gevoeligheden onderzocht. Het betreft voor elk van de drie scenario's:

1. Investeringskosten: +20% en -10% (dit betekent ook dat de routine en groot onderhoudskosten meebewegen)
2. Operationele kosten: +20% en -10% (dit zijn alle andere dan onderhoudsexploitatie kosten)
3. Elektriciteitsprijs: +10 cent/KWh en -10 cent/KWh (+50% en -50%), de verwachting is dat E langzaam goedkoper wordt, gezien dynamische en (soms) negatieve prijzen lijkt 20 cent/kWh all-over hoog
4. Vaste en variabele energiekosten: -10% en +10%
5. Inflatie: basis geval is 2.2% per jaar, extra opties zijn +1% en +4%

De BAK per aansluiting is in alle varianten vastgezet op €4,338 excl. BTW, het vaste tarief op €780 (€530 warmte en €250 water) en variabele tarief op €38 per GJ. Voor alle varianten is gerekend met een beperkte WIS subsidie van € 4.000 per aansluiting excl. BTW.

Uit de analyse blijkt dat vooral de variabele elektriciteitskosten een groot effect hebben op de IRR. Dit komt mede omdat gerekend is met relatief hoge kosten in elk scenario. Een goede afstemming met het leverend energiebedrijf en het netwerkbedrijf over variabele tarieven en vermijden van piekgebruik kan dus tot een forse verbetering leiden van de investmentcase. Het effect is het grootst in scenario ZEKER, door de relatief hoge elektriciteit verbruiken en vermogens en het ontbreken van thermische opslag. In scenario FLEX hebben de investeringskosten de grootste impact, maar deze blijft relatief beperkt (onder de +/- 5%).

Het algemene beeld is dat de IRR gerekend over 15 jaar niet al te hoog is en snel negatief kan worden als de omstandigheden minder gunstig zijn. De vraag is of een afweging wordt gemaakt over een lagere periode. De 30 jaar resultaten zijn namelijk veel gunstiger, of dat er door verdergaande optimalisatie en/of garanties een betere IRR kan worden gerealiseerd. Met name in de investeringskosten voor het FLEX scenario lijken nog forse winsten te halen, door goedkoper leidingwerk en lagere aansluitkosten voor de woningen.

Er is een “down-side” case doorgerekend, waarbij de inflatie op 1%, de investeringen op +10%, de operationele kosten op +10% en de energietarieven op -5% zijn aangenomen. Hierdoor halveert in alle scenario's de (blended) IRR.

Tevens is nog onderzocht wat het effect is als de investeringen en aansluitingen (BAK, energie inkomsten) later gerealiseerd worden. Dit leidt tot extra rentelasten en een lagere liquiditeit. De (blended) IRR blijkt hiervoor niet heel gevoelig. Bij Scenario ZEKER verbetert de IRR iets, de andere scenario's worden er ca. 10% minde positief door.

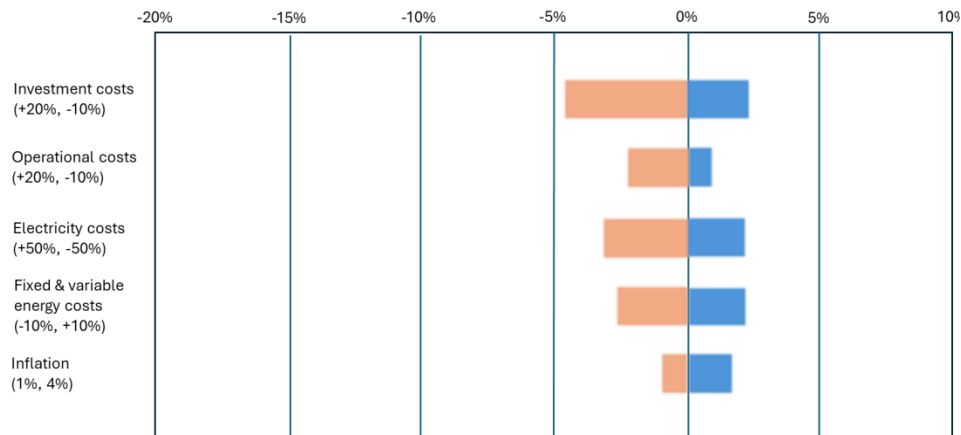
Comparison of impacts on three scenarios in respect of a 15 year Investment IRR



Figuur 35 a/b. Gevoeligheid voor variaties in financiële parameters scenario's ZEKER en HYBRIDE

Flex

Investment Costs	-4,91%	2,47%
Operational Costs	-2,20%	1,00%
Electricity Costs	-3,38%	2,43%
Fixed & Variable Energy Costs	-2,90%	2,46%
Inflation	-1,45%	2,13%



Figuur 35 c. Gevoeligheid voor variaties in financiële parameters scenario's FLEX

Zeker

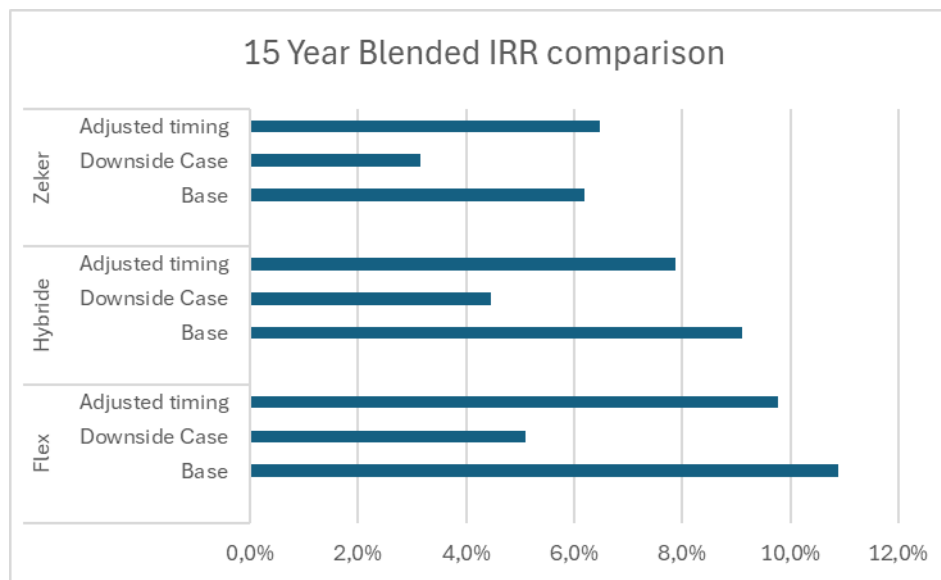
Adjusted timing	6,5%
Downside Case	3,2%
Base	6,2%

Hybride

Adjusted timing	7,9%
Downside Case	4,5%
Base	9,1%

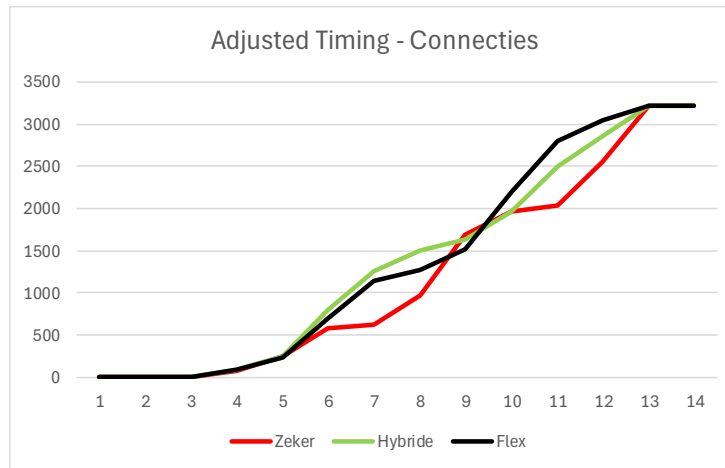
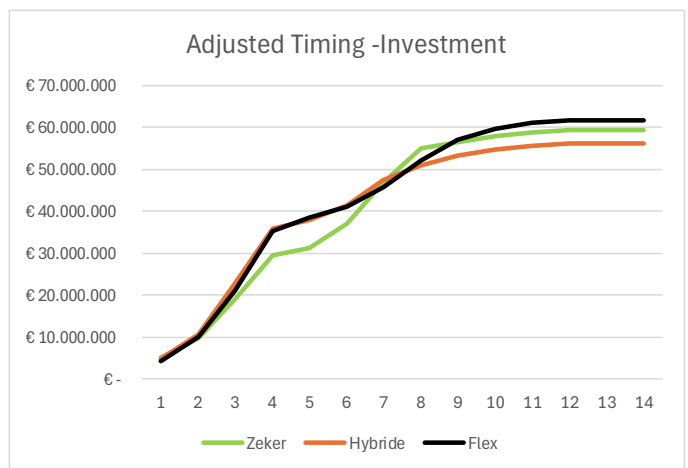
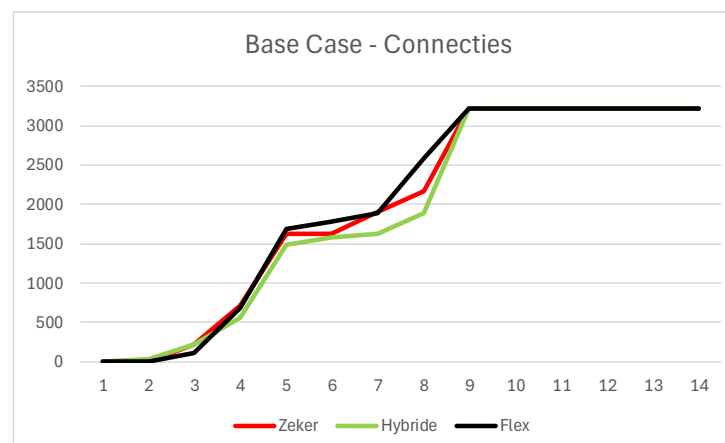
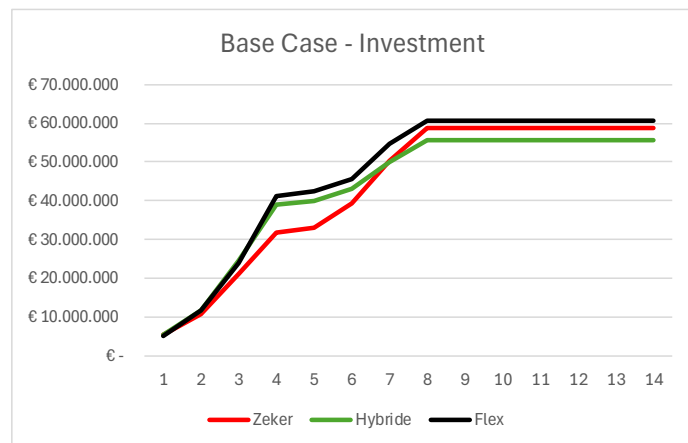
Flex

Adjusted timing	9,8%
Downside Case	5,1%
Base	10,9%



Figuur 36. Gevoeligheid voor variaties in financiële parameters op (blended) IRR

Timing related Graphs



Figuur 37. Gevoeligheid voor vertraagde aansluiting op de investeringen

4.1 Samenvatting

Er zijn eerder diverse studies uitgevoerd naar de mogelijkheden voor een warmtenet in de Vruchtenbuurt in Den Haag. De Coöperatie Duurzame Vruchtenbuurt (CDV) ziet een warmtenet als een goede mogelijkheid om te verduurzamen en de wijk van het aardgas af te halen. Door verdergaande energiebesparing en toenemende vraag naar koeling lijkt het interessant om een ZLT variant te onderzoeken. De CDV treedt hierin gezamenlijk op met Netverder. Doel is om enerzijds de technische specificaties van het net helder te krijgen en anderzijds om de keuze van de woningen in de eerste realisatiefase te onderbouwen. Dit is o.a. afhankelijk van de specificaties van de warmtelevering. Hierbij wordt een referentie warmtenet van 70°C vergeleken met 2 meer duurzame varianten. Dit heeft geleid tot de volgende 3 scenario's:

1. Referentie warmtenet 70°C (MT, scenario ZEKER);
2. een MT-warmtenet 55°C (MT, scenario HYBRIDE);
3. een ZLT-warmtenet met dynamische temperatuur (ZLT, scenario FLEX).

Uitgangspunt voor ZEKER en HYBRIDE is een gelijkmatige temperatuur van resp. 70°C en 55°C over het gehele net, vanaf de bron tot de eindgebruiker. Uitgangspunt voor het ZLT-net is een dynamische lage temperatuur over de seizoenen en dynamisch over de verschillende clusters. Deze clusters kunnen groeien vanuit een negental buurt-energie uitwisselstations, van waaruit energie uit de effluentbron wordt gedistribueerd.

De financiële haalbaarheid is onderzocht voor het leverings- en het distributiebedrijf in de vorm van te verwachten IRR en DSCR en voor de eindgebruikers de te verwachten jaarlijkse warmtekosten. Er is een beoordeling gemaakt voor energie onttrekking uit de effluentleiding van de AWZI Harnaschpolder, al dan niet in combinatie met WKO-opslag. Een voorlopig tracé voor de backbone, opwekking (WOS) en/of uitwisselstations (EUS), een distributienet en aansluiting op de woningen. Hier toe is indicatief de warmte- en koude vraag berekend en de te leveren vermogens voor de 3 varianten. Tevens is een indicatie van leidingdiameters berekend en indicatief publiek ruimtegebruik. Ook voor de woningen is voor de 3 varianten aangegeven hoeveel ruimte dit in beslag neemt en welke isolerende maatregelen bij elke variant passen. De investeringen zijn op basis van kengetallen vastgesteld en vergeleken met de inkomsten. Op basis van vermogens en rendementen is gekeken naar mogelijke netcongestie. In een investeringsmodel is tenslotte de fasering ingebracht (realisatie- en voltoopsnelheid) en onderzocht welke financieringsvorm passend is en tot welke IIR's en DSCR 's (bank loans) dit leidt. Voor de meest relevante parameters is tevens de gevoeligheid onderzocht.

4.2 Conclusies

Dit rapport presenteert de resultaten van een criteria-analyse van de drie warmtescenario's voor de Vruchtenbuurt. De analyse heeft de impact van elk scenario beoordeeld op meerdere belangrijke criteria: het capaciteitsgebruik van het effluent, netcongestie, ruimtegebruik in de publieke ruimte, en ruimtegebruik bij de woningen. Daarnaast is er een financiële analyse uitgevoerd, waarbij de economische effecten zijn onderzocht vanuit twee perspectieven: de financiële impact op de bewoners en de financiële haalbaarheid voor het warmtebedrijf. Deze hoofdstukken bieden een compleet beeld van de technische en financiële aspecten die de keuze voor het meest geschikte warmtescenario zullen bepalen.

CAPACITEIT EFFLUENT

Op basis van de capaciteitsanalyse blijkt dat Scenario Flex het meest efficiënt gebruikmaakt van het effluent, met minder dan 2,0 MW brongebruik (tijdens de winterpiek) en mogelijk een reductie tot 0 MW op basis benutting van WKO's. Dit leidt tot een aansluitpotentieel van ruim 50.000 woningen, dankzij het ZLT-concept met de gedecentraliseerde warmtepompen. Scenario Hybride vraagt 7,5 MW brongebruik (25 %) en zou ruimte geven om in totaal 13.000 woningen aan te sluiten, waarbij tevens gebruik wordt gemaakt van een (kleiner) WKO systeem. Scenario Zeker is het minst efficiënt, met 11,7 MW brongebruik voor de 3.200 woningen van de Vruchtenbuurt (39 %) , resteert een aansluitpotentieel van 5.000 woningen voor andere wijken in Den Haag.

Het belangrijkste beslissingscriteria is hoeveel % van de effluentbron Vruchtenbuurt mag gebruiken voor het aansluiten van 3218 woningen ?

NETCONGESTIE

De drie warmtescenario's hebben verschillende effecten op netcongestie. Scenario Zeker zorgt voor een aanzienlijke elektriciteitsvraag door centrale warmtepompen, wat een hogere belasting op het net veroorzaakt. Daarnaast zijn er voor de energiecentrales grootverbruikersaansluitingen nodig. Scenario Hybride biedt een betere balans dankzij een WKO-systeem en flexibel temperatuurbelasting via een stooklijn, wat de ook de elektrische piekbelasting vermindert. Maar er zijn in dit scenario ook grootverbruikersaansluitingen nodig voor de energiecentrales. Scenario Flex minimaliseert het risico op netcongestie door individuele warmtepompen die aansluiten op bestaande elektriciteitsaansluitingen en gebruikmaken van slimme aansturing om piekbelasting te vermijden.

Belangrijk beslissingscriterium is of de grootverbruikersaansluitingen (GVA) kunnen worden verkregen, in de nabije toekomst:

- Scenario Zeker: 9 maal GVA 1.100 kW, in totaal 11,4 MW;
- Scenario Hybride: 9 maal GVA 600 kW, in totaal 5,4 MW;
- Scenario FLEX: 3218 maal 2 à 3 kW per woning, in totaal 4,6 MW.

Op dit moment is zeker dat de GVA niet kunnen worden geleverd, maar op termijn zal netverzwaring en een wetwijziging dit kunnen oplossen en zijn alle scenario's uitvoerbaar. De verbruiken voor de kleinverbruikers aansluitingen vallen in principe binnen de huidige aansluitcapaciteit, maar leiden wel tot een opschaling van verdeelstations met 30 tot 50%. Het is de vraag of dit vermeden wordt als er geen ZLT warmtenet komt, omdat deze capaciteit ook nodig is voor elektrische auto's, zonnepanelen en inductiekoken.

PUBLIEK RUIMTEGEBRUIK

In Scenario Zeker wordt een sectornetwerk van geïsoleerde stalen buizen gebruikt voor het transport van warmte, zonder ondersteuning van een WKO-systeem. Deze leidingen vereisen meer ruimte en moeten dieper worden ingegraven. Scenario Hybride gebruikt ook een sectornetwerk van stalen buizen, maar dankzij een WKO-systeem van 2,5 MW en een dynamische stooklijn worden warmteverliezen beperkt. Dit scenario vraagt extra ondergrondse ruimte voor de WKO-installaties. Maar deze zijn relatief goed in te passen, omdat ze maar 1 à 2 m² nodig hebben. Scenario Flex maakt gebruik van een clusternetwerk met ongeïsoleerde kunststofleidingen, die makkelijker te combineren zijn met andere infra in de bodem. Dit scenario vereist wel meer ruimte voor een WKO-systeem van 5 MW.

leidingdiameters Backbone

	min [mm]	max [mm]	+ isolatie [mm]	diepte sleuf [cm]	breedte sleuf [cm]
ZEKER	122	579	579	200	460
HYBRIDE	99	469	469	170	450
FLEX	73	366	366	140	370

Distributienet

	min [mm]	max [mm]	+ isolatie [mm]	diepte sleuf [mm]	breedte sleuf [mm]
ZEKER	66	199	325	140	370
HYBRIDE	64	192	315	130	360
FLEX	56	174	175	120	290

Tabel 14. Leidingdiameters voor de 3 scenario's

Het plaatsen van energiestations en buffers vergt aanvullend aandacht. Het ZEKER scenario komt voor de 9 deelwijken uit op een gemiddelde van 2,2 MWth (variërend van 0,3 tot 4,1 MWth) per WOS, dus 1 tot 4 kelders per deelwijk. Het HYBRIDE scenario komt uit op een gemiddelde van 1,6 MWth (variërend van 0,2 tot 2,9 MWth) per WOS, dus 1 tot 3 kelders per deelwijk. HET FLEX scenario zit gemiddeld op 0,8 MWth (variërend van 0,1 tot 1,5 MWth) per EUS. Echter de EUS bevatten geen warmtepompen en kunnen daardoor meer thermisch vermogen leveren (1 kelder per deelwijk). Een karakteristieke afmeting voor de kelders/techniekruimte is 12x5,5x3,5m.

Een eerste inschatting van de benodigde ruimte voor de drie scenario's laat zien dat de ruimtelijke inpassing van het warmtenet in de straten van de Vruchtenbuurt een enorme inspanning gaat vergen, zeker voor inpassing in al de straten, maar dat er niet op voorhand een scenario afvalt omdat ruimtelijke inpassing er onmogelijk is. Het FLEX scenario is duidelijk voordeliger door de kleiner leidingdiameters, uitvoering in kunststof en plaatsing op trottoirs, dicht bij de waterleiding.

RUIMTEGEBRUIK WONING

Bij de implementatie van een warmtenet heeft elk scenario een andere impact op het ruimtegebruik bij de woningen. Scenario Zeker vereist een afleverset in de meterkast, verbonden met zowel het warm tapwater als het CV-circuit. In Scenario Hybride is de afleverset eenvoudiger en wordt een extra boosterwarmtepomp en boilervat geplaatst. Scenario Flex vraagt geen afleverset, maar een combi warmtepomp en boilervat in de woning, waarbij de warmtepomp het formaat heeft van een wasmachine. Hierdoor varieert de benodigde ruimte per scenario, waar Scenario Flex de meeste interne aanpassingen nodig heeft qua interne installaties.

Belangrijk beslissingscriteria is of er genoeg ruimte is bij de woningen. Dit zou voor het Scenario Flex, het moeilijkste zijn. Alhoewel er meerdere alternatieven voor de binneninstallatie zijn in dit scenario, bijvoorbeeld een klein sectornet voor meerdere woningen, met een collectief warmtepomp systeem. Of het gebruik maken van tuinen of daken. Ook komt er ruimte vrij door het weghalen van de oude cv-ketel en eventueel schoorstenen.

ENERGIEKOSTEN EINDGEBRUIKER

De warmtenet oplossing moet zowel financieel aantrekkelijk zijn voor de bewoners, als voor het warmtebedrijf. Er is nu gerekend met een aansluitbijdrage (BAK) conform de "niet meer dan aardgas"- norm en energiekosten conform de maximale GJ-prijs. Dit leidt tot relatief hoge variabele maandlasten. In veel projecten wordt een 2 tot 3 maal hogere BAK in rekening gebracht, die eventueel via een duurzaamheidslening kan worden gefinancierd. Hiermee kunnen de maandlasten worden verlaagd, mits het warmtebedrijf dan ook een lager tarief in rekening brengt.

Eindgebruiker	Investering	BAK	Vastrecht	Verbruik	Kosten
Scenario	incl toeslagen en ISDE		per jaar	per jaar	per maand
ZEKER	€ 16.543	€ 4.339	€ 658	€ 2.137	€ 233
HYBRIDE	€ 14.836	€ 4.339	€ 658	€ 1.589	€ 187
FLEX	€ 15.566	€ 6.339	€ 883	€ 1.096	€ 199
Alle bedragen excl. BTW, excl. kosten airco's in scenario's Zeker/Hybride					

Tabel 15. Samenvatting eindgebruikerskosten

De maandlasten zijn het hoogste in scenario ZEKER. In scenario HYBRIDE zijn ze lager door een lager energieverbruik en hoger rendement. In scenario FLEX zijn de kosten voor verwarming en tapwater nog lager, maar in dit scenario is koeling inbegrepen, waardoor kosten voor een airco worden voorkomen.

RENDEMENTEN WARMTEBEDRIJF

Variant	Basisvariant		
Scenario	Zeker	Hybride	Flex
Project IIR 15 jr	-1,3%	1,2%	3,0%
Blended IRR 15jr	6,2%	9,1%	10,9%
Project IIR 30 jr	4,6%	6,7%	7,9%
Blended IRR 30jr	8,9%	11,6%	12,6%
DSCR (bank loans)	1,73	2,43	1,86
Minimum ADSRC	0,20	0,60	0,23

Tabel 16. Samenvatting Rendementen warmtebedrijf

De project IRR komt het best uit voor scenario FLEX, echter gebaseerd op 15 jaar is deze aan de lage kant. Uit de gevoeligheidsanalyse blijkt dat deze snel negatief kan worden als de omstandigheden ongunstig uitpakken. Voor de scenario's ZEKER en HYBRIDE is deze IRR nog slechter. Hierbij is al rekening gehouden met een WIS subsidie van € 4.000,-.

Op basis van een langere termijn worden de IRR's een stuk beter. Verder is een en ander sterk afhankelijk van de financieringsvorm en herfinanciering na oplevering. Dit komt tot uitdrukking in de "Blended" IRR. Deze leiden (zeker op langere termijn) tot mooie rendementen. Vanuit dit perspectief is het te overwegen om bewoners mee te laten financieren in de vorm van 'warmtedelen'.

De liquiditeit is onder de aangenomen uitgangspunten solide en leidt niet tot grote problemen tijdens de uitvoering. De minimum ADCSR is in de 3 scenario's te laag, echter dit is het gevolg van model uitgangspunten en is in praktijk eenvoudig te voorkomen.

GEVOELIGHEIDSANALYSE

Uit de gevoeligheidsanalyse blijkt met name de inkoopprijs voor elektriciteit een grote impact te hebben op de rendementen. Een verder uitwerking waarbij gebruik wordt gemaakt van dynamische tarieven en prijsafspraken is aan te bevelen, waar thermische opslag in buffers (scenario FLEX) tot grote voordelen kan leiden.

De gevoeligheid voor andere parameters blijkt beperkt. Dit komt mede omdat de investeringen afnemen als er minder aansluitingen zijn of minder energie wordt verkocht. De lineaire terugverdientijd (TVT) ligt bij alle scenario's in de basis variant tussen 8 en 10 jaar. Globaal dient deze onder de 10 jaar te liggen om (in de verdere uitwerking) tot een haalbaar financieel concept te komen. De variaties laten de volgende impact zien:

- Aansluitgraad van 60-100%: TVT's van 6,9 tot 10,7;
- Isolatiegraad van label C++ tot label A++: TVT's van 6,3 tot 8,5;
- Inzet van WKO's van géén tot in alle scenario's minimaal 2,5 MW: TVT's van 7,4 tot 9,8;
- Dubbele koelvraag met extra uitwisseling warm en koud: TVT's van 7,9 tot 9,8.



Den Haag – Vruchtenbuurt

Scenario analyse ZLT warmtenet -

BIJLAGEN

Bijlage 1. Energieberekeningen woningtypen

Energie-berekening

GGB rijwoning SD	1 weq
bewoners	2 -
Ag, verw	150 m2
Ag, koel	150 m2
lagen	3 verdiepingen
diepte	11,0 m
glas	30% van de gevel
ventilatie	2 (0=nat; 1=afzuiging; 2=balans)
ventilatievoud	0,8 1/h
wtw	85%
licht	2,0 W/m2
reductieregeling	0% reductie branduren
Ti, gemiddeld	21 grC
opvoerhoogte	80 Pa
Rc dicht	3,0 m2K/W
Uraam	1,2 W/m2K
ZTA	60% van glas+kozijn
zonwering	20% reductie zoninval
IW	3,0 W/m2
koeling	20 W/m2
COP koeling	2
COP verwarming	0,85
tapwater type	2 (1=elektrisch; 2=cv-ketel)
tapwater verbruik	40 l/pp/dag
COP tapwater	0,65
pompen	10% Eprim, verw+koel
Ncentrale	0,55 -
Prijs gas/E/olie	€ 1,50 € 0,30 € 2,20
Inzet bio-WKK	0 kW
draaiuren WKK	0 uur

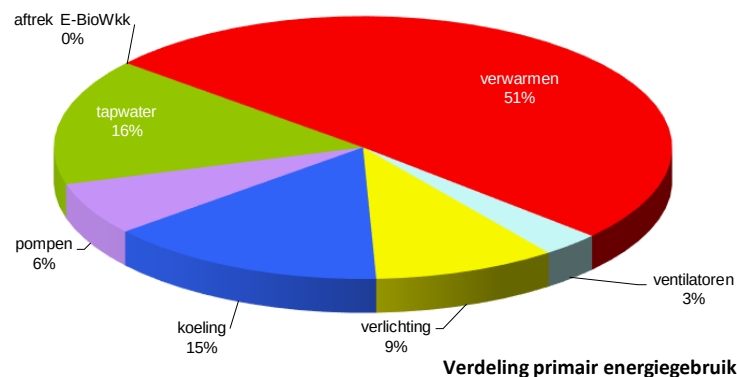
= invoervelden

Berekende verbruiken

Gas	13 589 kWh	90,6 kWh/m²
	1 394 m³ ae	9,3 m³ ae/m²
Elektriciteit	3 283 kWh	21,9 kWh/m²
Olie	0 m³	0,0 kWh/m²
Tot. primair	70 GJprim	469 MJprim/m²
m² PV equivalenten	15 m²	€ 24 per m² bvo
Kosten energie	€ 3.075 per jaar	€ 20,50 per m² bvo/jaar
CO2/m2a	5062 kg/jaar	34 kg/m² bvo/jaar

Opgenomen verbruiken voor:

Gas	kWh	0,0 kWh/m²
	m³ ae	0,0 m³ ae/m²
Elektriciteit (ex. apparatuur)	kWh	0,0 kWh/m²
Tot. primair	GJprim	0,00 GJprim/m²



Verwarmingscapaciteit

	28 K	
	824 W	
	1082 W	
	859 W	
	466 W	
	3,2 kW	3,23 kW/woning
transmissie	21,5 W/m2	
	0,5 kW	0,49 kW/woning
ventilatie	3,2 W/m2	
	3,7 kW	3,72 kW/woning
totaal	0,7 kW	20%
opwarmtoeslag	0,4 kW	10%
distributieverliezen	4,8 kW	
totaal	32 W/m2	

Koelcapaciteit

3 kW
20 W/m2
871 full loads

Thermische warmtevraag per woning

	per woning	per m2
ruimteverwarming	6.993 kWh	46,6 kWh/m2 Ag
	25 GJ	168 MJ/m2 Ag
warm tapwater	1.652 kWh	11,0 kWh/m2 Ag
	6 GJ	40 MJ/m2 Ag
Totaal	8.645 kWh	57,6 kWh/m2 Ag
	31 GJ	207 MJ/m2 Ag
koeling	2.613 kWh	17,4 kWh/m2 Ag
	9 GJ	63 MJ/m2 Ag

Grondgebonden woning (zeer) goed geïsoleerd

Energie-berekening

GGB rijwoning SD	1	weq
bewoners	2	-
Ag, verw	150	m2
Ag, koel	150	m2
lagen	3	verdiepingen
diepte	11,0	m
glas	30%	van de gevel
ventilatie	1	(0=nat; 1=afzuiging; 2=balans)
ventilatievoud	0,9	1/h
wtw	85%	
licht	2,0	W/m2
reductieregeling	0%	reductie branduren
Ti, gemiddeld	19	grC
opvoerhoogte	50	Pa
Rc dicht	2,0	m2K/W
Uraam	3,5	W/m2K
ZTA	70%	van glas+kozijn
zonwering	20%	reductie zoninval
IW	3,0	W/m2
koeling	10	W/m2
COP koeling	2	
COP verwarming	0,85	
tapwater type	2	(1=elektrisch; 2=cv-ketel)
tapwater verbruik	40	l/pp/dag
COP tapwater	0,65	
pompen	10%	Eprim, verw+koel
Ncentrale	0,55	-
Prijs gas/E/olie	€ 1,50	€ 0,30 € 2,20
Inzet bio-WKK	0	kW
draaiuren WKK	0	uur

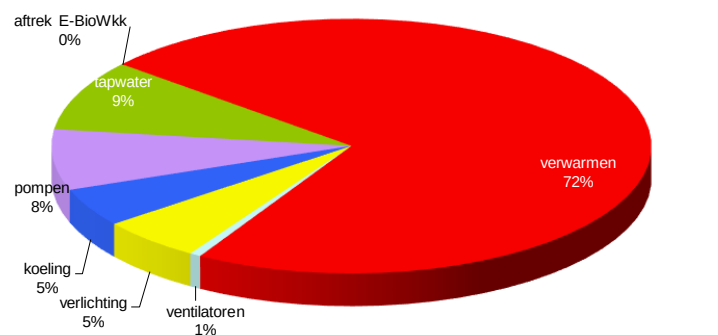
= invoervelden

Berekende verbruiken

Gas	27 907 kWh	186,0 kWh/m²
	2 862 m³ ae	19,1 m³ ae/m²
Elektriciteit	2 557 kWh	17,0 kWh/m²
Olie	0 m³	0,0 kWh/m²
Tot. primair	117 GJprim	781 MJprim/m²
m² PV equivalenten	11 m²	€ 19 per m² bvo
Kosten energie	€ 5.061 per jaar	€ 33,74 per m² bvo/jaar
CO2/m2a	7928 kg/jaar	53 kg/m² bvo/jaar

Opgenomen verbruiken voor:

Gas	kWh	0,0 kWh/m²
	m³ ae	0,0 m³ ae/m²
Elektriciteit (ex. apparatuur)	kWh	0,0 kWh/m²
Tot. primair	GJprim	0,00 GJprim/m²



Verdeling primair energiegebruik

Verwarmingscapaciteit

	28 K	
	1204 W	
	3155 W	
	1254 W	
	613 W	
	6,2 kW	6,23 kW/woning
transmissie	41,5 W/m2	
	3,7 kW	3,65 kW/woning
ventilatie	24,4 W/m2	
	9,9 kW	9,88 kW/woning
totaal	2,0 kW	20%
opwarmtoeslag	1,0 kW	10%
distributieverliezen	12,8 kW	
totaal	86 W/m2	

Koelcapaciteit

	2 kW	
	10 W/m2	
	1010 full load hours	
Thermische warmtevraag	per woning	per m2
ruimteverwarming	17.338 kWh	17338 kWh/woning
	62 GJ	62,4 GJ/woning
warm tapwater	1.652 kWh	1652 kWh/woning
	6 GJ	5,9 GJ/woning
Totaal	18.990 kWh	18.990 kWh/woning
	68 GJ	68,4 GJ/woning
koeling	1.514 kWh	1514 kWh/woning
	5 GJ	5,5 GJ/woning
		115,6 kWh/m2 Ag
		416 MJ/m2 Ag
		11,0 kWh/m2 Ag
		40 MJ/m2 Ag
		126,6 kWh/m2 Ag
		456 MJ/m2 Ag
		10,1 kWh/m2 Ag
		36 MJ/m2 Ag

Grondgebonden woning matig geïsoleerd

Energie-berekening

GGB rijwoning SD	1	weq
bewoners	2	-
Ag, verw	150	m2
Ag, koel	150	m2
lagen	3	verdiepingen
diepte	11,0	m
glas	30%	van de gevel
ventilatie	0	(0=nat; 1=afzuiging; 2=balans)
ventilatievoud	1,5	1/h
wtw	85%	
licht	2,0	W/m2
reductieregeling	0%	reductie branduren
Ti, gemiddeld	19	grC
opvoerhoogte	50	Pa
Rc dicht	1,5	m2K/W
Uraam	5,0	W/m2K
ZTA	80%	van glas+kozijn
zonwering	20%	reductie zoninval
IW	3,0	W/m2
koeling	0	W/m2
COP koeling	2	
COP verwarming	0,85	
tapwater type	2	(1=elektrisch; 2=cvketel)
tapwater verbruik	40	l/pp/dag
COP tapwater	0,65	
pompen	10%	Eprim, verw+koel
Ncentrale	0,55	-
Prijs gas/E/olie	€ 1,50	€ 0,30 € 2,20
Inzet bio-WKK	0	KW
draaiuren WKK	0	uur

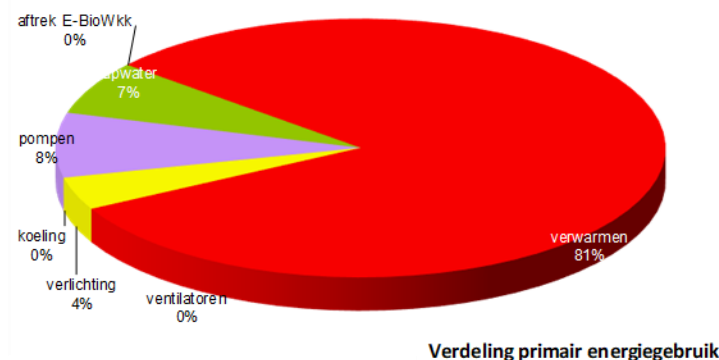
= invoervelden

Berekende verbruiken

Gas	39 996 kWh	266,6 kWh/m²
	4 102 m³ ae	27,3 m³ ae/m²
Elektriciteit	1 705 kWh	11,4 kWh/m²
Olie	0 m³	0,0 kWh/m²
Tot. primair	155 GJprim	1034 MJprim/m²
m² PV equivalenten	8 m²	€ 13 per m² bvo
Kosten energie	€ 6.665 per jaar	€ 44,43 per m² bvo/jaar
CO2/m2a	10205 kg/jaar	68 kg/m² bvo/jaar

Opgenomen verbruiken voor:

Gas	kWh	0,0 kWh/m²
	m³ ae	0,0 m³ ae/m²
Elektriciteit (ex. apparatuur)	kWh	0,0 kWh/m²
Tot. primair	GJprim	0,00 GJ prim/m²



Verwarmingscapaciteit

	28 K	
	1564 W	
	4508 W	
	1630 W	
	728 W	
	8,4 kW	8,43 kW/woning
transmissie	56,2 W/m2	
	6,1 kW	6,09 kW/woning
ventilatie	40,6 W/m2	
	14,5 kW	14,52 kW/woning
opwarmtoeslag	2,9 kW	20%
distributieverliezen	1,5 kW	10%
totaal	18,9 kW	
	126 W/m2	

Koelcapaciteit

	0 kW
	0 W/m2
	1148 full load hours

Thermische warmtevraag per woning

	per woning	per m2
ruimteverwarming	26.072 kWh	26072 kWh/woning
	94 GJ	93,9 GJ/woning
		626 MJ/m2 Ag
warm tapwater	1.652 kWh	1652 kWh/woning
	6 GJ	5,9 GJ/woning
		40 MJ/m2 Ag
Totaal	27.724 kWh	27724 kWh/woning
	100 GJ	99,8 GJ/woning
		665 MJ/m2 Ag
koeling	0 kWh	0 kWh/woning
	0 GJ	0,0 GJ/woning
		0 MJ/m2 Ag

Grondgebonden woning slecht geïsoleerd

Energie-berekening

PEW rij PD	1	weq
bewoners	2	-
Ag, verw	80	m2
Ag, koel	80	m2
lagen	2	verdiepingen
diepte	12,0	m
glas	30%	van de gevel
ventilatie	2	(0=nat; 1=atzuiging; 2=balans)
ventilatievoud	0,8	1/h
wtw	85%	
licht	2,0	W/m2
reductieregeling	0%	reductie branduren
Ti, gemiddeld	21	grC
opvoerhoogte	80	Pa
Rc dicht	3,0	m2K/W
Uraam	1,2	W/m2K
ZTA	60%	van glas+kozijn
zonwering	20%	reductie zoninval
IW	3,0	W/m2
koeling	20	W/m2
COP koeling	2	
COP verwarming	0,85	
tapwater type	2	(1=elektrisch; 2=cv-ketel)
tapwater verbruik	40	l/pp/dag
COP tapwater	0,65	
pompen	10%	Eprim, verw+koel
Ncentrale	0,55	-
Prijs gas/E/olie	€ 1,50	€ 0,30
Inzet bio-WKK	0	kW
draaiuren WKK	0	uur

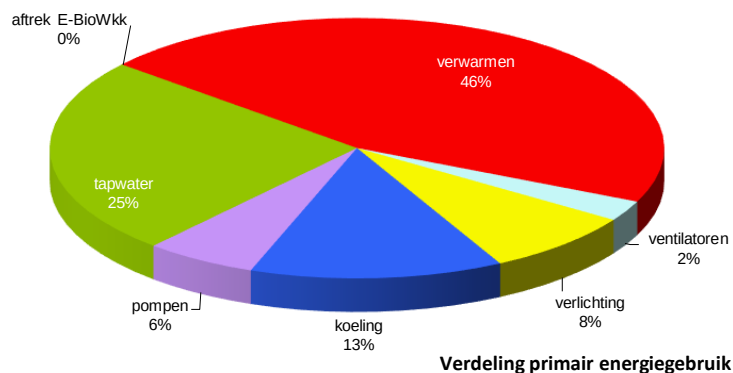
= invoervelden

Berekende verbruiken

Gas	9 457 kWh	118,2 kWh/m²
	970 m³ ae	12,1 m³ ae/m²
Elektriciteit	1 810 kWh	22,6 kWh/m²
Olie	0 m³	0,0 kWh/m²
Tot. primair	46 GJprim	574 MJprim/m²
m² PV equivalenten	8 m²	€ 25 per m² bvo
Kosten energie	€ 1.998 per jaar	€ 24,97 per m² bvo/jaar
CO2/m2a	3243 kg/jaar	41 kg/m² bvo/jaar

Opgenomen verbruiken voor:

Gas	kWh	0,0 kWh/m²
	m³ ae	0,0 m³ ae/m²
Elektriciteit (ex. apparatuur)	kWh	0,0 kWh/m²
Tot. primair	GJprim	0,00 GJprim/m²



Verwarmingscapaciteit

	28 K	
	508 W	
	628 W	
	424 W	
	295 W	
	1,9 kW	1,86 kW/woning
transmissie	23,2 W/m2	
	0,3 kW	0,26 kW/woning
ventilatie	3,2 W/m2	
	2,1 kW	2,12 kW/woning
totaal	0,4 kW	20%
opwarmtoeslag	0,2 kW	10%
distributieverliezen	2,7 kW	
totaal	34 W/m2	

Koelcapaciteit

	2 kW		
	20 W/m2		
	945 full load hours		
Thermische warmtevraag	per woning		per m2
ruimteverwarming	4.007 kWh	4007 kWh/woning	50,1 kWh/m2 Ag
	14 GJ	14,4 GJ/woning	180 MJ/m2 Ag
warm tapwater	1.652 kWh	1652 kWh/woning	20,7 kWh/m2 Ag
	6 GJ	5,9 GJ/woning	74 MJ/m2 Ag
Totaal	5.660 kWh	5.660 kWh/woning	70,7 kWh/m2 Ag
	20 GJ	20,4 GJ/woning	255 MJ/m2 Ag
koeling	1.512 kWh	1512 kWh/woning	18,9 kWh/m2 Ag
	5 GJ	5,4 GJ/woning	68 MJ/m2 Ag

Portiek-etage woning (zeer) goed geïsoleerd

Energie-berekening

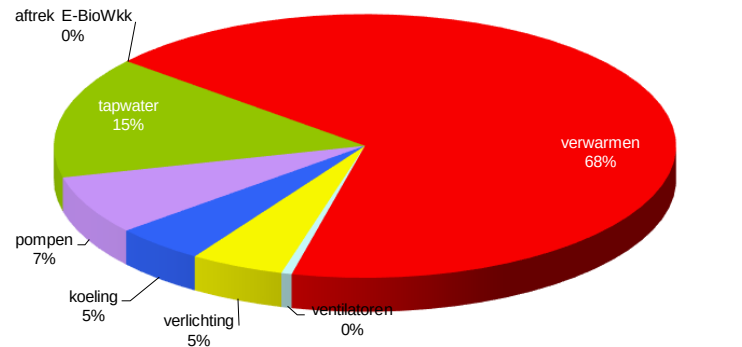
PEW rij PD	1 weq
bewoners	2 -
Ag, verw	80 m2
Ag, koel	80 m2
lagen	2 verdiepingen
diepte	12,0 m
glas	30% van de gevel
ventilatie	1 (0=nat; 1=afzuiging; 2=balans)
ventilatievoud	0,9 1/h
wtw	85%
licht	2,0 W/m2
reductieregeling	0% reductie branduren
Ti, gemiddeld	19 grC
opvoerhoogte	50 Pa
Rc dicht	2,0 m2K/W
Uraam	3,5 W/m2K
ZTA	70% van glas+kozijn
zonwering	20% reductie zoninval
IW	3,0 W/m2
koeling	10 W/m2
COP koeling	2
COP verwarming	0,85
tapwater type	2 (1=elektrisch; 2=cv-ketel)
tapwater verbruik	40 l/pp/dag
COP tapwater	0,65
pompen	10% Eprim, verw+koel
Ncentrale	0,55 -
Prijs gas/E/olie	€ 1,50 € 0,30 € 2,20
Inzet bio-WKK	0 kW
draaiuren WKK	0 uur

Berekende verbruiken

Gas	17 420 kWh	217,7 kWh/m²
Elektriciteit	1 787 m³ ae	22,3 m³ ae/m²
Olie	1 398 kWh	17,5 kWh/m²
Tot. primair	0 m³	0,0 kWh/m²
m² PV equivalenten	72 GJprim	898 MJprim/m²
Kosten energie	6 m²	19 per m² bvo
CO2/m2a	€ 3.099 per jaar	€ 38,74 per m² bvo/jaar
	4832 kg/jaar	60 kg/m² bvo/jaar

Opgenomen verbruiken voor:

Gas	kWh	0,0 kWh/m²
Elektriciteit (ex. apparatuur)	m³ ae	0,0 m³ ae/m²
Tot. primair	kWh	0,0 kWh/m²
	GJprim	0,00 GJprim/m²



Verdeling primair energiegebruik

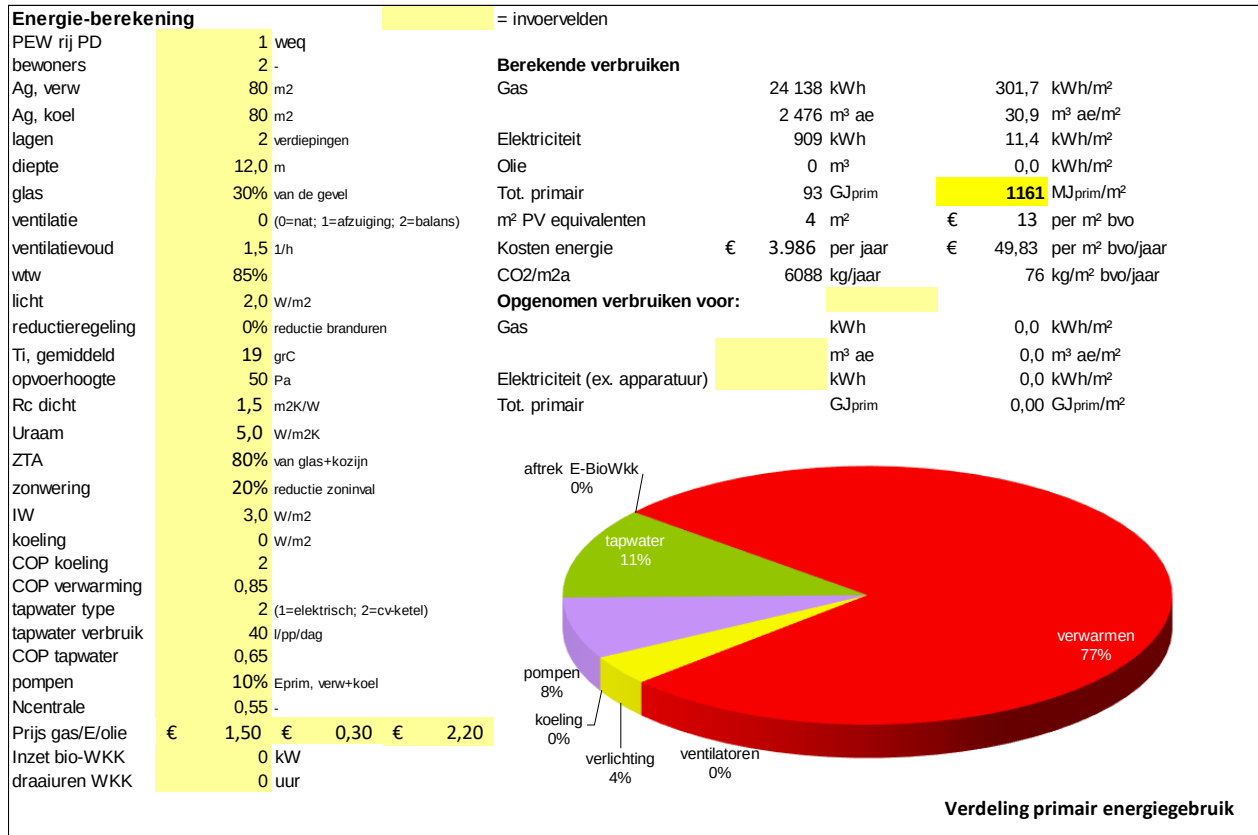
Verwarmingscapaciteit

	28 K	
	741 W	
	1833 W	
	619 W	
	389 W	
	3,6 kW	3,58 kW/woning
transmissie	44,8 W/m2	
	1,9 kW	1,95 kW/woning
ventilatie	24,4 W/m2	
	5,5 kW	5,53 kW/woning
totaal	1,1 kW	20%
opwarmtoeslag	0,6 kW	10%
distributieverliezen	7,2 kW	
totaal	90 W/m2	

Koelcapaciteit

	1 kW		
	10 W/m2		
	1096 full load hours		
Thermische warmtevraag	per woning		per m2
ruimteverwarming	9.760 kWh	9760 kWh/woning	122,0 kWh/m2 Ag
	35 GJ	35,1 GJ/woning	439 MJ/m2 Ag
warm tapwater	1.652 kWh	1652 kWh/woning	20,7 kWh/m2 Ag
	6 GJ	5,9 GJ/woning	74 MJ/m2 Ag
Totaal	11.412 kWh	##### kWh/woning	142,7 kWh/m2 Ag
	41 GJ	41,1 GJ/woning	514 MJ/m2 Ag
koeling	877 kWh	877 kWh/woning	11,0 kWh/m2 Ag
	3 GJ	3,2 GJ/woning	39 MJ/m2 Ag

Portiek-etage woning matig geïsoleerd



Verwarmingscapaciteit

	28 K	
	963 W	
	2618 W	
	805 W	
	461 W	
	4,8 kW	4,85 kW/woning
transmissie	60,6 W/m2	
	3,2 kW	3,25 kW/woning
ventilatie	40,6 W/m2	
	8,1 kW	8,10 kW/woning
totaal	1,6 kW	20%
opwarmtoeslag	0,8 kW	10%
distributieverliezen	10,5 kW	
totaal	132 W/m2	

Koelcapaciteit

	0 kW
	0 W/m2
	1247 full load hours

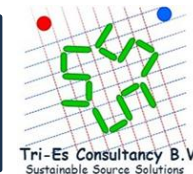
Thermische warmtevraag per woning per m2

	ruimteverwarming	14.614 kWh	14614 kWh/woning	182,7 kWh/m2 Ag
		53 GJ	52,6 GJ/woning	658 MJ/m2 Ag
	warm tapwater	1.652 kWh	1652 kWh/woning	20,7 kWh/m2 Ag
		6 GJ	5,9 GJ/woning	74 MJ/m2 Ag
	Totaal	16.266 kWh	##### kWh/woning	203,3 kWh/m2 Ag
		59 GJ	58,6 GJ/woning	732 MJ/m2 Ag
	koeling	0 kWh	0 kWh/woning	0,0 kWh/m2 Ag
		0 GJ	0,0 GJ/woning	0 MJ/m2 Ag

Portiek-etage woning slecht geïsoleerd

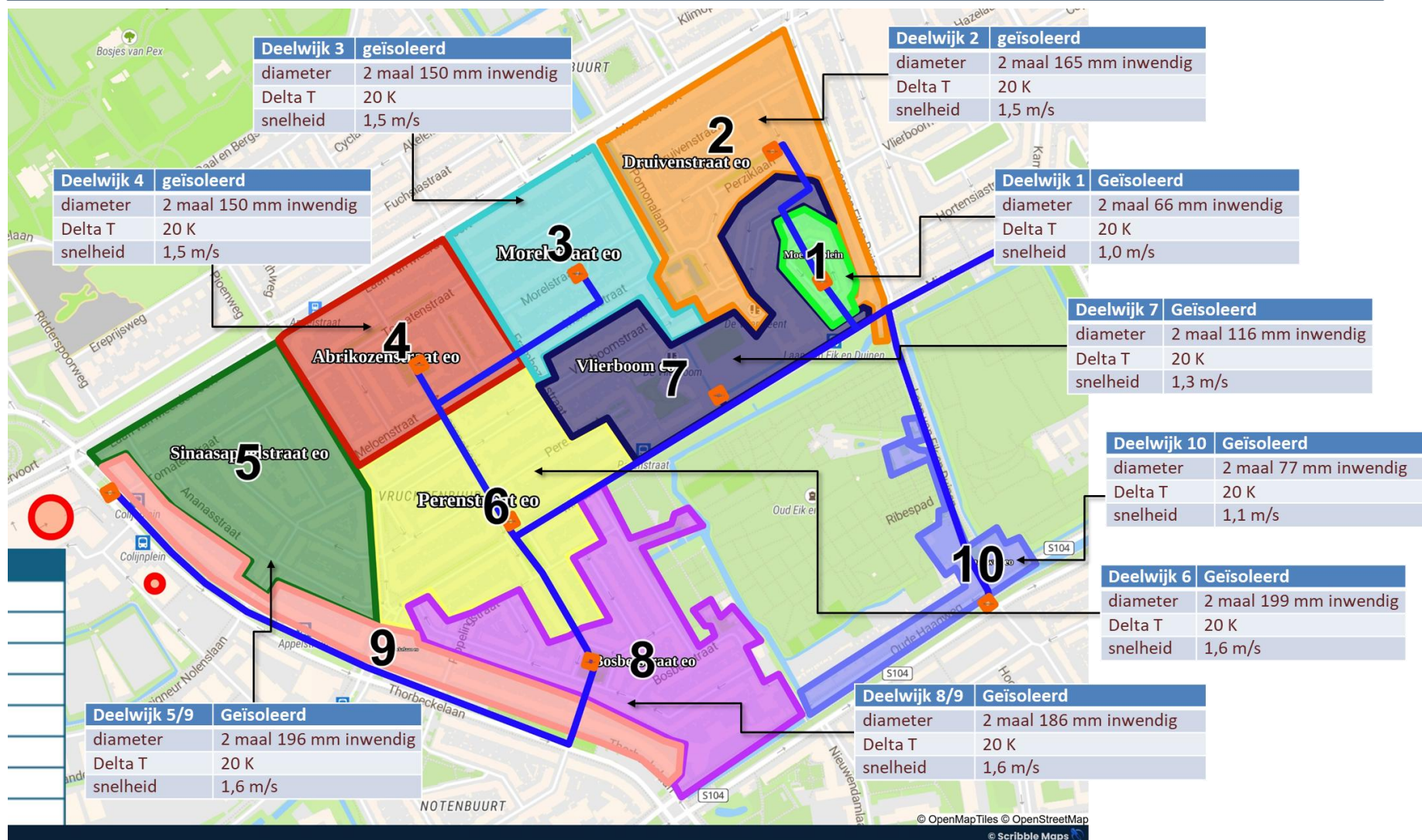


Bijlage 2. Samenvatting woningtypen

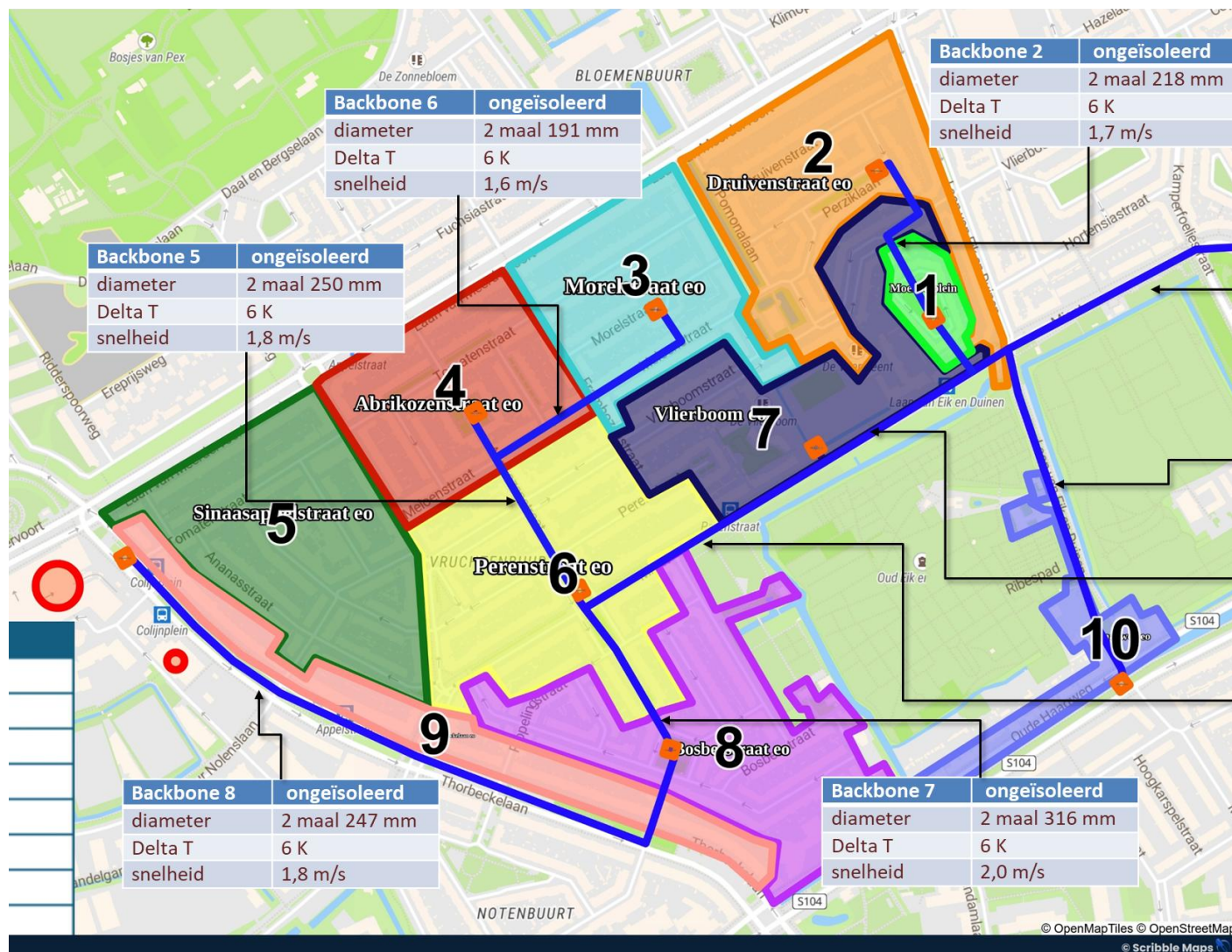


VRUCHTENBUURT DEN HAAG		Isolatiegraad						aantallen		totaal = 965 30%				965 30%				965 30%			
Woningtype	eenheid	A+B		C-D		E-G				Scenario ZEKER				Scenario HYBRIDE				Scenario FLEX			
		/m2 Ag	/m2 Ag	/m2 Ag	/m2 Ag	/m2 Ag	/m2 Ag			A+B	C-D	E-G	Totaal	A+B	C-D	E-G	Totaal	A+B	C-D	E-G	Totaal
GGB rijwoning SD	m2 Ag	150		150		150				10%	50%	40%	100%	40%	50%	10%	100%	70%	30%	0%	100%
Verwarmingscapaciteit																					
transmissie	W/woning	3.231	21,5	6.227	41,5	8.430	56,2	kW	312	3006	3255	6573	1.248	3.006	814	5.067	2183	1803	0	3987	
ventilatie	W/woning	487	3,2	3.654	24,4	6.090	40,6	kW	47	1764	2352	4162	188	1.764	588	2.540	329	1058	0	1387	
opwarmtoeslag	W/woning	744	5,0	1.976	13,2	2.904	19,4	kW	72	954	1121	2147	287	954	280	1.521	502	572	0	1075	
istributieverliezen	W/woning	372	2,5	988	6,6	1.452	9,7	kW	36	477	561	1073	144	477	140	761	251	286	0	537	
totaal	W/woning	4.833	32,2	12.845	85,6	18.876	125,8	kW	467	6.200	7.289	13.955	1.866	6.200	1.822	9.889	3.266	3.720	-	6.986	
Koelcapaciteit																					
Vermogen	W/woning	3.000	20,0	1.500	10,0	-	-	kW	290	724	-	1.014	1.158	724	-	1.882	2.027	434	-	2.462	
Full load hours	h	871		1.010		1.148															
Energievraag																					
ruimteverwarming	kWh/woning	6.993	46,6	17.338	115,6	26.072	173,8	MWh	675	8.369	10.067	19.111	2.700	8.369	2.517	13.586	4.726	5.021	-	9.747	
	MI/woning	25.175	168	62.415	416	93.858	626	GJ	2.430	30.127	36.243	68.800	9.721	30.127	9.061	48.909	17.012	18.076	-	35.088	
Warm tapwater	kWh/woning	1.652	11,0	1.652	11,0	1.652	11,0	MWh	160	798	638	1.595	638	798	160	1.595	1.117	479	-	1.595	
	MI/woning	5.948	40	5.948	40	5.948	40	GJ	574	2.871	2.297	5.742	2.297	2.871	574	5.742	4.019	1.723	-	5.742	
Totaal warmte	kWh/woning	8.645	57,6	18.990	126,6	27.724	184,8	MWh	835	9.166	10.705	20.706	3.338	9.166	2.676	15.181	5.842	5.500	-	11.342	
	MI/woning	31.123	207	68.363	456	99.806	665	GJ	3.004	32.998	38.540	74.542	12.018	32.998	9.635	54.651	21.031	19.799	-	40.830	
Koeling	kWh/woning	2613	17,4	1514	10,1	0	-	MWh	252	731	-	983	1.009	731	-	1.740	1.766	439	-	2.205	
	MI/woning	9.408	63	5.452	36	-	-	GJ	908	2.632	-	3.540	3.633	2.632	-	6.265	6.358	1.579	-	7.937	
		Isolatiegraad						aantallen		totaal = 2253 70%				2253 70%				2253 70%			
Woningtype	eenheid	A+B		C-D		E-G				70C scenario				55C scenario				Scenario FLEX			
		/m2 Ag	/m2 Ag	/m2 Ag	/m2 Ag	/m2 Ag	/m2 Ag			A+B	C-D	E-G	Totaal	A+B	C-D	E-G	Totaal	A+B	C-D	E-G	Totaal
Portiek_Etage PD	m2	80		80		80				10%	50%	40%	100%	40%	50%	10%	100%	70%	30%	0%	100%
Verwarmingscapaciteit																					
transmissie	W/woning	1.855	23,2	3.582	44,8	4.848	60,6	kW	418	4034	4368	8820	1672	4034	1092	6798	2925	2421	0	5346	
ventilatie	W/woning	260	3,2	1.949	24,4	3.248	40,6	kW	59	2195	2926	5180	234	2195	732	3161	410	1317	0	1727	
opwarmtoeslag	W/woning	423	5,3	1.106	13,8	1.619	20,2	kW	95	1246	1459	2800	381	1246	365	1992	667	747	0	1415	
istributieverliezen	W/woning	212	2,6	553	6,9	810	10,1	kW	48	623	729	1400	191	623	182	996	334	374	0	707	
totaal	W/woning	2.750	34,4	7.190	89,9	10.524	131,6	kW	619	8.098	9.483	18.200	2.477	8.098	2.371	12.946	4.336	4.859	-	9.194	
Koelcapaciteit																					
Vermogen	W/woning	1.600	20,0	800	10,0	-	-	kW	360	901	-	1.261	1.442	901	-	2.343	2.523	541	-	3.063	
Full load hours	h	945		1.096		1.247															
Energievraag																					
ruimteverwarming	kWh/woning	4.007	50,1	9.760	122,0	14.614	182,7	MWh	903	10.993	13.168	25.063	3.611	10.993	3.292	17.895	6.319	6.596	-	12.914	
	MI/woning	14.427	180	35.137	439	52.611	658	GJ	3.250	39.573	47.403	90.226	12.999	39.573	11.851	64.423	22.748	23.744	-	46.492	
Warm tapwater	kWh/woning	1.652	20,7	1.652	20,7	1.652	20,7	MWh	372	1.861	1.489	3.722	1.489	1.861	372	3.722	2.605	1.117	-	3.722	
	MI/woning	5.948	74	5.948	74	5.948	74	GJ	1.340	6.699	5.359	13.398	5.359	6.699	1.340	13.398	9.379	4.019	-	13.398	
Totaal warmte	kWh/woning	5.660	70,7	11.412	142,7	16.266	203,3	MWh	1.275	12.853	14.656	28.785	5.099	12.853	3.664	21.617	8.924	7.712	-	16.636	
	MI/woning	20.375	255	41.085	514	58.559	732	GJ	4.590	46.272	52.763	103.625	18.358	46.272	13.191	77.821	32.127	27.763	-	59.890	
Koeling	kWh/woning	1512	18,9	877	11,0	0	-	MWh	341	987	-	1.328	1.362	987	-	2.350	2.384	592	-	2.977	
	MI/woning	5.444	68	3.156	39	-	-	GJ	1.226	3.555	-	4.781	4.905	3.555	-	8.460	8.584	2.133	-	10.716	

		aantallen	totaal =	3218	100%	3218				100%	3218				100%
Woningtype Gemiddeld		eenheid m2	70C scenario				55C scenario				Scenario FLEX				
			A+-B	C-D	E-G	Totaal	A+-B	C-D	E-G	Totaal	A+-B	C-D	E-G	Totaal	
			10%	50%	40%	100%	40%	50%	10%	100%	70%	30%	0%	100%	
Verwarmingscapaciteit															
transmissie		kW	730	7040	7623	15393	2919	7040	1906	11865	5109	4224	0	9332	
ventilatie		kW	106	3959	5278	9342	422	3959	1320	5700	739	2375	0	3114	
opwarmtoeslag		kW	167	2200	2580	4947	668	2200	645	3513	1169	1320	0	2489	
distributieverliezen		kW	84	1100	1290	2473	334	1100	323	1757	585	660	0	1245	
totaal		kW	1.086	14.298	16.771	32.155	4.344	14.298	4.193	22.835	7.602	8.579	-	16.180	
Koelcapaciteit															
Vermogen		kW	650	1.625	-	2.275	2.600	1.625	-	4.225	4.550	975	-	5.525	
Full load hours															
Energievraag															
ruimteverwarming		MWh	1.578	19.361	23.235	44.174	6.311	19.361	5.809	31.481	11.044	11.617	-	22.661	
		GJ	5.680	69.700	83.646	159.026	22.720	69.700	20.912	113.332	39.760	41.820	-	81.580	
Warm tapwater		MWh	532	2.658	2.127	5.317	2.127	2.658	532	5.317	3.722	1.595	-	5.317	
		GJ	1.914	9.570	7.656	19.140	7.656	9.570	1.914	19.140	13.398	5.742	-	19.140	
Totaal warmte		MWh	2.109	22.020	25.362	49.491	8.438	22.020	6.340	36.798	14.766	13.212	-	27.978	
		GJ	7.594	79.270	91.302	178.167	30.376	79.270	22.826	132.472	53.158	47.562	-	100.720	
Koeling		MWh	593	1.718	-	2.311	2.372	1.718	-	4.090	4.150	1.031	-	5.181	
		GJ	2.134	6.186	-	8.321	8.538	6.186	-	14.724	14.941	3.712	-	18.653	



Scenario Zeker: Sectorsnet

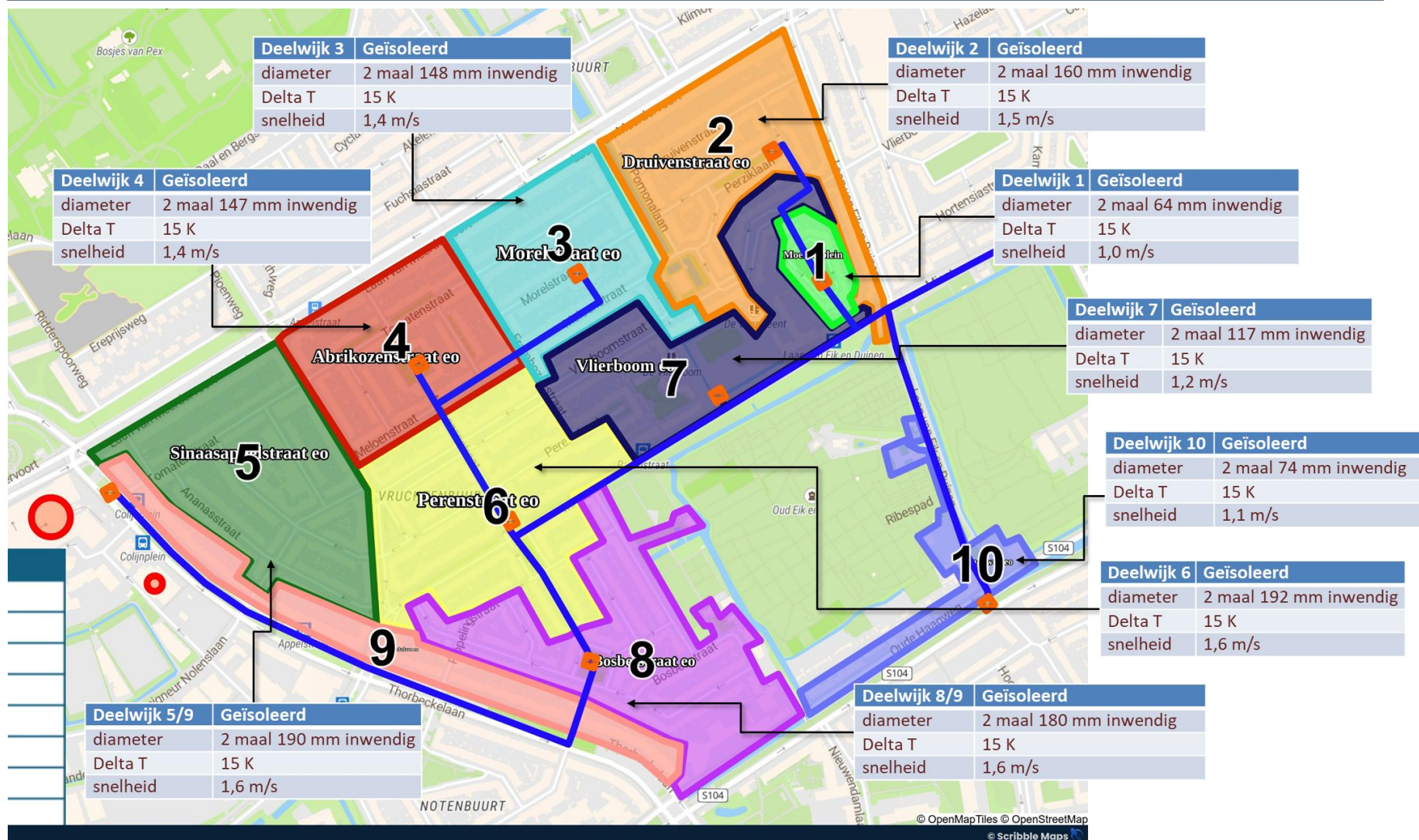


Scenario HYBRIDE: Backbone

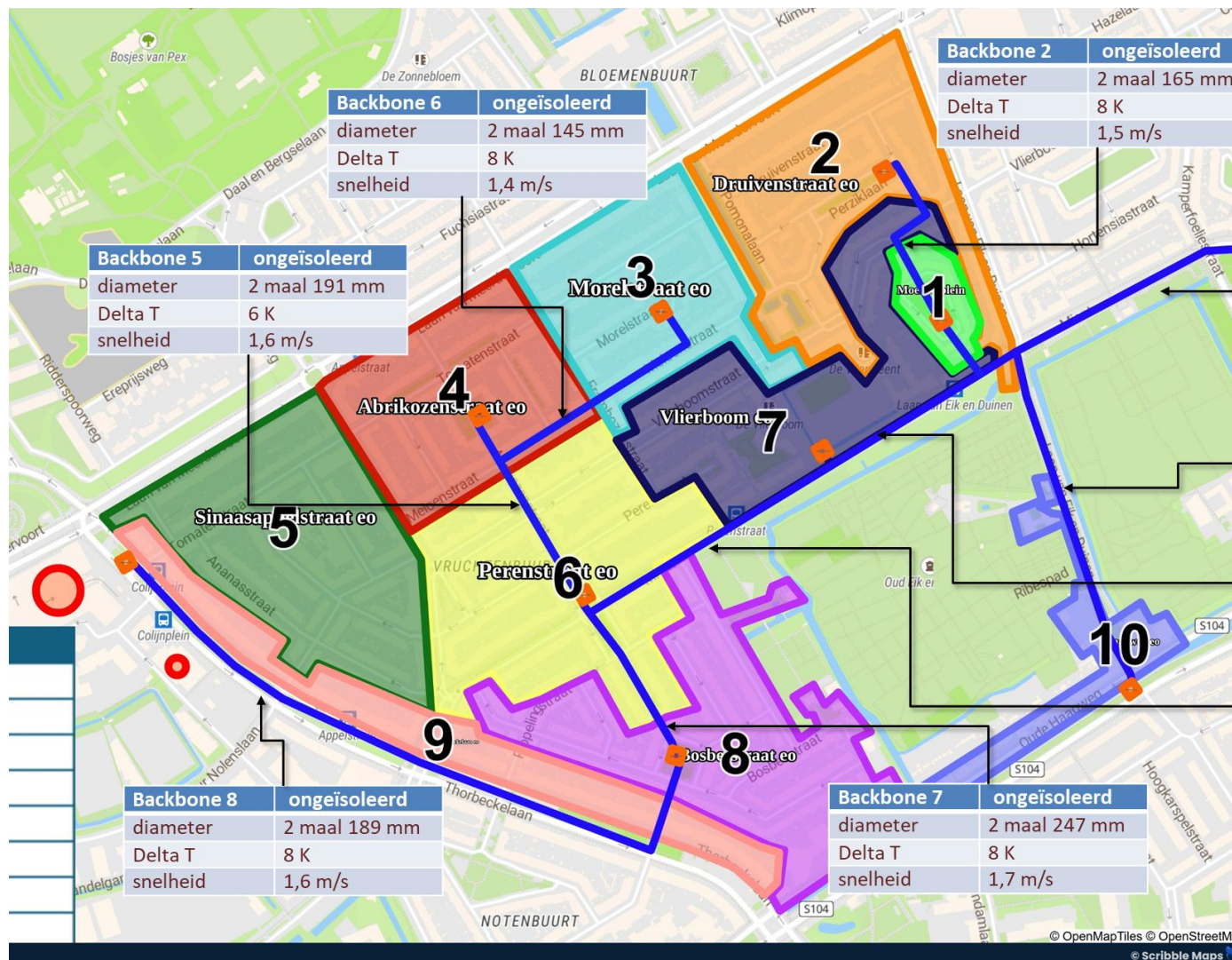
Datum: 24 januari 2025

Vrucenbuurt Scenario analyse ZLT warmtenet

Pagina: 83



Scenario HYBRIDE: Sctorinet

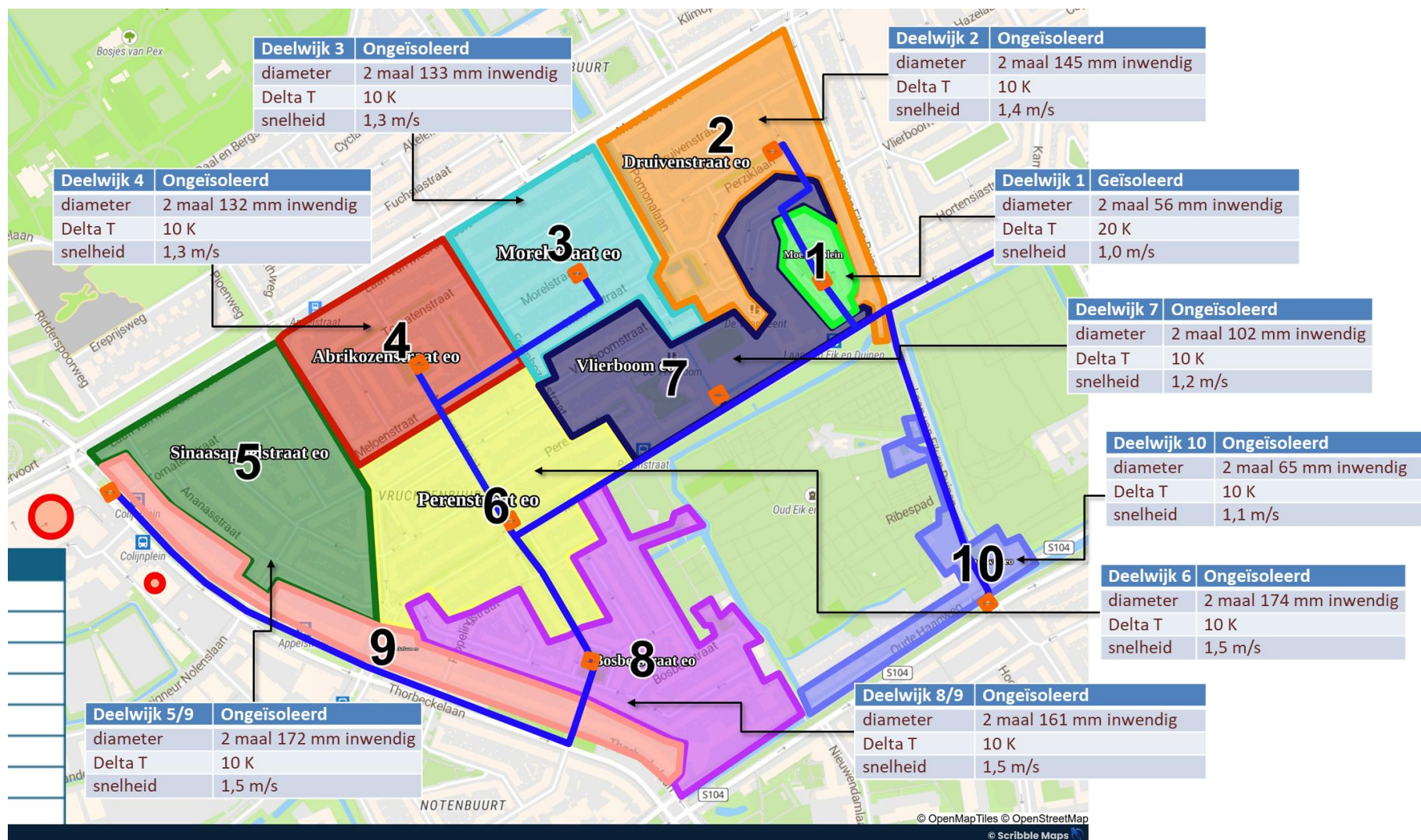


Scenario FLEX: Backbone

Datum: 24 januari 2025

Vruchtenbuurt Scenario analyse ZLT warmtenet

Pagina: 85



Scenario FLEX: Clusternet

Bijlage 4. Financiële berekeningen businesscase

VRUCHTENBUURT DEN HAAG

Scenario ZEKER

Scenario ZEKER				opwarmtoeslag			20%	distributieverlies				10%
Groep	nr	Gebouwen	aantal	GO [m2]	Warmte- vraag [MWh]	Koudevraag [MWh]	Onbalans [MWh]	Geïnstalleerd verwarming vermogen [kWth]	verwarmings- vermogen per m2	Geïnstalleerd koeling vermogen [kWth]	Koelvermogen per m2	
Alles "70% van totaal"	1	GGB rijwoning SD label A+B	97	14.481	835	252	582	467	32	290	20	
	2	GGB rijwoning SD label C-D	483	72.403	9.166	731	8.435	6.200	86	724	10	
	3	GGB rijwoning SD label E-G	386	57.922	10.705	-	10.705	7.289	126	-	-	
	4	Portiek_Etage PD label A+B	225	18.020	1.275	341	934	619	34	360	20	
	5	Portiek_Etage PD label C-D	1126	90.101	12.853	987	11.866	8.098	90	901	10	
	6	Portiek_Etage PD label E-G	901	72.081	14.656	-	14.656	9.483	132	-	-	
Totalen	18		3.218	325.008	49.491	2.311	47.179	32.155	99	2.275		

Woningen totaal/gemiddeld												
101 152 7 kWh/m2GO												
Investerings fase 1	aantal	% toerekening aan cluster	kWp/eenh	m2/eenh	kWh/m2	I/eenheid	I/eenheid	I, totaal	I,cluster	kWp, cluster	MWh, cluster	GJ,cluster
Bronnen WKO	-	100%	500		€ 850 /kWp	€ 425.000	€ -	€ -	-	-	-	-
Backbone	3.680	100%			€ 1.000 /m'	€ 3.680.000	€ 3.680.000	€ 3.680.000	11.923	-	-	-
WOS centrales	9	100%	2.208	19.872	€ 1.200 /kWp	€ 2.649.593	€ 23.846.336	€ 23.846.336	19.872	-	-	-
Clusternet	-	100%			€ 950 /m'	€ 950	€ -	€ -	2.275	-	-	-
Clusterbuffer	-	100%			€ 300 /m3	€ -	€ -	€ -	-	-	-	-
Sectornet	14.160	100%	2.208		€ 900 /m'	€ 12.744.000	€ 12.744.000	€ 12.744.000	10	-	-	-
Bronnen Zth	-	100%	2,94	3,9	€ 298 /m2	€ 1.169	€ -	€ -	-	-	-	-
Bronnen PV	-	100%	0,40	1,6	€ 240 /m2	€ 384	€ -	€ -	-	-	-	-
Effluentbron	1	100%	11923		€ 200 /kWp	€ 2.384.634	€ 2.384.634	€ 2.384.634	11.923	44.188	159.077	-
Regeneratie WKO bronnen	-	100%	-		€ 500 /kWp	€ -	€ -	€ -	-	-	-	-
Afleversets woning	3.218	100%	10	0,25	€ 2.500 /woning	€ 2.500	€ 8.044.750	€ 8.044.750	32.155	-	-	-
Totalen						€ 50.699.720	€ 50.699.720					
Capex totaal												€ 50.699.720
toeslagen	15%											€ 7.604.958
Capex incl toeslagen												€ 58.304.677
Subsidie op investering	10%											€ 5.069.972
Subsidie op jaarbasis												€ -
Eigen Investerings												€ 53.234.705
O&M en bedrijfsvoering	2,0%											€ 1.013.994
Bruto energievraag inclusief leidingverliezen			Warmte	61.863 MWh	Koude	2.311 MWh	balans warmte	59.552 MWh				
Geleverd door warmtenet na aftrek Elektriciteit				44.188 MWh		2.427 MWh						
Energie-uitwisseling	0%	uitwisseling % koud -> warm		- MWh		- MWh						
Te leveren energie				44.188 MWh		2.427 MWh		41.761 MWh				
Egjen warmteopwekking Zth				- MWh		- MWh						
Levering Effluentleiding				44.188 MWh		- MWh						
Uit de WKO				- MWh		- MWh		- MWh				
Elektriciteit Asubs			CoP =	3,5 hoeveelheid	61.863 MWh	€ 0,200 per kWh excl BTW	17.675.260 kWh,E					€ 3.535.052
Elektriciteit transport en hulpenergie			CoP =	20 hoeveelheid	44.188 MWh	€ 0,200 per kWh excl BTW	2.209.408 kWh,E					€ 441.882
Elektriciteit eigen opwekking				- MWh		€ - per kWh excl BTW	- kWh,E					€ -
Elektriciteit inkoop per jaar							19.884.668 kWh,E					€ 3.976.934
BAK			32.155 kW,W	€ 434,00 /kW,W		- kW,K	€ - /kW,K					€ 13.962.597
VR per jaar (levering warmte en warm tapwater, meettarief en huur afleverset)				€ 65,50	€ 2.106.169		€ 90,00					€ 2.116.574
Verkoop energie per jaar			178.167 GJ,W/Jr	€ 38,59 /GJ,W	€ 6.875.450	8.321 GJ,K/Jr	€ - /GJ,K					€ 6.875.450
Eigen investering - BAK												€ 39.272.109
Jaarresultaat												€ 4.001.096
Lineaire TvT	jaar											9,8

NB; investeringen en stroom gebruik voor koeling via airco's niet meegenomen
Alle bedragen exclusief BTW

VRUCHTENBUURT DEN HAAG

Scenario HYBRIDE

Groep	nr	Gebouwen	aantal	GO [m2]	opwarmtoeslag 20%			distributieverlies 10%			
					Warme- vraag [MWh]	Koudevraag [MWh]	Onbalans [MWh]	Geïnstalleerd verwarming vermogen [kWth]	verwarmings- vermogen per m2	Geïnstalleerd koeling vermogen [kWth]	Koelvermogen per m2
Alles "70% van totaal"	1	GGB rijwoning SD label A+-B	386	57.922	3.338	1.009	2.329	1.866	32	1.158	20
	2	GGB rijwoning SD label C-D	483	72.403	9.166	731	8.435	6.200	86	724	10
	3	GGB rijwoning SD label E-G	97	14.481	2.676	-	2.676	1.822	126	-	-
	4	Portiek_Etage PD label A+-B	901	72.081	5.099	1.362	3.737	2.477	34	1.442	20
	5	Portiek_Etage PD label C-D	1126	90.101	12.853	987	11.866	8.098	90	901	10
	6	Portiek_Etage PD label E-G	225	18.020	3.664	-	3.664	2.371	132	-	-
Totalen	18		3.218	325.008	36.798	4.090	32.708	22.835	70	4.225	13

Woningen totaal/gemiddeld													101	113	13	kWh/m2GO			
Investerings fase 1	aantal	% toerekening aan cluster	kWp/eenh	m2/eenh	kWh/m2	l/eenheid	l/eenheid	l, totaal	l,cluster	kWp, cluster	MWh, cluster	GJ,cluster							
Bronnen WKO	5	100%	500		€ 850	/kWp	€ 425.000	€ 2.125.000	€ 2.125.000	2.500	3.500	12.600							
Backbone	3.680	100%			€ 950	/m'	€ 950	€ 3.496.000	€ 3.496.000										
WOS centrales	9	100%	1568		€ 1.200	/kWp	€ 1.881.573	€ 16.934.159	€ 16.934.159										
Clusternet	-	130%			€ 950	/m'	€ -	€ -	€ -										
Clusterbuffer	-	100%			€ 300	/m3	€ -	€ -	€ -										
Sectornet	14.160	100%	1568		€ 800	/m'	€ 800	€ 11.328.000	€ 11.328.000	1.568									
Bronnen Zth	-	100%	2,94	3,9	€ 298	/m2	€ 1.169	€ -	€ -	-	-	-							
Bronnen PV	-	100%	0,40	1,6	€ 225	/m2	€ 384	€ -	€ -	-	-	-							
Effluentbron	1	100%	7898		€ 200	/kWp	€ 1.579.634	€ 1.579.634	€ 1.579.634	7.898	33.854	121.874							
Regeneratie WKO bronnen	-	100%	-		€ 500	/kWp	€ -	€ -	€ -	-	-	-							
Boosterwarmtepompen +ALS	3.218	100%	2		€ 1.800	/kWp	€ 3.600	€ 11.584.440	€ 11.584.440	6.436									
Totalen								€ 47.047.233	€ 47.047.233										
Capex totaal													€ 47.047.233						
toeslagen	15%												€ 7.057.085						
Capex incl toeslagen													€ 54.104.318						
Subsidie op investering	10%												€ 4.704.723						
Subsidie op jaarbasis													€ -						
Eigen Investering													€ 49.399.595						
O&M en bedrijfsvoering													€ 940.945						
Bruto energievraag inclusief leidingverliezen																			
Warmte			42.317	MWh	Koude		4.090	MWh	balans warmte	38.227	MWh								
Geleverd door warmtenet na aftrek Elektriciteit			33.854	MWh			4.295	MWh											
Energie-uitwisseling	25%	uitwisseling % koud -> warm	1.023	MWh			1.023	MWh											
Te leveren energie			32.831	MWh			3.272	MWh		29.559	MWh								
Egien warmteopwekking Zth			-	MWh			-	MWh											
Levering Effluentleiding			32.831	MWh			-	MWh											
Uit de WKO			-	MWh			-	MWh		-	MWh								
Elektriciteit Asubs			CoP =	5	hoeveelheid	41.295	MWh	€ 0,200	per kWh excl BTW	8.258.983	kWh,E	€ 1.651.797							
Elektriciteit transport en hulpenergie			CoP =	20	hoeveelheid	33.854	MWh	€ 0,200	per kWh excl BTW	1.692.697	kWh,E	€ 338.539							
Elektriciteit eigen opwekking					-	MWh			per kWh excl BTW	-	kWh,E	€ -							
Elektriciteit inkoop per jaar										9.951.680	kWh,E	€ 1.990.336							
BAK			22.835	kW,W	€ 611,00	/kW,W		-	kW,K	€ -	/kW,K	€ 13.962.597							
VR per jaar (levering warmte en warm tapwater, meettarief en huur afleverst)																			
					€ 92,50		€ 2.112.203		€ 90,00	€ -	€ -	€ 2.116.574							
Verkoop energie per jaar																			
			132.472	GJ,W/Jr	€ 38,59	/GJ,W	€ 5.112.093	14.724	GJ,K/Jr	€ -	/GJ,K	€ 5.112.093							
Eigen investering - BAK													€ 35.436.998						
Jaarresultaat													€ 4.297.386						
Lineaire TvT													8,2						

NB; investeringen en stroom gebruik voor koeling via airco's niet meegenomen

Alle bedragen exclusief BTW

VRUCHTENBUURT DEN HAAG

Scenario FLEX

Groep	nr	Gebouwen	aantal	GO [m2]	opwarmtoeslag 20%		distributieverlies 10%				
					Warmte-vraag [MWh]	Koudevraag [MWh]	Onbalans [MWh]	Geïnstalleerd verwarming vermogen [kWth]	verwarmings-vermogen per m2	Geïnstalleerd koeling vermogen [kWth]	Koelvermogen per m2
Alles "70% van totaal"	1	GGB rijwoning SD label A+B	676	101.364	5.842	1.766	4.076	3.266	32	2.027	20
	2	GGB rijwoning SD label C-D	290	43.442	5.500	439	5.061	3.720	86	434	10
	3	GGB rijwoning SD label E-G	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	4	Portiek_Etage PD label A+B	1577	126.142	8.924	2.384	6.540	4.336	34	2.523	20
	5	Portiek_Etage PD label C-D	676	54.061	7.712	592	7.120	4.859	90	541	10
	6	Portiek_Etage PD label E-G	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Totalen	18		3.218	325.008	27.978	5.181	22.796	16.180	50	5.525	17

Investerings fase 1	Woningen totaal/gemiddeld				101 86 16 kWh/m2GO							
	aantal	% toerekening aan cluster	kWp/eenh	m2/eenh	kWh/m2	I/eenheid	I/eenheid	I, totaal	I,cluster	kWp, cluster	MWh, cluster	GJ,cluster
Bronnen WKO	10	100%	500		€ 850	/kWp	€ 425.000	€ 4.250.000	€ 4.250.000	5.000	7.000	25.200
Backbone	3.680	100%			€ 850	/m'	€ 850	€ 3.128.000	€ 3.128.000	7.153		
EES uitwisselstations	9	100%	1.079		€ 700	/kWp	€ 755.089	€ 6.795.803	€ 6.795.803	9.708		
Clusternet	13.800	100%	1.079		€ 750	/m'	€ 750	€ 10.350.000	€ 10.350.000	5.525		
Clusterbuffer	9	100%		358	€ 300	/m3	€ 107.263	€ 965.370	€ 965.370		113	405
Sectornet	360	100%			€ 800	/m'	€ 800	€ 288.000	€ 288.000	5		
Bronnen Zth	-	100%	2,94	3,9	638	€ 298	€ 1.169	€ -	€ -	-	-	-
Bronnen PV	-	100%	0,40	1,6	225	€ 240	€ 384	€ -	€ -	-	-	-
Effluentbron	1	100%	2153		€ 200	/kWp	€ 430.695	€ 430.695	€ 430.695	2.153	18.320	65.952
Regeneratie WKO bronnen	-	100%			€ 500	/kWp	€ -	€ -	€ -	-	-2.850	-10.259
Asub energiecentrales	3.218	100%	5		€ 1.500	/kWp	€ 7.542	€ 24.270.724	€ 24.270.724	16.180		
Totalen							€ 50.478.592	€ 50.478.592				

Capex totaal											€	50.478.592				
toeslagen											15%	€	7.571.789			
Capex incl toeslagen											€	58.050.381				
Subsidie op investering											10%	€	5.047.859			
Subsidie op jaarbasis											€	-				
Eigen Investering											€	53.002.522				
O&M en bedrijfsvoering											2,0%	€	1.009.572			
Bruto energievraag inclusief leidingverliezen			Warmte	29.377	MWh	Koude	5.181	MWh	balans warmte	24.195	MWh					
Geleverd door warmtenet na aftrek Elektriciteit				23.501	MWh		5.441	MWh								
Energie-uitwisseling			50%	2.591	MWh	uitwisseling % koud -> warm	2.591	MWh								
Te leveren energie				20.911	MWh		2.850	MWh		18.061	MWh					
Eglen warmteopwekking Zth				-	MWh		-	MWh								
Levering Effluentleiding				20.911	MWh		-	MWh								
Uit de WKO				-	MWh		2.850	MWh		-2.850	MWh					
Elektriciteit Asubs			CoP =	5	hoeveelheid	26.786	MWh	€	0,200	per kWh excl BTW	5.357.205	kWh,E	€	1.071.441		
Elektriciteit transport en hulpenergie			CoP =	20	hoeveelheid	23.501	MWh	€	0,200	per kWh excl BTW	1.175.070	kWh,E	€	235.014		
Elektriciteit eigen opwekking						-	MWh			per kWh excl BTW	-	kWh,E	€	-		
Elektriciteit inkoop per jaar											6.532.275	kWh,E	€	1.306.455		
BAK			16.180	kW,W	€	1.004,00	/kW,W		5.525	kW,K	€	750,00	/kW,K	€	20.398.397	
VR per jaar (levering warmte en warm tapwater, meettarief en huur afleverset)					€	134,00		€	2.168.185		€	120,00		€	663.016	
Verkoop energie per jaar			100.720	GJ,W/jr	€	35,00	/GJ,W	€	3.525.210	18.653	GJ,K/jr	€	-	/GJ,K	€	-
Eigen investering - BAK														€	32.604.125	
Jaarresultaat														€	4.049.688	
Lineaire TvT			jaar												8,1	

Alle bedragen exclusief BTW

Bijlage 5. Financiële berekeningen investmentcase

SUMMARY SHEET

Scenario	1	
----------	---	--

Financial Results XChains

Initial Investment				
Initial investment	€	58.922.352		89%
Operating costs and corporate tax	€	7.411.741		11%
Net Interest payments (short term)	€	-		0%
VAT payments	€	-		0%
Cash available	€	-		0%
Total		€	66.334.093	
Initial Funding				
Share Capital and Shareholder loans	€	6.530.438		10%
Bank loan and short term facility	€	28.551.069		43%
Connection Fees (BAK)	€	14.839.327		22%
Operating Revenues and net interest received	€	3.541.658		5%
VAT Received	€	-		0%
Connection Subsidies	€	12.871.600		19%
Total		€	66.334.093	
Maximum Bank account facility	€	4.932.669	in year	24
Maximum Cash Position	€	9.684.058	in year	2
All O&M Costs Phase 1 / Investment	7,56%	Average over concession, excluding		
Routine Maintenance Costs Phase 1 / investment	1,53%	Inflation		
<u>Internal rates of Return</u>		30	15	Duration in years
Project IRR	4,64%	-1,31%		
Share Capital IRR	10,19%	3,01%	€	3.492.414
Initial Shareholder Loan IRR	8,86%	8,86%	€	40.162.761
Blended Investment IRR	8,88%	6,19%	€	3.038.024
<u>Debt Service Cover Ratios</u>				
DSCR	1,73			
ADSCR (min value and period)	0,20	in year	24	

Average Costs House Connection (excluding VAT)

Upfront costs			
BAK per connection	Initial result	Adjusted Output	Adjustment
	€ 4.338	€ 4.338	0%
Connection subsidies Housing	€ 4.000	€ 4.000	0%
Annual Costs			
Fixed annual fee	€ 658	€ 658	0%
Total annual energy payments to XChains	€ 2.317	€ 2.317	0%
Total Annual Costs	€ 3.014	€ 3.014	

Scenario **ZEKER**

SUMMARY SHEET

Scenario	2	
----------	---	--

Financial Results XChains

Initial Investment				
Initial investment	€	55.582.477		92%
Operating costs and corporate tax	€	4.895.569		8%
Net Interest payments (short term)	€	-		0%
VAT payments	€	-		0%
Cash available	€	-		0%
Total		€	60.478.046	
Initial Funding				
Share Capital and Shareholder loans	€	5.467.407		9%
Bank loan and short term facility	€	24.074.917		40%
Connection Fees (BAK)	€	14.883.555		25%
Operating Revenues and net interest received	€	3.180.566		5%
VAT Received	€	-		0%
Connection Subsidies	€	12.871.600		21%
Total		€	60.478.046	
Maximum Bank account facility	€	2.913.405	in year	24
Maximum Cash Position	€	8.758.896	in year	2
All O&M Costs Phase 1 / Investment	5,13%	Average over concession, excluding		
Routine Maintenance Costs Phase 1 / investment	1,47%	Inflation		
<u>Internal rates of Return</u>		30	15	Duration in years
Project IRR	6,69%	1,22%		
Share Capital IRR	16,10%	11,95%	€	3.268.279
Initial Shareholder Loan IRR	9,11%	9,11%	€	37.585.204
Blended Investment IRR	11,56%	9,12%	€	2.199.128
<u>Debt Service Cover Ratios</u>				
DSCR	2,43			
ADSCR (min value and period)	0,60	in year		24

Average Costs House Connection (excluding VAT)

Upfront costs			
BAK per connection	Initial result	Adjusted Output	Adjustment
	€ 4.338	€ 4.338	0%
Connection subsidies Housing	€ 4.000	€ 4.000	0%
Annual Costs			
Fixed annual fee	€ 658	€ 658	0%
Total annual energy payments to XChains	€ 1.729	€ 1.729	0%
Total Annual Costs	€ 2.563	€ 2.563	

Scenario **HYBRIDE**

SUMMARY SHEET

Scenario	3	
----------	---	--

Financial Results XChains

Initial Investment			
Initial investment	€	60.829.036	91%
Operating costs and corporate tax	€	6.168.838	9%
Net Interest payments (short term)	€	-	0%
VAT payments	€	-	0%
Cash available	€	-	0%
Total	€	66.997.874	
Initial Funding			
Share Capital and Shareholder loans	€	4.825.071	7%
Bank loan and short term facility	€	23.222.683	35%
Connection Fees (BAK)	€	21.645.595	32%
Operating Revenues and net interest received	€	4.432.924	7%
VAT Received	€	-	0%
Connection Subsidies	€	12.871.600	19%
Total	€	66.997.874	
Maximum Bank account facility	€	6.555.801	in year 24
Maximum Cash Position	€	11.395.290	in year 2
All O&M Costs Phase 1 / Investment	3,68%	Average over concession, excluding Inflation	
Routine Maintenance Costs Phase 1 / investment	1,17%		
Internal rates of Return	30	15	Duration in years
Project IRR	7,93%	3,00%	
Share Capital IRR	20,13%	18,44%	€ 2.727.206
Initial Shareholder Loan IRR	8,45%	8,45%	€ 31.362.874
Blended Investment IRR	12,58%	10,88%	€ 2.097.865
Debt Service Cover Ratios			
DSCR	1,86		
ADSCR (min value and period)	0,23	in year	24

Average Costs House Connection (excluding VAT)

Upfront costs			
BAK per connection	€	6.338	€ 6.338 0%
Connection subsidies Housing	€	4.000	€ 4.000 0%
Annual Costs			
Fixed annual fee	€	890	€ 890 0%
Total annual energy payments to XChains	€	1.320	€ 1.320 0%
Total Annual Costs	€	2.596	€ 2.596

Scenario **FLEX**



Den Haag – Vruchtenbuurt

Scenario analyse ZLT warmtenet – Einde