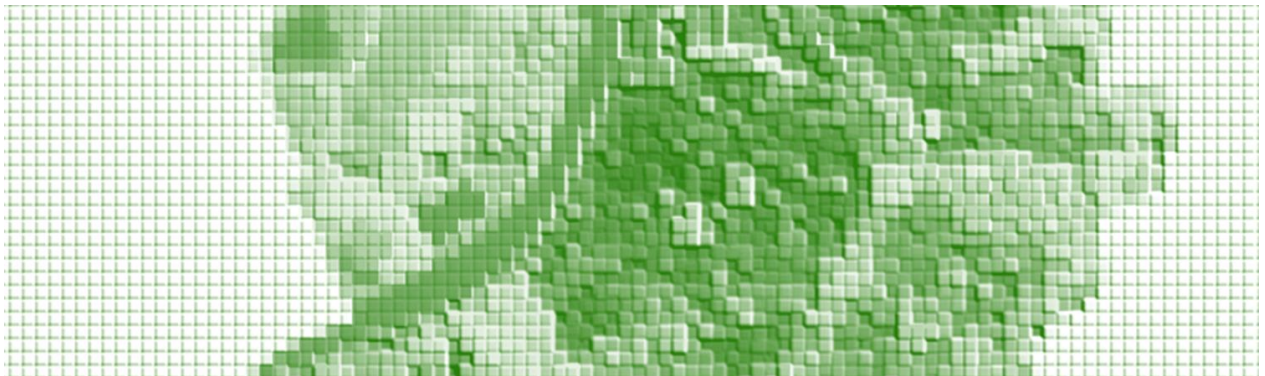


Strategische energievisie stad Antwerpen (SEViA)



PROJECTTEAM: Sam Verbelen (Stad Antwerpen)

Koen Enkels (Stad Antwerpen)

Britt Verhesen (Stad Antwerpen)

Bram Van Eeckhout (Fluvius)

Michael Casier (Fluvius)

Ward Boeraeve (Fluvius)

Johan Roef (Fluvius)

VERSPREIDING: Projectteam

PROJECTPARTNERS:



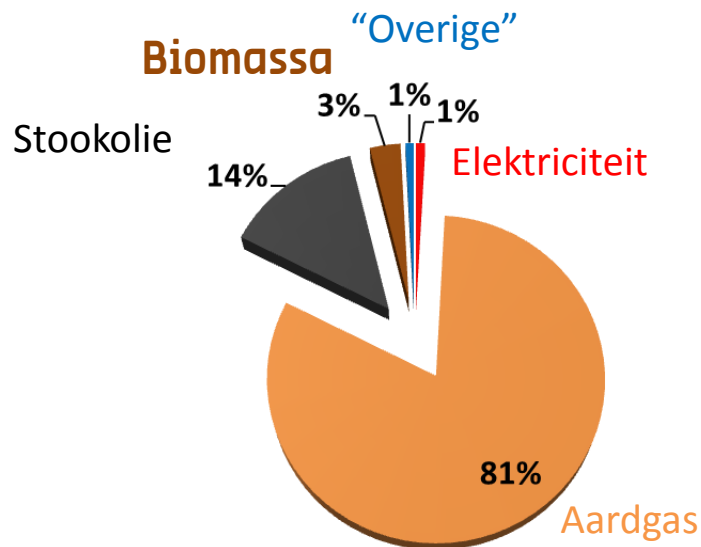
Inhoudsopgave

1	Context.....	5
2	Managementsamenvatting.....	8
2.1	Context.....	8
2.2	Aanpak.....	8
3	Scope en doelstellingen.....	16
4	Aanpak.....	18
4.1	Stakeholders.....	18
4.2	Werkpakketten.....	18
4.2.1	WP1: Dataverzameling en Inventarisatie.....	18
4.2.2	WP2: Verkenning energieconcepten.....	19
4.2.3	WP3: Vastleggen basisscenario en toekomstscenario.....	19
4.2.4	WP4: Technische analyse + resultaten.....	19
4.2.5	WP5: Economische analyse + resultaten.....	19
4.2.6	WP6: Opstellen van warmtezoneringskaart.....	19
5	Instrumentarium.....	20
5.1	Stedelijke databanken en GIS.....	20
5.2	Databanken en GIS distributienetbeheerders.....	20
5.3	Externe analyse en simulatietools.....	21
5.3.1	Europese markt.....	21
5.3.2	SEViA-model.....	22
6	Projectresultaten.....	23
6.1	Data verzameling & -inventarisatie.....	23
6.1.1	Definitie van resolutie en schaal.....	23
6.1.2	Vastleggen formaat/platform.....	24
6.1.3	Vastleggen benodigde data.....	24
6.1.4	Dataverzameling.....	25
6.1.5	Referentie jaren.....	26
6.2	Verkenning van de energieconcepten.....	27
6.2.1	Klantvraag.....	28
6.2.2	Conversietechnologieën.....	29
6.2.3	Netwerk.....	31
6.2.4	Duurzame energiebron.....	32
6.2.5	Energieconcepten.....	33
6.3	Vastleggen van huidige ruimtelijke context en de toekomstscenario's.....	38
6.3.1	Huidige situatie.....	38
6.3.2	Toekomstscenario's.....	45
6.4	Technische analyse en resultaten.....	47
6.4.1	Technische randvoorwaarden.....	47
6.4.2	Resultaten.....	51
6.5	Economische analyse en resultaten.....	55
6.5.1	HT Warmtenet.....	56
6.5.2	All electric.....	58
6.5.3	Hernieuwbaar gas.....	59
6.5.4	Vergelijking concepten.....	59
6.5.5	Resultaten economische parameters.....	61
6.6	Warmtezoneringskaart.....	62
6.7	Robuustheid model.....	69
7	Conclusies en verdere aanpak.....	73
7.1	Definitie pilotzones.....	73
7.2	Aansluitbeleid.....	74

7.3	Verdere verfijning van het SEViA model	75
8	Referenties.....	76
9	Bijlagen	77
9.1	Berekening renovatiepotentieel	77
9.2	Berekening kostprijs renovatie	82
9.3	Witteveen+Bos nota: analyse bronkosten en transmissiekosten	85
9.4	Witteveen+Bos nota: toelichting bij aanpassingen conversie- en renovatiekosten.....	93
9.5	Witteveen+Bos nota: toelichting berekening TCO warmtezonering	98

1 Context

In 2009 heeft de stad Antwerpen de Covenant of Mayors (CoM) ondertekend, waarin klimaatdoelstellingen worden vastgelegd. De stad engageert zich in haar bestuursakkoord 2019-2024 om in 2050 **klimaatneutraal** te zijn en bijgevolg geen fossiele brandstoffen meer te verbruiken. Uit de emissie-inventaris van 2016 blijkt dat er momenteel nog 95% verwarmd wordt via fossiele brandstoffen (Figuur 1). Het is belangrijk om oplossingen te vinden hoe de energievoorziening betaalbaar en betrouwbaar kan blijven en duurzaam kan worden. Deze studie focust zich integraal op de beleving van duurzame warmte via alternatieve bronnen.



Figuur 1: % aandeel in finaal energieverbruik huishoudens uit emissie inventaris 2016

Geen enkele duurzame technologie is momenteel op zichzelf in staat om de volledige warmtebehoefte op redelijke wijze in te vullen. De sleutel ligt in het gegeven om de beschikbare lokale warmtebronnen te combineren en ze zo optimaal mogelijk in te zetten. Door de warmtevoorziening collectief aan te pakken, kunnen de lokale potenties en aanwezige warmtebronnen beter ontgonnen worden. Ook worden de transportbewegingen tussen bron en conversie verkleind. De warmtebron waar er in Antwerpen het meest van ter beschikking is, is **restwarmte** vanuit de Haven, met onder meer de grootste Europese chemiecluster. Restwarmte is geen hernieuwbare warmte an sich, maar wel een slim inzetbare bron: er wordt energie gerecupereerd die anders wordt geloosd in de omgeving. Op die manier verkleint de noodzaak tot warmteopwekking. Het gebruik van restwarmte gebeurt hierbij bij voorkeur conform het cascadeprincipe¹: hoge drukken en temperaturen worden in eerste instantie gebruikt voor de processen die dit vereisen, en vervolgens wordt de meer laagwaardige warmte gebruikt in toepassingen als ruimteverwarming en sanitair warm water.

¹ Cascadeprincipe: zie ook Warmteplan van de Vlaamse Regering d.d. juni 2017, p5 : Visie 2020 en doorkijk naar 2030-2050, <https://www.energiesparen.be/sites/default/files/atoms/files/warmteplan.pdf>;

Om verder in kaart te brengen waar warmtenetten de beste keuze is en waar alternatieve warmtebronnen zoals warmtepompen meer optimaal zijn, is het project “**Strategische EnergieVisie Antwerpen**” (SEViA) opgestart², een samenwerking tussen de stad Antwerpen en Fluvius. SEViA is een ruimtelijke analyse die een kader wil bieden voor het lange termijn energiebeleid van de stad tegen 2050 wat betreft de warmtevoorziening. Het is geen volledig afgewerkte puzzel: de energietransitie is een dynamisch geheel waar de stad flexibel mee moeten kunnen omspringen. Dit vertaalt zich in een “**Warmtezoneringskaart**”, wat richting biedt bij het warmtebeleid van de stad Antwerpen en een gefundeerde basis vormt voor verdere energiebeleidsuitbouw.

De voorbije jaren werden binnen de stad Antwerpen reeds een aantal **warmteprojecten** opgestart, waar de focus voornamelijk op gebieden met nieuwbouw en renovatie ligt. De belangrijkste hiervan zijn:

- *Warmtenet Nieuw Zuid*, in aanleg sinds 2015, 2000 wooneenheden.
- *Warmteproject Noord* betreft de beleving van restwarmte van de industriële afval-energiecentrale van Indaver aan de sociale wooncomplexen in de wijken Luchtbal en Rozemaai in functie van een renovatieplanning. Ook enkele stedelijke gebouwen en een aantal industriële klanten in het Havengebied zijn potentiële afnemers.
- *Warmteproject Zuid* omvat de beleving van restwarmte aan de distributiegebieden Nieuw Zuid, Blue Gate en Terbekehof, samen met een cluster van distributiegebieden in de planningsfase (o.m. Kiel, Neerland, Lageweg). Afhankelijk van de uitkomst van het vergunningstraject rond de nieuwe verbrandingsoven van ISVAG en van de keuzes die gemaakt worden op basis van de uitkomst van het alternatieven onderzoek dat de Stad parallel met het vergunningstraject van de nieuwe huishoudelijke afvalenergiecentrale van Isvag lanceerde met de RFI (Request For Information), zullen deze clusters gevoed worden met restwarmte van de nieuwe verbrandingsoven van ISVAG via één langgestrekte backbone en/of met alternatieve warmtebronnen die kunnen ingezet worden voor de decentrale voeding via de warmte-eiland methodiek.
- De ontwikkeling van de *Slachthuissite* waarbij een warmtenet op aquathermie wordt onderzocht.
- Het onderzoek rond de restwarmte-uitkoppeling vanuit de *Agfa Gevaert* site te Mortsels.

Voor de aanleg en exploitatie van warmtenetten rekent de stad sinds 2017 op Fluvius Antwerpen, aan wie de **beheersoverdracht** van de activiteit warmte werd overgedragen (toen nog aan IMEA³ en IVEG⁴ voor hun respectievelijke werkingsgebieden).

Het doel van dit document is om een leidraad aan te leveren voor de verdere ontwikkeling van de warmtevisie 2050 voor de stad Antwerpen.

² 2017_CBS_03305, Duurzame stad: Opmaak Strategische Energievisie Antwerpen (SEViA) Projectovereenkomst met distributienetbeheerders (Eandis en Infrax)

³ 2017_GR_00307 d.d. 23/05/2017: IMEA - activiteit warmte. Beheersoverdracht – goedkeuring;

⁴ 2017_GR_00708 d.d. 10/11/2017: IVEG – activiteit warmte. Beheersoverdracht – goedkeuring;

2 Managementsamenvatting

2.1 Context

Op 9 januari 2009 ondertekende het Antwerps stadsbestuur de Covenant of Mayors (CoM), waarin klimaatdoelstellingen worden vastgelegd. De stad engageert zich in haar **bestuursakkoord 2019-2024** om in 2050 **klimaatneutraal** te zijn en bijgevolg geen fossiele brandstoffen meer te verbruiken. Het is belangrijk om oplossingen te vinden om de energievoorziening betaalbaar en betrouwbaar te houden en te verduurzamen. Door verschillende onderzoeken (door het Havenbedrijf en door de stad Antwerpen) is gebleken dat de restwarmte in de Antwerpse havenindustrie die momenteel verloren gaat, genoeg zou zijn om alle gebouwen in Antwerpen te verwarmen.

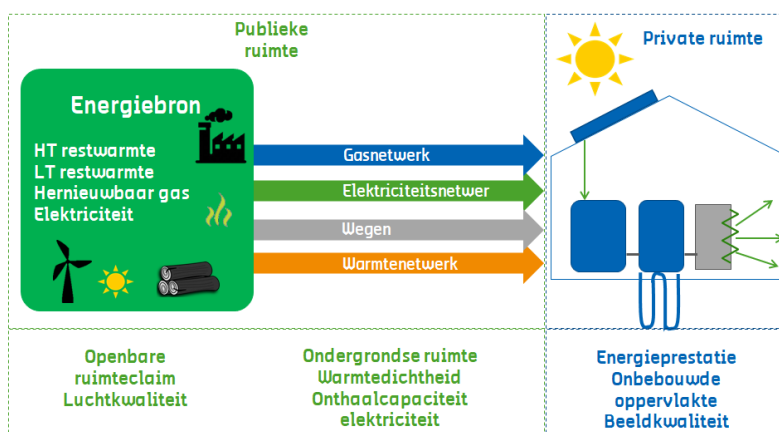
Om verder in kaart te brengen waar warmtenetten ingezet dienen te worden en waar alternatieve warmtebronnen zoals warmtepompen meer optimaal zijn, is het project “**Strategische EnergieVisie Antwerpen**” (SEViA) opgestart⁵, een samenwerking tussen Stad Antwerpen en Fluvius. SEViA is een ruimtelijke analyse die een kader wil bieden voor het lange termijn energiebeleid van de stad wat betreft de warmtevoorziening. Het is geen volledig afgewerkte puzzel maar wel een gefundeerde basis voor verdere energiebeleidsuitbouw. De energietransitie is een dynamisch geheel waar de stad flexibel mee moeten kunnen omspringen. Dit zal zich vertalen in een “**Warmtezoneringskaart**”.

2.2 Aanpak

Verkenning van de energieconcepten

Energieconcepten zijn mogelijke oplossingen voor een duurzame energietransformatie naar een klimaatneutrale stad. Er wordt in deze studie gefocust op warmteconcepten, aangezien warmte het grootste aandeel van het energieverbruik heeft.

Een energieconcept omvat een duurzame bron, een verbindende netwerk infrastructuur en een conversietechnologie en afgifte op gebouwniveau. Figuur 2 verduidelijkt het principe.

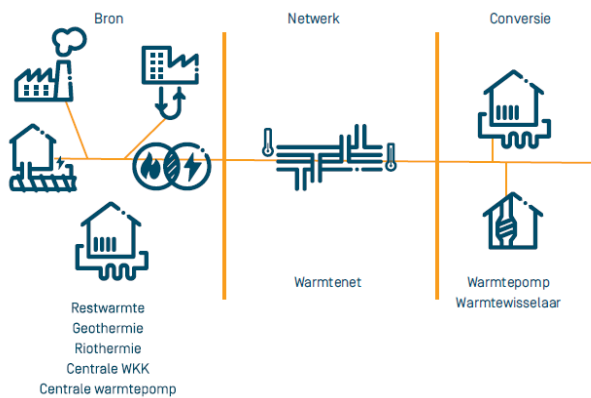


Figuur 2: principe energieconcept

⁵ 2017_CBS_03305, Duurzame stad: Opmaak Strategische Energievisie Antwerpen (SEViA) Projectovereenkomst met distributienetbeheerders (Eandis en Infrax)

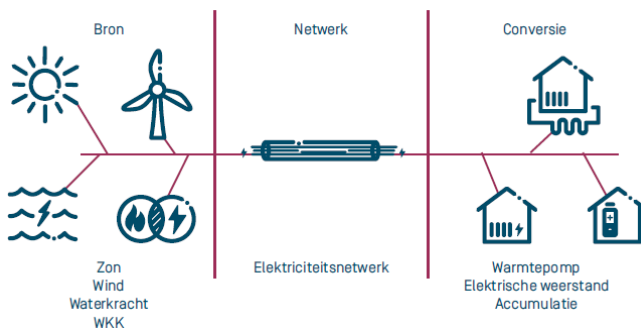
Uit de analyse van deze elementen zijn de volgende 4 energieconcepten gedefinieerd:

➤ **Warmtenetten**



In het concept warmtenetten wordt het aardgasnetwerk vervangen door een warmtenet. Het warmtenet wordt gevoed met restwarmte in de vorm van water bestaande uit industriële restwarmte, of met hernieuwbare bronnen als geothermie⁶ of riothermie⁷. Er wordt een onderscheid gemaakt naargelang het temperatuurniveau van het net (hoge, lage en zeer lage temperatuurnetten, respectievelijk HT, LT, ZLT). In de stad wordt er in eerste instantie gefocust op hoge temperatuurnetten. Geleidelijk aan kan de temperatuur dalen naar een lage temperatuurnet, dat samen kan gaan met een renovatieplan.

➤ **All Electric**

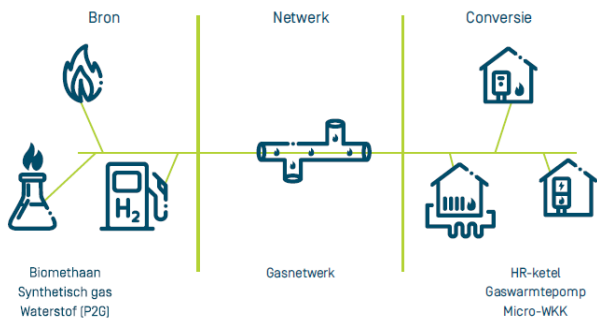


In het all electric scenario wordt enkel gerekend op het elektriciteitswerk om in alle energiebehoefte te voorzien. Er wordt gebruik gemaakt van warmtepompen. Aangezien zij enkel renderen bij een zeer performante bouwschil, kan dit enkel worden toegepast bij goed geïsoleerde woningen. Bijkomende investeringen in het elektriciteitsnet zijn waarschijnlijk noodzakelijk, omdat dit concept extra capaciteit vereist.

⁶ Geothermische energie, of aardwarmte, is energie die wordt gewonnen door gebruik te maken van het temperatuurverschil tussen de aardoppervlakte en diep in de aarde gelegen warmereservoirs.

⁷ Warmte en/of koude (terug)winnen, door middel van het riool, uit het rioolwater en de omliggende bodem en de (terug)gewonnen thermische energie hergebruiken voor verwarming en/of koeling en/of warm tapwater.

➤ Hernieuwbaar gas



Bij toepassing van hernieuwbaar gas zijn er nauwelijks lokale aanpassingen nodig aan het energiesysteem. Het vergroenen van het huidige aardgas kan onder meer door de productie van biomethaan en synthetisch methaan. Biomethaan wordt geproduceerd uit biogas dat vrijkomt bij het vergisten van organisch-biologische afvalstoffen. Synthetisch methaan wordt geproduceerd uit klimaatneutraal waterstofgas en afgevangen CO₂. Dit gebeurt doorgaans op een gecentraliseerde manier. Aardgasnetten kunnen ook omgebouwd worden naar waterstofgasnetten die klimaatneutraal groen (hernieuwbaar) of blauw (met CO₂ afvang en opslag/recyclage) waterstofgas transporteren. Belangrijk om op te merken dat de beschikbaarheid van hernieuwbaar gas op deze moment heel laag wordt ingeschat. Het is logischer om hernieuwbaar gas in te zetten op plaatsen waar hoogwaardige warmte nodig is. De warmte die nodig is voor het verwarmen van residentiële woningen wordt aanzien als laagwaardige warmte. Conform de “waterstofladder” krijgt het toepassen van duurzaam waterstofgas voor het verwarmen van gebouwen, douchen en koken bijvoorbeeld de laagste prioriteit⁸.

➤ Biomassa

In het biomassa-scenario wordt er geen gebruik gemaakt van het aardgasnet en zullen de eindgebruikers in grote mate zelf instaan voor de productie van warmte met behulp van biomassa. De biomassa wordt aangevoerd over het wegennetwerk. Omwille van de nadelen voor luchtkwaliteit in de stedelijke context (uitstoot fijn stof), wordt dit scenario voor de stad Antwerpen voorlopig niet verder onderzocht.

Vastleggen van huidige ruimtelijke context en de toekomstscenario's

Er wordt gewerkt met het detailniveau van de statistische sectoren, met uitsluiting van enkele type buurten, zoals infrastructuurgebieden en stedelijk groen. Deze buurten dienen afzonderlijk beoordeeld te worden los van deze modelmatige benadering. In de statistische sectoren die niet uitgesloten worden, zijn alle percelen gedefinieerd volgens de Tabula⁹ indeling. Tabula-EPISCOPE is

⁸ https://www.energiesparen.be/sites/default/files/atoms/files/20191030-Vlaamse_prioriteiten_waterstof_vanuit_energetisch_perspectief.pdf

⁹ http://episcope.eu/fileadmin/tabula/public/docs/brochure/BE_TABULA_TypologyBrochure_VITO.pdf

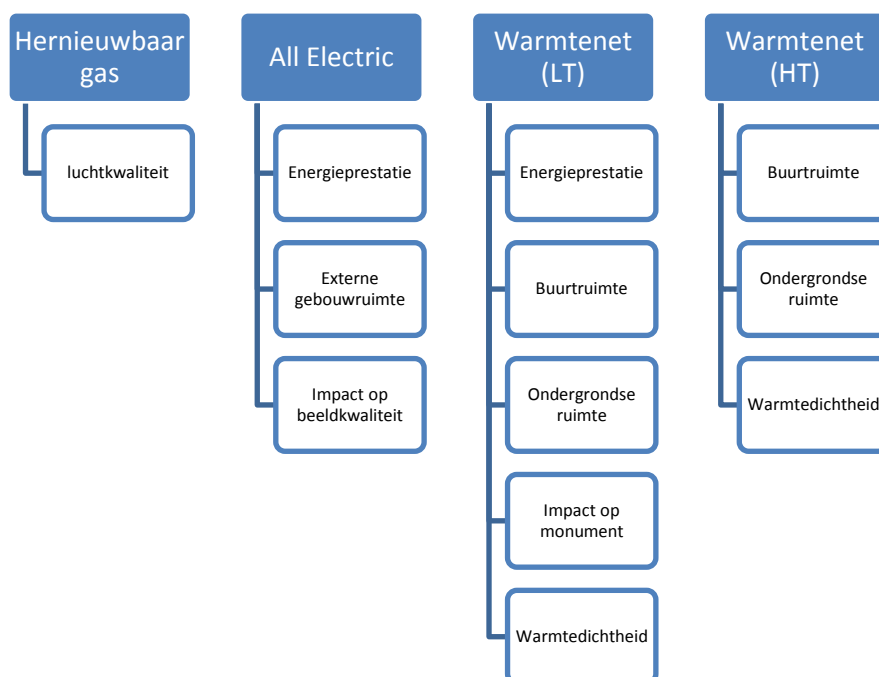
een Europees project om de energetische renovatie transparanter en effectiever te maken. Er zijn residentiële gebouwtypes gedefinieerd met bijhorende renovatiekosten, die in het SEViA model worden toegepast. Op deze manier krijgt ieder perceel een gebouwtype toegewezen. Deze toewijzing is nodig om de energieconcepten correct te kunnen doorrekenen.

Vervolgens is het toekomstscenario in 2050 bepaald. Er is rekening gehouden met het theoretische renovatiepotentieel. Om dit potentieel te bereiken moet er actief ingezet worden op het geven van stimulansen, informatieverspreiding en door actief beleid op Vlaams en stedelijk niveau. Op deze manier kan een verdere reductie van het energieverbruik gerealiseerd worden (infra doelstelling Klimaatplan) en zullen er meer scenario's haalbaar worden.

Om het warmteverbruik in 2050 te kunnen weergeven, wordt er een inschatting gemaakt van zowel de renovatiegraad, als de groei tot en met 2050. De geschatte groei tegen 2050 is in kaart gebracht door de studie van LaboXX¹⁰ voor de 20ste-eeuwse gordel. In het model werd tevens rekening gehouden met de geplande ontwikkelingsprojecten tot en met 2030 binnen de stad Antwerpen.

Technische analyse en resultaten

Om deze scenario's te kunnen toetsen aan de verschillende statistische sectoren, is er gewerkt met technische randvoorwaarden. Ieder concept heeft enkele specifieke voorwaarden die bepalen of het al dan niet weerhouden wordt. In Figuur 3 wordt dit verduidelijkt.



Figuur 3: energieconcepten met de relevante technische randvoorwaarden

De technische randvoorwaarden zijn:

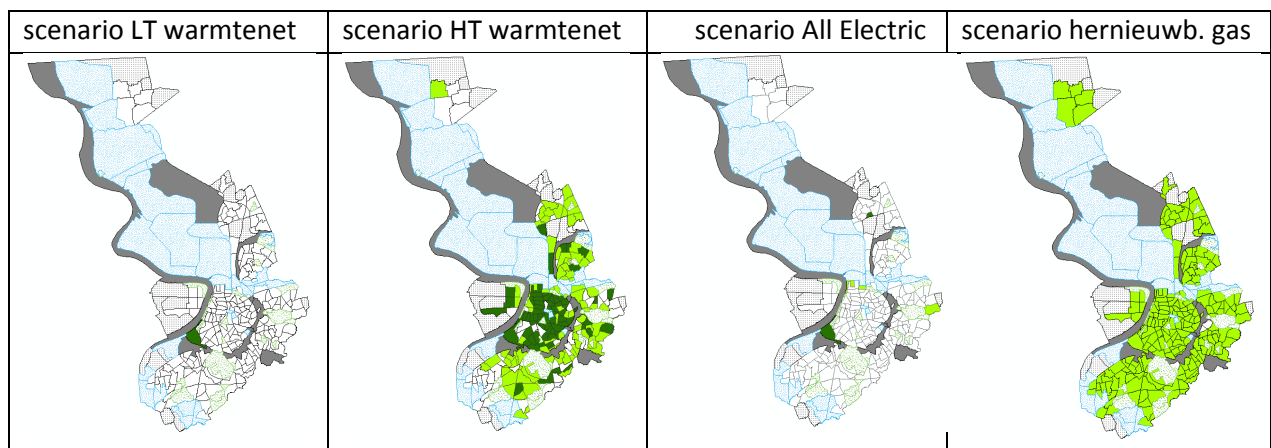
- **Energieprestatie:** Hoe goed presteren de gebouwen op energieniveau? In ieder scenario moet worden ingezet op een meer performante bouwschil om zo het verbruik te doen dalen. In sommige scenario's (bv. All Electric en LT warmtenetten) is dit een cruciale

¹⁰ <https://www.antwerpenmorgen.be/projecten/labo-xx/media>

randvoorwaarde, omdat het anders niet economisch en energetisch te verantwoorden is. De randvoorwaarde beschrijft hoeveel % woningen er reeds gerenoveerd zijn naar de Bijna Energieneutraal normen (BEN), die gelden voor nieuwbouw sinds 2012.

- **Buurtruimte:** Hoeveel onbebouwde percelen zijn er in de betrokken sector? Voor bepaalde concepten is er extra ruimte nodig in het openbaar domein (bv. warmteoverslagstations).
- **Ondergrondse ruimte:** Deze randvoorwaarde wordt ingeschat door de straatbreedte. Dit geeft het theoretisch potentieel van ruimte in de ondergrond weer.
- **Externe gebouwruimte:** Is er nog ruimte op het bebouwde perceel? Bijvoorbeeld belangrijk in het geval van warmtepompen, aangezien dit systeem een buitenunit bevat.
- **Impact op beeldkwaliteit:** In sommige buurten in Antwerpen zijn de gevels beschermd of staan er veel monumenten. Dit heeft impact op de renovatiemogelijkheden. Er kan niet volledig gerenoveerd worden tot de Bijna-Energie-Neutraal(BEN)-normen.
- **Warmtedichtheid:** Hoeveel energie wordt verbruikt per meter? Hoe hoger de consumptie, hoe meer economisch rendabel de business case voor warmtenetten wordt.
- **Luchtkwaliteit:** Bij de luchtkwaliteit wordt het aandeel fijn stof bekeken. Dit is belangrijk in het hernieuwbaar gas scenario.

Iedere statistische sector krijgt voor iedere relevante randvoorwaarde een score tussen 0 en 2, waar 0 wil zeggen dat de technische voorwaarde niet voldaan is en 2 dat de deze meer dan voldoende scoort. Op deze manier worden alle randvoorwaarden in rekening gebracht voor ieder energieconcept. Voor de betrokken statistische sectoren in de stad Antwerpen worden volgende resultaten bekomen in het huidige scenario:

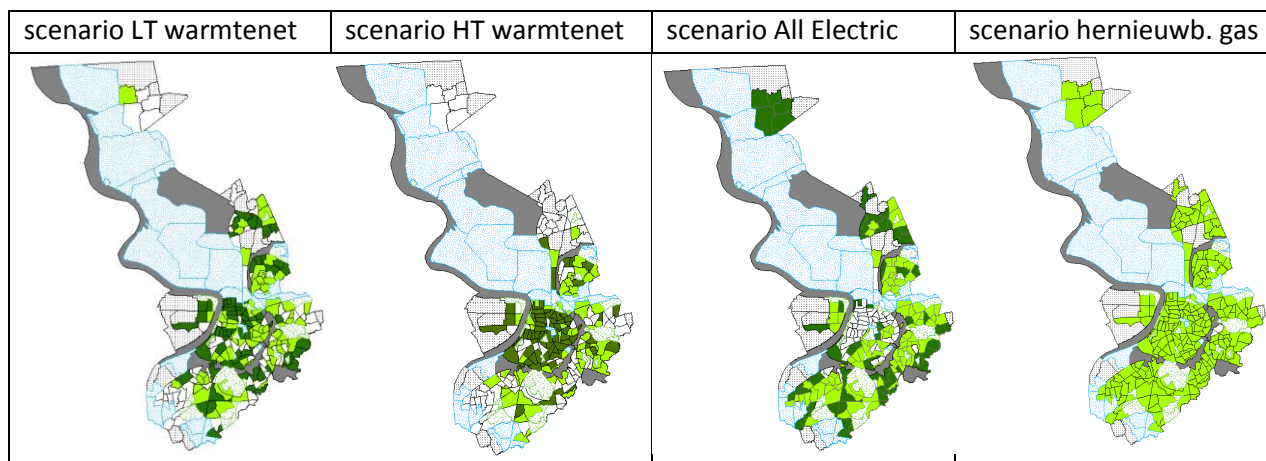


Figuur 4: resultaten technische analyse in de huidige situatie

Groen betekent dat het scenario gunstig is in deze statistische sector, donkergroen zeer gunstig. Een wit vlak betekent dat het energieconcept in de volledige wijk waarschijnlijk moeilijk inpasbaar is (één van de technische randvoorwaarden = 0).

Bij de lage temperatuur concepten (LT warmtenet en all electric) zijn er veel witte vlakken. Dit heeft voornamelijk te maken met de energieprestatievoorwaarde. In het huidige scenario zijn er nagenoeg geen woningen die voldoen aan de Bijna-Energie-Neutraal eisen van 2012.

Als de analyse wordt toegepast op het toekomstscenario van 2050, zijn de resultaten heel anders:



Figuur 5: resultaten technische analyse situatie 2050

De conclusie is dat de haalbaarheid van de verschillende scenario's volgens de technische randvoorwaarden realistischer wordt. Algemeen genomen komt in de kernstad het scenario HT of LT warmtenet er als beste uit. In de 20^e-eeuwse gordel zal eerder een "All Electric" scenario de voorkeur hebben.

Om tot een verdere conclusie te kunnen komen, wordt er ook rekening gehouden met de high level economische impact, eveneens per statistische sector.

Economische analyse en resultaten

De technische analyse geeft een beeld over de theoretische mogelijkheid van de verschillende concepten, maar het zegt nog niets over de vergelijking onderling. Om dit verder te bepalen, is een economische analyse uitgevoerd. Om bepaalde energieconcepten te realiseren, zijn investeringen nodig in elk van de elementen van het concept zoals uitgelegd in Figuur 2.

- **Conversiekost:** De kostprijs van het aanpassen van de woning naar een ander energieconcept. Hierin zit ook de renovatiekostprijs die voor sommige scenario's noodzakelijk is (bv. all electric).
- **Distributiekost:** Dit beschrijft de kost van de netwerken waarlangs het transport verloopt van energie van de bron naar de afnemer. Het gaat over leidingen en/of kabels in de grond.
- **Bronkost:** de bronkost omvat de kosten voor productie van een energievectoor; de kostprijs voor het uitkoppelen van de restwarmte zit hier bijvoorbeeld in vervat. Het gaat eveneens over de energieproductie die nodig is om het betreffende energieconcept te exploiteren, bv. de nodige elektriciteit om een warmtepomp te gebruiken.

	CONVERSIE	DISTRIBUTIE TRANSPORT	BRONNEN
WARMTENET	Warmtewisselaar Aansluitkost op het distributienet	Warmtenetwerk	Restwarmte, Riothermie, Geothermie, bio-WKK
ALL ELECTRIC	Renovatie buitenschil Warmtepomp LT radiatoren Aansluitkost	Bestaand elektriciteitsnetwerk + eventuele verzwaring	Groene elektriciteitsproductie
HERNIEUWBAAR GAS	Gasketel Aansluitkost op het gasnetwerk	Bestaand gas distributienet	Synthetisch gas , biomethaan

Tabel 1: economische analyse energieconcepten

Het is belangrijk om niet enkel rekening te houden met de investeringskost (CAPEX), maar eveneens met de operationele kosten over een bepaalde termijn (OPEX). De OPEX kosten omvatten onder meer verbruikskosten van een energievecteur, onderhoudskosten en vervangingskosten. Op deze manier kunnen de concepten met elkaar vergeleken worden.

Warmtezoneringskaart

Voorgaande analyses maken het mogelijk om voor de stad Antwerpen een warmtezoneringskaart op te stellen. Dit is een dynamische kaart, die de economische gegevens weergeeft in een GIS-kaart. Het model achter de kaart, met de bijhorende parameters, kan steeds worden verfijnd bij nieuwe inzichten. De warmtezoneringskaart vergelijkt het warmtenet scenario met dat van all electric op basis van de Total Cost of Ownership per statistische sector.

Conclusies

Warmtenetten komen uit de analyse als een interessant concept voor meerdere statistische sectoren in de stad. Er zijn zones gedefinieerd die economisch het meest interessant zijn ten opzichte van de andere. Dit zijn:

- Linkeroever: deel Europark en omgeving
- Historische binnenstad
- Luchtbal / Rozemaai
- Het Eilandje
- Deurne Zuid (statistische sector R32-)
- Zone rond Fruithoflaan (statistische sector T111 en T412)
- Zone op het Kiel

Deze zones zijn (deels) mee opgenomen in het Plan Van Aanpak warmtenetten, dat in parallel is opgesteld met SEViA. Om te bepalen welke zones worden uitgekozen als pilotzones, is er eveneens gekeken naar grote infrastructuurwerken die eraan komen, renovatieprojecten en grote verbruikers.

Voor het all electric scenario zijn eveneens enkele interessante zones benoemd, namelijk:

- Zandvliet / Berendrecht
- Ekeren
- Hoboken (zuidkant)

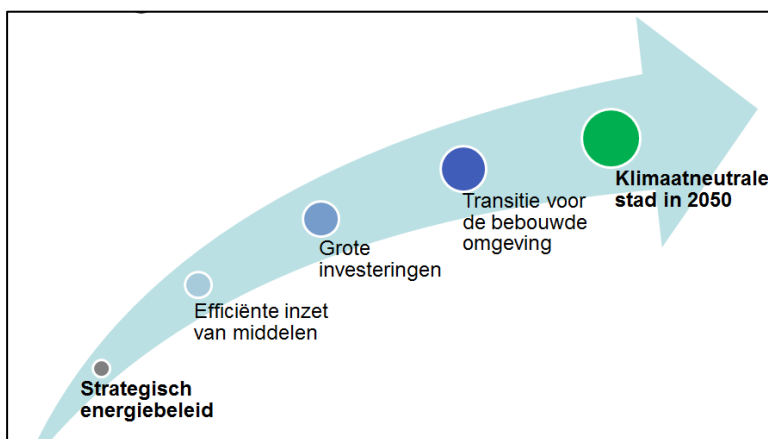
Naast een Plan Van Aanpak voor de pilootzones, moet er een aansluitbeleid worden uitgewerkt. Dit houdt in dat er per energieconcept een maatregelenmix moet worden vastgelegd, om aansluitingen op het voorkeursscenario aan te moedigen. Hier kan de warmtezoneringskaart voor worden ingeschakeld. De uitwerking hiervan is gepland voor einde 2020.

De resultaten worden verder doorvertaald naar de burger door middel van een draaiboek 'wijkwarmte'. Hierin zit het communicatieplan vervat. De vertaling zal organisch groeien door middel van de lessons learned in de bovengenoemde pilootzones.

3 Scope en doelstellingen

In 2016 werden de laatste energie-aanbodkaarten voor de stad Antwerpen opgeleverd. Samen met de al eerder opgeleverde energievraagkaarten stelt deze data ons in staat om in een volgende stap het stedelijke energievraagstuk strategisch te benaderen. Hiervoor zal de bulk van gegenereerde data in een analytisch kader verwerkt moeten worden. Zo kan er in een aantal scenario's worden uitgemaakt welke infrastructuur en instrumenten noodzakelijk, mogelijk en wenselijk zijn voor de realisatie van de klimaatdoelstellingen. Het einddoel is daarbij het bereiken van de klimaatneutraliteit in 2050.

Dit project confronteert de diverse aspecten van deze uitdaging met elkaar om zo te komen tot een stadsbrede visie op de energievoorziening, in het bijzonder met betrekking tot invullen van de warmtevraag. SEViA is nodig om de beschikbare tijd en middelen op een zo effectief en efficiënt mogelijke wijze aan te wenden. De energietransitie zal de komende jaren sneller en ingrijpender moeten worden.



Figuur 6 Energiebeleid

Het ruimtelijke aspect zal één van de belangrijke parameters zijn. Energie-infrastructuur maakt zowel boven- als ondergronds ruimteclaims. In de ondergrond zal er ruimte moeten zijn voor distributienetwerken, geothermie en riothermie, bovengronds is ruimte nodig voor bijvoorbeeld zonne-energie, grootschalige warmtepompen of warmtekrachtkoppelingen (WKK).

Het tijdsaspect is eveneens erg belangrijk. Door in te spelen op onderhouds- en vernieuwingsplannen of nieuwe stadsontwikkelingen en grootschalige renovaties kunnen belangrijke kostenbesparingen worden gerealiseerd. Finaal moet de energievisie voldoende rekening houden met het draagvlak bij de bewoners, bedrijven en bezoekers.

Het resultaat van het onderzoek moet als het ware een ruimtelijke vertaling en aanvulling zijn van de energiegerelateerde aspecten van het klimaatplan, inclusief de tijdsfactor. **SEViA biedt antwoorden op vragen als:**

- **Waar en wanneer worden best warmtenetten aangelegd?**
- **In welke gebieden is “all electric” zinvol?**
- **Welke aanpassingen nodig zijn aan de bestaande energie-infrastructuur?**

Meer dan alleen aan te geven welke ingrepen noodzakelijk en haalbaar zijn zal eveneens worden aangegeven waar en wanneer dit kan gebeuren. Zo kan een oplossing voor de ene wijk, niet haalbaar zijn voor een andere. Zo ontstaat een feitelijk routeplan voor de Antwerpse energietransitie.

SEViA bestaat enerzijds uit een catalogus van GIS-kaarten en anderzijds voorliggend toelichtingsdocument waarin aannames, bevindingen en duiding bij het GIS-resultaat staan. Er zal een werkbaar document in Excel worden opgeleverd, waarin de parameters kunnen worden bijgesteld. Zo kan de warmtezoneringskaart verder meegroeien met de nieuwe inzichten die zich de komende jaren volbrengen.

4 Aanpak

Om de gestelde doelstellingen te behalen wordt er gewerkt met een **scenarioanalyse**. Voor elke statistische sector van de stad wordt er een basisscenario en een toekomstscenario 2050 uitgewerkt. Deze worden geanalyseerd op de ruimtelijke impact, de impact op de stedelijke klimaatdoelstellingen, de technische en economische haalbaarheid. Het uitwerken van deze scenario's gebeurt op basis van geogerefererde en statistische data en in overleg met de diverse stakeholders.

4.1 Stakeholders

De geïdentificeerde stakeholders worden betrokken binnen de projectstructuur zoals uitgetekend in Figuur 7.



Figuur 7 Projectstructuur

4.2 Werkpakketten

Het werk werd gestructureerd in 6 werkpakketten:

4.2.1 WP1: Dataverzameling en Inventarisatie

De benodigde data wordt geïdentificeerd en verzameld, opgevolgd en geactualiseerd. Er wordt niet enkel gewerkt met data beschikbaar in stedelijke databanken, maar eveneens de databanken van de

partner Fluvius leveren belangrijke gegevens aan (voor zover ze geen inbreuk betekenen op de wet op de bescherming van persoonsgebonden gegevens).

Oplevering: metadatatdefinitie + oplevering van datasets

4.2.2 WP2: Verkenning energieconcepten

Een duurzaam energieconcept bestaat standaard uit een klantvraag, conversie- en afgiftesysteem, een netwerk en een duurzame warmtebron. In dit werkpakket worden de verschillende criteria bekeken en worden er 4 energieconcepten gedefinieerd. De weerhouden concepten zijn: warmtenetten op hoge en lage temperatuur, all electric met warmtepompen en hernieuwbaar gas.

Oplevering: Definitie en selectie van mogelijke energieconcepten

4.2.3 WP3: Vastleggen basisscenario en toekomstscenario

Het basisscenario van de stad Antwerpen wordt in dit pakket vastgelegd. Het betreft de ruimtelijke context van de stad. De verschillende buurten worden gedefinieerd via een GIS-analyse en er wordt een type woning toegekend per perceel. In de toekomstscenario's wordt er een projectie gedaan naar 2050, met zowel een uitspraak over de verdichting als over het renovatiepotentieel. Op deze manier wordt er bepaald hoe toekomstbestendig de gekozen energieconcepten zijn.

Oplevering: Vastleggen basisscenario en toekomstscenario

4.2.4 WP4: Technische analyse + resultaten

Aan ieder energieconcept zijn er enkele technische randvoorwaarden verbonden, die het concept al dan niet mogelijk maken in een bepaalde ruimtelijke zone. De koppeling tussen de randvoorwaarden en de energieconcepten wordt in dit pakket gemaakt. De technische analyse per energieconcept wordt uitgevoerd in het basis- en toekomstscenario. De resultaten hiervan worden besproken en uitgezet in GIS.

Oplevering: Vastleggen technische randvoorwaarden + resultaten

4.2.5 WP5: Economische analyse + resultaten

De verschillende delen van het energieconcept worden gekwantificeerd in de economische analyse. In dit werkpakket wordt de werkwijze uitgelegd en gevisualiseerd.

Oplevering: Vastleggen economische parameters + resultaten

4.2.6 WP6: Opstellen van warmtezoneringskaart

In dit werkpakket wordt de verzamelde input samengevoegd tot een warmtezoneringskaart. Deze kaart stelt per statistische sector een voorkeursscenario vast op gebied van warmtevoorziening. Dit zal een dynamische kaart zijn, die jaarlijks kan worden aangepast in functie van nieuwe inzichten.

Oplevering: Finale visietekst ondersteund door de grafische voorstelling van de rekenresultaten. Een ruimtelijke presentatie van de resultaten.

5 Instrumentarium

De gewenste analytische benadering van de energietransitie en energieplanning vraagt om een aangepast instrumentarium dat in staat is om met gedetailleerde data te werken en complexe analytische rekenmethodes toe te passen. Dit type van analyses kan enkel uitgevoerd worden als er gebruik gemaakt kan worden van bepaalde softwaretoepassingen. Omdat de ruimtelijke component zo belangrijk is in de analyse, zullen kaarten uit een geografisch informatiesysteem (GIS) steeds de basis vormen.

5.1 Stedelijke databanken en GIS

Het stedelijke GIS levert informatie over energieaanbod -en vraag, de stedelijke infrastructuur, openbaar domein en de gebouwen, statistieken in verband met demografie, economie, ruimtegebruik,... De stad beschikt over enkele ervaren medewerkers die diepgaande analyses kunnen uitvoeren op deze gegevens en hun onderlinge verbanden. Deze analyses kunnen bijkomende datasets opleveren die als input dienen voor de gewenste simulatie van energieconcepten.

5.2 Databanken en GIS distributienetbeheerders

De netbeheerders beheren de verbruiksgegevens van de klanten maar zijn uiteraard gebonden aan privacy reglementering bij het gebruik en analyseren ervan. De gegevens zijn via het aansluitpunt (EAN) georganiseerd in een GIS. Elk aansluitpunt en de daarbij behorende gegevens beschikt aldus over een set coördinaten welke toelaat om de gegevens ruimtelijk weer te geven en daarop databewerkingen uit te voeren.

Naast de energiegegevens beschikken de distributienetbeheerders eveneens nog over gegevens over hun infrastructuur. De gegevens over de ouderdom, waarde en capaciteit van deze infrastructuur zijn cruciaal om op een betrouwbare manier de haalbaarheid van toekomstscenario's te kunnen evalueren. Deze gegevens zijn wel geogerefererd maar daarmee moet omwille van veiligheidsredenen (kritische infrastructuur) omzichtig omgesprongen worden.

Via de openbare dienstverplichtingen zijn distributienetbeheerders verantwoordelijk voor het ondersteunen van energetische renovatie en hernieuwbare energieproductie. De gegevens van de uitgereikte renovatiepremies kunnen dienen om een beeld te krijgen van het renovatiepotentieel. De gegevens van groene stroom en warmtekrachtcertificaten geven inzicht in het benutte potentieel van hernieuwbare energie. Deze gegevens zijn onderhevig aan de privacywetgeving en kunnen enkel in geaggregeerde vorm worden benut.

Naast het beheer van deze gegevens beschikken de distributienetbeheerders eveneens over de knowhow om analyses te maken van huidige en toekomstige energie-infrastructuur.

5.3 Externe analyse en simulatietools

5.3.1 Europese markt

Op de Europese markt zijn diverse analyse en simulatietools beschikbaar. De meeste daarvan vragen een aanzienlijke investering in licenties en consultancy. In Tabel 2 worden enkele van deze tools vergeleken.

Naam	Eigenaar	Focus	Type tool	Opmerking	Link
Dynamische Energieatlas	VITO	Potentieel mapping, strategie bepalen	Desktop	Minder mate op strategie	http://ewds2.strath.ac.uk/Portals/51/Documents/Presentations/Riga/Presentation%205.pdf
Artelys Crystal City	Artelys	Energieconcept en- en kostanalyse	Desktop	Minder mate op strategie	https://www.artelys.com/en/applications/artelys-crystal-city
Smart Energy Planner	TAUW	Kostanalyse	Desktop	Minder mate op strategie	http://www.tauw.be/themes/energie/smart-energy-planner-sep/
iGUESS (Smart City Energy)	EU Interreg	Potentieel mapping, strategie bepalen	Webtool	Minder mate op strategie	http://iguess.list.lu/
Energy Transition Model	Quintel Intellegence	Maatregel impact analyse	Webtool	Geen energie-concepten-analyse	https://pro.energytransitionmodel.com/
Decision Support Environment	EU FP7	Energieconcepten & -efficiëntie-analyse	Webtool	Minder mate op strategie	http://urbantransform.eu/decisionsupportenvironment/
ECODISTR-ICT	EU FP7	Ruimteplanning, maatregel impact analyse	Desktop	Geen energie-concepten-analyse	https://ecodistr-ict.eu/
PLEEC	EU FP7	Energie-efficiëntie-planning	Webtool	Geen energie-concepten-analyse	http://model.pleecproject.eu/

Naam	Eigenaar	Focus	Type tool	Opmerking	Link
Energy Potential Mapping	TU Delft	Potentieel mapping	Desktop	Geen energie-concepten-analyse	https://www.researchgate.net/publication/233451136_Energy_Potential_Mapping_for_Energy_Producing_Neighborhoods

Tabel 2 Vergelijking analyse en simulatietools

Elke tool heeft zijn eigen toepassingsgebied, maar is er in het algemeen minder focus op cijfermatige analyse van haalbare energieconcepten en op het bepalen van energiestrategieën. Dit sluit minder aan bij de noden van de stad Antwerpen, waar reeds een goed contact is met de belangrijkste stakeholders en de meeste van de voorgestelde stappen reeds doorlopen zijn (waaronder inventarisatie van de emissies en het opstellen van actieplannen).

5.3.2 SEViA-model

Gezien de beperkingen van de reeds beschikbare tools, werkte het SEViA project zelf een model uit dat een antwoord biedt op de vragen met behulp van de projectgroep. Het model bestaat uit een Excel-tabel met parameters voor zowel de technische als economische analyse. Deze tabel kan steeds worden aangepast met nieuwe inzichten, om zo tot een dynamische warmtezoneringkaart te komen.

6 Projectresultaten

6.1 Data verzameling & -inventarisatie

6.1.1 Definitie van resolutie en schaal

De stad Antwerpen beschikt over gegevens betreffende de gebouwen en hun bewoners op verschillende schaalniveaus. De kadastrale percelen vormen de kleinste ruimtelijke schaal waarvoor gegevens beschikbaar zijn. Deze percelen komen in vele gevallen overeen met het schaalniveau van een enkel gebouw. Een groep percelen begrensd door straten vormt een bouwblok. Vandaag worden er op deze schaal geen data verzameld. Het bouwblok kan wel een zinvolle eenheid zijn voor de aggregatie van data die op een onderliggend schaalniveau, bijvoorbeeld percelen, beschikbaar is maar omwille van de bescherming van de privacy niet op die schaal kan gedeeld worden. Tot slot is er nog de schaal van de **statistische sector**. Dit is de schaal waarop zeer veel statistische informatie wordt verzameld, onder andere de data die terug te vinden zijn op “Stad in Cijfers”.

Het is belangrijk om bij het begin van het project vast te leggen welke data op welke schaal worden verzameld en eventueel geaggregeerd. Voorlopig wordt als uitgangspunt gehanteerd dat **alle data minimaal beschikbaar moeten gesteld worden op de schaal van een statistische sector**. De definitie van een statistische sector valt in dit document samen met het begrip “buurt”. Data die in oorsprong fijnmaziger zijn, worden door de respectievelijke beheerder (Stad Antwerpen of distributienetbeheerder) vastgelegd en indien nodig geaggregeerd op de kleinste schaal die de, eventuele, privacy-gevoeligheid van de data toelaat. Zo gaat detailinformatie niet verloren voor toekomstig gebruik.

De ruimtelijke data die verzameld zijn, kunnen worden geaggregeerd volgens verschillende schaalniveaus:

- Punten
- Polygonen
 - Wooneenheid/aansluiting
 - Gebouw
 - Perceel
 - Bouwblok
 - Statistische sector (buurten)
 - District
 - Stad
- Raster
 - 0.25 m x 0.25 m (DHMV II)
 - 50 m x 50 m
 - 250 m x 250 m
 - 1 km x 1 km
- Lijninfrastructuur
 - Straatsegment
 - Straatas

6.1.2 Vastleggen formaat/platform

Binnen de stad wordt de **ESRI** software (ArcGIS) gebruikt voor de bewerking van GIS databanken en bestanden. Elke daarmee **compatibele software en standaard** is bruikbaar als gemeenschappelijk platform.

6.1.3 Vastleggen benodigde data

De stad Antwerpen heeft zelf al een aanzienlijke hoeveelheid data ter beschikking met betrekking tot het **stedelijk patrimonium** en statistische gegevens over haar **inwoners**. Ook werden al gegevens verzameld met betrekking tot de **energievraag en het energieaanbod**. Deze moeten met het oog op het ontwikkelen van een strategische energievisie nog verder aangevuld worden. Onderstaande tabel geeft een overzicht van de gegevens die na eerste analyse noodzakelijk zijn voor het project.

Parameter	Data	Eigenaar	Schaal	Kwaliteit	Beschikbaarheid
Energievraag	Huidig energieverbruik kWh of kW	DNBs SA (studiedienst) Publiek	Puntgegevens (aansluitingen – DNB) Raster 50m/250m/ Straatsegment	Midden: data van 2012	Hoog
Energieprestatie/ isolatiekwaliteit	Bouwjaar van kadastragegevens	SA	Perceel	Midden: Niet volledig actuele data.	Hoog
	Energetische eigenschappen van de bebouwing van EPC-gegevens (energieprestatie, verwarmingsinstallatie)	VEA	Perceel	Hoog	Midden: Enkel voor verkochte/verhuurde gebouwen sinds 01/11/2008.
	Premiegegevens voor isolatie gebouwschil	DNBs	Statistische sector	Hoog	Hoog
	Isolatiegraad daken (thermofoto)	SA	Raster 0.25m	Laag (interpretatie m.b.v. eigenaar)	Hoog

Parameter	Data	Eigenaar	Schaal	Kwaliteit	Beschikbaarheid
				nodig)	
Ondergrondse ruimte	Straatbreedte	SA	Straatsegment	Laag	Laag
Externe gebouwruimte	Onbebouwde oppervlakte van kadastragegevens en gebouwgeometrie	SA	Perceel	Hoog	Hoog
Huidige warmteproductie	Premiegegevens voor zonneboiler en warmtepomp	DNBs	Statistische sector	Hoog	Hoog
Capaciteit elektriciteitsnetwerk	Onthaalcapaciteit van elektriciteitsnetwerk	Elia, DNBs	Statistische sector	Hoog	Midden
Investering netwerk	Ouderdom van netwerken	TNBs, DNBs	Statistische sector	Midden	Midden
	Investeringsplan van netwerken	TNBs, DNBs	Statistische sector	Hoog	Midden
	Projectplanning in openbaar domein	SA (beheer openbaar domein)	Straatsegment	Midden	Hoog

Tabel 3 Benodigde data

Het schaalniveau van de benodigde data is aangepast volgens de beschikbaarheid bij de eigenaren van de data.

6.1.4 Dataverzameling

De benodigde data worden verzameld en beheerd door de dienst Energie en Milieu in nauw overleg met de GIS-afdeling van stad Antwerpen, inclusief de opvolging van de datalevering en de actualisering van data. Wegens aggregatieniveau op niveau van statistische sector zijn de data niet op een bepaalde entiteit of persoon terug te brengen. Bijgevolg is de data in lijn met de GDPR-wetgeving.

6.1.5 Referentiejaar

In SEViA wordt 2012 beschouwd als referentiejaar, dit is eveneens het referentiejaar van alle beschikbare data met betrekking tot energievraag en consumptie. Bovendien kan het beschouwd worden als een kantelpunt voor de energieprestatie van gebouwen, vanwege de opgelegde maatregelen vanuit de overheid. Voor de huidige situatie wordt 2017 als referentiejaar genomen. Voor de toekomstige situatie wordt gerefereerd naar het jaar 2050, het jaar waarin de stad Antwerpen streeft naar klimaatneutraliteit.

Definitie klimaatneutraliteit

Vermits het uitgangspunt van deze studie het bereiken van een klimaatneutrale stad tegen 2050 is, moet deze helder gedefinieerd worden. In het kader van SEViA wordt er gekeken naar de klimaataspecten van de stedelijke energievraag. Er is gekozen voor een eerder eenvoudige invulling die niettemin toch de verdere uitwerking van deze studie een duidelijke richting kan geven.

De klimaatneutrale stad kan in zijn energiebehoefte voorzien zonder CO₂ emissies. Dit kan door hernieuwbare energiebronnen en/of door compenserende maatregelen. Een beperkt gebruik van niet hernieuwbare energiebronnen wordt enkel toegelaten voor reservecapaciteit (back-up). Indien hiervan gebruik wordt gemaakt, moet dit gecompenseerd worden met negatieve emissies, bijvoorbeeld een bio-energy carbon capture and storage (BECCS) centrale.

In het kader van SEViA wordt de energiebehoefte van de stad beperkt tot de energievraag ten behoeve van de verwarming en koeling (klimatisatie) van gebouwen en de productie van sanitair warm water op het Antwerps grondgebied met uitsluiting van het havengebied.

6.2 Verkenning van de energieconcepten

De Strategische Energievisie beoogt het aanduiden van oplossingen voor de transformatie naar een klimaatneutrale stad. In werkpakket 2 worden duurzame energieconcepten bekeken voor het grondgebied van stad Antwerpen. Het energievraagstuk vertrekt van zeer veel variabelen en kent ontelbare oplossingsrichtingen.

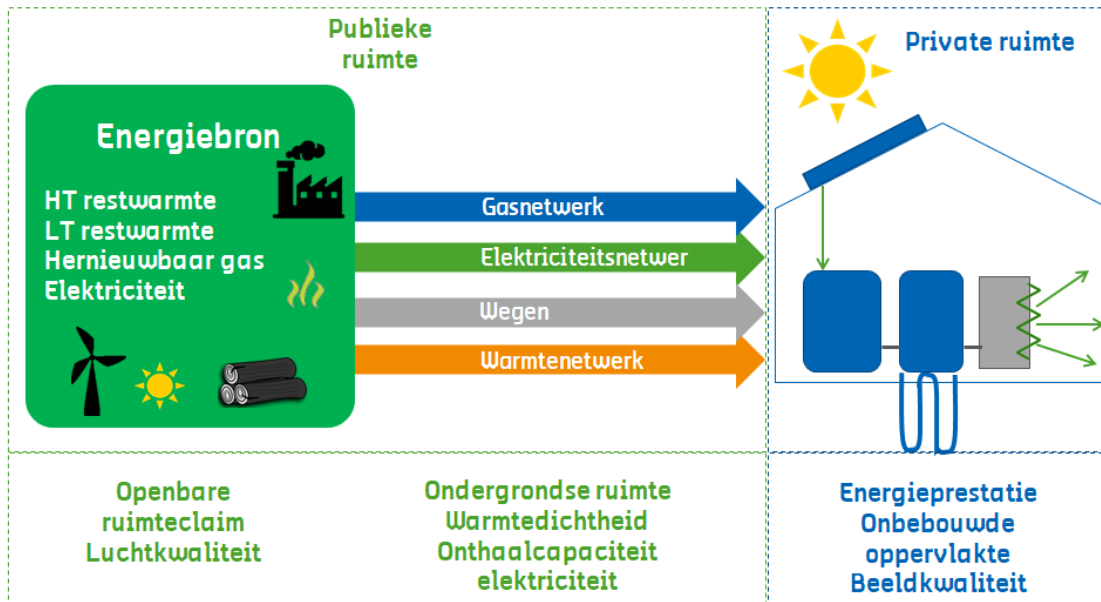
Definitie

Energieconcepten zijn de mogelijke oplossingen voor een duurzame energietransformatie naar een klimaatneutrale stad. De energieconcepten worden toegepast op wijkniveau en vormen samen met de omgevingsvariabelen de transitie-scenario's. In de eerste fase wordt gefocust op warmteconcepten aangezien warmte het grootste aandeel van het energieverbruik heeft. Koeling wordt meegenomen in de lijst van energieconcepten vanwege zijn samenhang met warmte. Bepaalde technieken kunnen warmte en koeling voorzien.

Een energieconcept omvat:

1. centrale (binnen openbaar domein) en lokale (privaat domein) energiebronnen;
2. de verbindende distributie-infrastructuur;
3. de benodigde conversietechnologie voor warmteproductie, warmteoverdracht, warmteopslag en warmteafgifte op gebouwniveau.

Figuur 8 verduidelijkt het principe:



Figuur 8 Principeschema energieconcept

Onder de energiebronnen in bovenstaand schema wordt begrepen: elke bron die ingezet kan worden om in de stedelijke energiebehoefte te voorzien. Daarbij moeten bepaalde bronnen nog wel geconverteerd worden naar de juiste energiedrager. Zo kan bijvoorbeeld biomassa uit de omgeving van Antwerpen worden geconverteerd naar elektriciteit en/of warmte maar ook biogas. Dit kan lokaal gebeuren met een installatie op het Antwerpse grondgebied maar evengoed buiten de

Antwerpse grenzen waarbij de energie wordt geïmporteerd via bovenliggende transportnetwerken voor elektriciteit, aardgas of warmte. De voorwaarde is telkens dat de aangeleverde energie voldoet aan de voorwaarde van klimaatneutraliteit.

Uitwerking energieconcepten

De keten van bron tot gebruiker kent vele elementen en vertakkingen. De controlerende invloed van de overheid is niet voor elk element van de keten even groot. Zo kan zij zeer direct ingrijpen op investeringen in het publieke domein, in het bijzonder de netwerkinfrastructuur. Om investeringen in het private domein te sturen, kan er ingegrepen worden via indirecte methodes zoals sensibilisering, premies, richtlijnen en reglementering. De basis van elk energieconcept is daarom wat zich op het publieke domein bevindt of gerealiseerd zou kunnen worden met inbegrip van eventuele private productie-installaties die een algemeen belang dienen.

De keuzes die worden gemaakt hebben uiteraard een invloed op elementen in de rest van de keten. In de eerste plaats is de energievraag van de bebouwing daarin bepalend. Bebouwing die in de toekomst met hoge temperatuur energieconcepten wordt voorzien van warmte, vraagt bijvoorbeeld om een gasnetwerk of hoge temperatuur warmtenet en warmtebron. Bebouwing die in de toekomst met lage temperatuur energieconcepten van warmte kan worden voorzien, vraagt bijvoorbeeld om een lokale opwekinstallatie (zoals een warmtepomp) en een voldoende zwaar elektriciteitsnet.

Een energieconcept bestaat uit de samenstelling van de **klantvraag**, de **conversietechnologie**, de noodzakelijke **netwerken** en de **hernieuwbare energiebronnen**. De beschrijving van een concept vertrekt steeds vanuit de energievorm die geleverd wordt bij de eindgebruiker, of anders gesteld de invulling van de gebruikersvraag. Vervolgens wordt gekeken welke conversietechnologie er bij de eindgebruiker nodig is om de energievraag te kunnen invullen. Ten slotte is er een externe bron nodig die de energie levert die via de netwerken tot bij de gebruiker wordt gebracht. Hieronder volgt een beschrijving van elk van deze vier elementen en de opties.

6.2.1 Klantvraag

De klantvraag bestaat naar analogie met de energievraagkaart uit:

- Warmtevraag voor ruimteverwarming
- Warmtevraag voor sanitair warm water
- Vraag voor ruimtekoeling
- Vraag naar elektrische energie voor andere toepassingen (huishoudelijke apparaten, verlichting, elektronische apparaten, pompen, ventilatie,...)

Omdat de warmtevraag voor ruimteverwarming afhankelijk van de energieprestatie van de woning op hoge of lage temperatuur (HT of LT) kan ingevuld worden, wordt hierin nog een onderscheid gemaakt. Hoge temperatuur warmtevraag stemt overeen met het klassieke verwarmingsregime (~90°C-70°C) en kan in elke woning worden toegepast. Lage temperatuurverwarming kent regimes die op lagere temperatuur werken (bijvoorbeeld 60°C-40°C) en vereist een goed geïsoleerde woning en een aangepast afgiftesysteem (vloerverwarming of lage temperatuur radiatoren met groot afgifteoppervlak). Tabel 4 verduidelijkt het verschil.

	bron	net	afgifte	geschikt voor
HT	70 - 120 °C	65 - 90 °C	60 - 85 °C	ruimteverwarming en rechtstreeks gebruik van sanitair warm water
LT	40 - 70 °C	40 - 65 °C	40 - 60 °C	ruimteverwarming. Sanitair warm water dient opgewaardeerd te worden
ZLT	0 - 40 °C	15 - 40 °C	30 - 40 °C	ruimteverwarming. Sanitair warm water dient opgewaardeerd te worden

Tabel 4: Temperatuur bereiken voor de aanvoertemperatuur van HT, LT en ZLT

6.2.2 Conversietechnologieën

Conversie

Conversietechnologie is de techniek die de aanwezige energie kan omzetten naar de gevraagde energievorm, zoals warmte of koeling. Groen gas bijvoorbeeld, kan omgezet worden in warmte door het te verbranden met behulp van een hoogrendement (HR)-gasketel. De warmte aangeleverd door het warmtenet moet enkel omgezet worden naar het juiste temperatuurniveau voor ruimteverwarming en sanitair warm water met behulp van een warmtewisselaar en eventueel mengkranen. Deze voorzieningen worden voor kleinere afnemers gecombineerd in een afleverset. Volgende conversietechnologieën worden geïdentificeerd:

Conversie op basis van verbranding

- HR-ketel, gasabsorptiewarmtepomp, micro-WKK...

Omzetten van gasvormige energiedrager naar warmte of combinatie van warmte en elektriciteit. Deze voorzieningen wijzen steeds op een centrale verwarming op niveau van de woon- of gebouweenheid.

Conversie op basis van elektriciteit

- Elektrische warmtepomp

Omzetting van warmte op lage temperatuur uit bodem, lucht of andere bronnen, al dan niet aangeleverd via een bronnet op zeer lage temperatuur naar warmte op een bruikbare temperatuur (hoge temperatuur of lage temperatuur). Meestal gecentraliseerd per wooneenheid.

Er bestaat eveneens compressiekoeling. Deze techniek onttrekt warmte aan een koelmedium en geeft deze doorgaans af aan de omgeving (lucht). In bepaalde gevallen kan deze afgegeven worden aan de bodem of een stedelijk koelnet. Het is dezelfde werkwijze als een elektrische warmtepomp, maar zo uitgevoerd dat deze enkel koelt.

- Elektrische weerstand (ruimteverwarming)

Deze zeer eenvoudige techniek produceert warmte uit elektriciteit met behulp van een elektrische weerstand. Toepassingen daarvan zijn elektrische vloerverwarming, infrarood stralingspanelen en accumulatieverwarming. Dit is weinig efficiënte technologie in vergelijking met een warmtepomp.

- Elektrische boiler (warm water)

Dezelfde techniek kan ingezet worden voor de productie van warm water dat in de meeste gevallen wordt opgeslagen in een voorraad vat. Er bestaan ook elektrische doorstroomapparaten, maar deze zijn minder courant.

Conversie op basis van een warmtewisselaar

- Warmtewisselaar

Overdracht van warmte uit het ene medium naar het andere. Bijvoorbeeld vanuit een stadswarmtenet naar het verwarmingscircuit in een woning en naar sanitair warm water. De warmtewisselaar maakt vaak deel uit van een afleverset die zowel sanitair warm water produceert als het water van het verwarmingscircuit opwarmt.

Deze techniek kan ook ingezet worden voor koeltoepassingen. De wisselaar geeft dan de door het koelmedium opgenomen warmte af aan een koeler medium bijvoorbeeld het water in een stadskoelingsnet of de bodem. Door de lage temperatuurverschillen zijn deze meestal omvangrijker en minder efficiënt.

- Absorptiekoeling

Deze techniek gebruikt de warmte uit bijvoorbeeld een stadswarmtenet om te voorzien in een koelbehoefte. De absorptiekoelmachine gebruikt warmte uit het stadswarmtenet om warmte te onttrekken aan een koelmedium en geeft deze af samen met de warmte uit het stadswarmtenet aan de omgeving. De uitgaande warmtestroom is dan op lage temperatuur. Een hoge temperatuur warmtebron resulteert dan in een koude stroom en een grotere warmtestroom op lage temperatuur.

Combinaties van bovenstaande

Bovenstaande conversietechnologieën kunnen eveneens gecombineerd worden. Denk aan een hybride warmtepomp, die de HR-ketel met elektrische warmtepomp combineert.

Warmteafgifte

- HT-radiatoren

Dit zijn de klassieke radiatoren die werken op het standaard temperatuurregime. Daarbij is de watertoevoer naar de radiator op 90° en heeft het uitgaande water een temperatuur van 70°. Het verschil werd afgegeven aan de omgeving door convectie en straling.

- LT-verwarming (vloerverwarming, LT-radiatoren, luchtverwarming)

Zelfde principe als de klassieke radiator maar met een groter oppervlak. Lage temperatuurverwarming kent meerdere temperatuurregimes. Voor een lage temperatuurradiator wordt er klassiek gerekend met een aanvoertemperatuur van 60° en een retourtemperatuur van 40°. Voor vloerverwarming is dat typisch 30° en 20°.

6.2.3 Netwerk

Via een netwerk wordt de energiedrager aangeboden aan de conversietechnologie en de omgezette energie wordt door de eindklant benut. De netwerken worden beheerd door de betreffende netbeheerders. Volgende netwerken zijn geïdentificeerd:

- Elektriciteitsnetwerk

Elektrische stroom kan door middel van diverse technologieën omgezet worden naar arbeid, licht, warmte of koude.

- Warmtenetwerk HT

Dit netwerk bestaat uit een aanvoerleiding dat water circuleert met een temperatuur van 70° tot 110° C en een retourleiding dat water met temperatuurverschil van 20 - 40 °C circuleert. De in de leidingen aangehouden temperaturen kunnen variëren naargelang de vraag en de plaats in het net (transport – hoofddistributie – distributie – aansluiting).

- Warmtenetwerk LT

Dit netwerk bestaat uit een aanvoerleiding dat water circuleert met een temperatuur van 70° tot 40° C en een retourleiding dat water met temperatuurverschil van 15 - 30 °C circuleert.

- Warmtenetwerk ZLT (bronnet)

Dit type netwerk transporteert de energie van een bron op zeer lage temperatuur (bijvoorbeeld bodemwarmte) naar de afnemer waar met behulp van warmtepompen warmte op de gewenste temperatuur wordt aangemaakt. De temperatuur in de aanvoerleiding van dit type netten is doorgaans 0 - 40 °C en een retourleiding met een temperatuurverschil van 10 - 20 °C .

- Gasnetwerk

Een distributie- en transportnetwerk voor gas, zowel voor gas van een hernieuwbare bron als voor aardgas.

- Wegennetwerk

Distributie van vloeibare en vaste brandstof zonder directe leiding gebeurt over de weg. Dit is bijvoorbeeld het geval bij hout(pellets), bio-ethanol, enz.

6.2.4 Duurzame energiebron

Hieronder wordt begrepen de bronnen die zijn aangesloten op de eerder beschreven netwerken. Bronnen en productiefaciliteiten die zich bevinden op het niveau van een wooneenheid worden hier uitdrukkelijk niet onder begrepen.

- Warmte HT (HT proceswarmte, diepe geothermie...)

Bronnen met een temperatuur van 120°C tot 70°C

- Warmte LT (LT proceswarmte, zonne-energie, geothermie)

Bronnen met een temperatuur van 40° tot 70°C. Dit type bronnen kunnen in principe nog rechtstreeks ingezet worden voor ruimteverwarming, mits de woningen voldoende energieperformant zijn en voorzien in een lage temperatuur afgiftesysteem. In de hogere temperatuur range, vanaf 60°, ook voor sanitair warm water.

- Warmte ZLT (riothermie, aquathermie, buitenlucht, ondiepe geothermie/bodemenergie...)

Bronnen met een temperatuur van 40°C tot 15°C of zelfs nog lager afhankelijk van de toepasbaarheid. Hiervoor is meestal een verhoging van de temperatuur nodig door een warmtepomp bij de bron of bij de afnemer.

- Hernieuwbaar gas (Biomethaan/synthetisch gas/waterstof)

Dit zijn alle hernieuwbare energiebronnen in gasvormige toestand voor zover ze kunnen beschouwd worden als directe vervanging voor het huidig gebruik van aardgas. Ze kunnen met andere woorden ingezet worden in de huidige infrastructuur met inbegrip van de conversietechnologie en netwerken. Eventueel noodzakelijke aanpassingen moeten minimaal zijn, zoals bijvoorbeeld noodzakelijk zal zijn bij de conversie naar hoogcalorisch aardgas. Deze zijn afkomstig uit industriële processen als restproduct of worden geproduceerd uit groene elektriciteit op momenten dat daarvan overproductie is. Methanisatie van biomassa is eveneens mogelijk voor zover de biomassa niet geschikt is voor hoogwaardigere toepassingen zoals voedsel of materialen. De Antwerpse biomassa-inventaris toont bovendien een zeer beperkt potentieel aan. Het is belangrijk dat daarbij steeds de ladder van Lansink wordt gevolgd en dat bijvoorbeeld biomassa pas in laatste instantie wordt ingezet voor energieproductie.

- Groene elektriciteit (zon, wind, waterkracht...)

Groene elektriciteit is in strikte zin geen bron maar een energiedrager. In dit geval wordt er verwezen naar elektriciteit die klimaatneutraal werd opgewekt. Het moet aantoonbaar zijn dat de productie ervan geen bijkomende emissies van broeikasgassen oplevert. Als dat toch het geval is, moeten deze emissies in latere fase opnieuw uit de atmosfeer gehaald worden (bijvoorbeeld biomassa). Evidente hernieuwbare bronnen zijn zon, wind, waterkracht en (ultra) diepe geothermie. Ook biomassa kan onder strikte voorwaarden een bron zijn voor de productie van groene elektriciteit. De stedelijke biomassa-inventaris geeft daar duidelijke richtlijnen en aanbevelingen voor.

- Biomassa (vast of vloeibaar)

Biomassa kan een hernieuwbare energiebron zijn als ze aan bepaalde voorwaarden voldoet. Biomassa heeft verschillende verschijningsvormen (vast, vloeibaar of gasvormig) en kan vaak omgezet worden van de ene naar de andere vorm. Zoals aangegeven in de stedelijke biomassa inventaris moet rekening gehouden worden met competitie tussen verschillende toepassingen van deze grondstof. Energieproductie komt daarbij op de laatste plaats. Het aanwenden van biomassa voor energieproductie gaat vaak gepaard met het verbranden ervan wat afhankelijk van de kwaliteit en het proces kan leiden tot, zeker in stedelijke / dichtbevolkte context, ontoelaatbaar hoge emissies van pollutanten zoals fijn stof, PAK, NOx en CO¹¹.

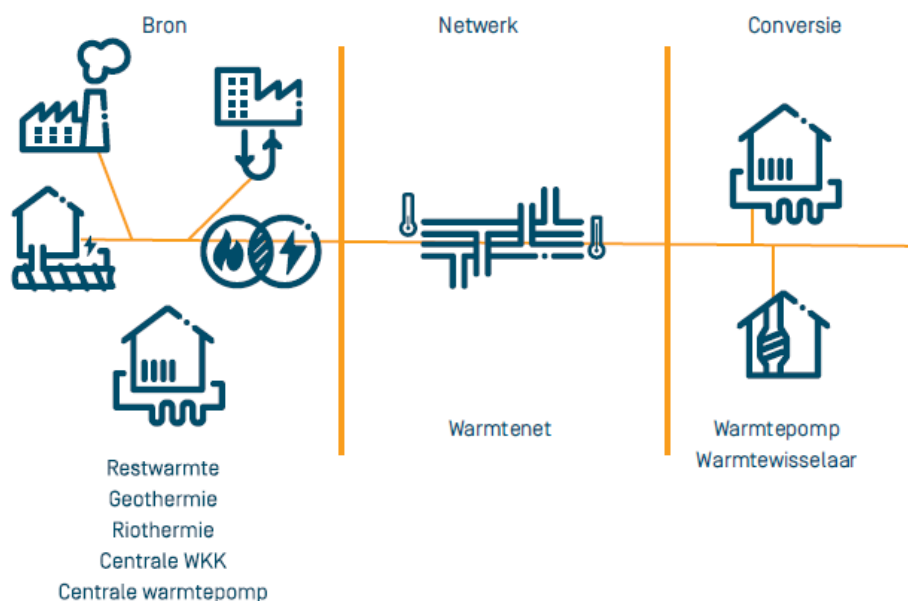
6.2.5 Energieconcepten

Bij de combinatie van voorgaande elementen (bronnen, netwerk en conversie), zijn 3 energieconcepten weerhouden. Omwille van de nadelen voor luchtkwaliteit in de stedelijke context, wordt het energieconcept *biomassa* niet mee opgenomen in de analyse. De *elektrische weerstandsverwarming* wordt eveneens niet mee beschouwd in het all electric scenario, omdat dit een weinig efficiënte technologie is in vergelijking met een warmtepomp. Deze technologie is enkel te overwegen in passiefwoningen.

De **3 energieconcepten** die opgenomen zijn in de analyse van SEViA zijn: warmtenetten (HT en LT), all electric met warmtepompen en hernieuwbaar gas.

¹¹ "Literature review of emissions of modern wood combustion devices and emissions reducing technologies, under real-life conditions" UA, in opdracht van VMM [link](#)

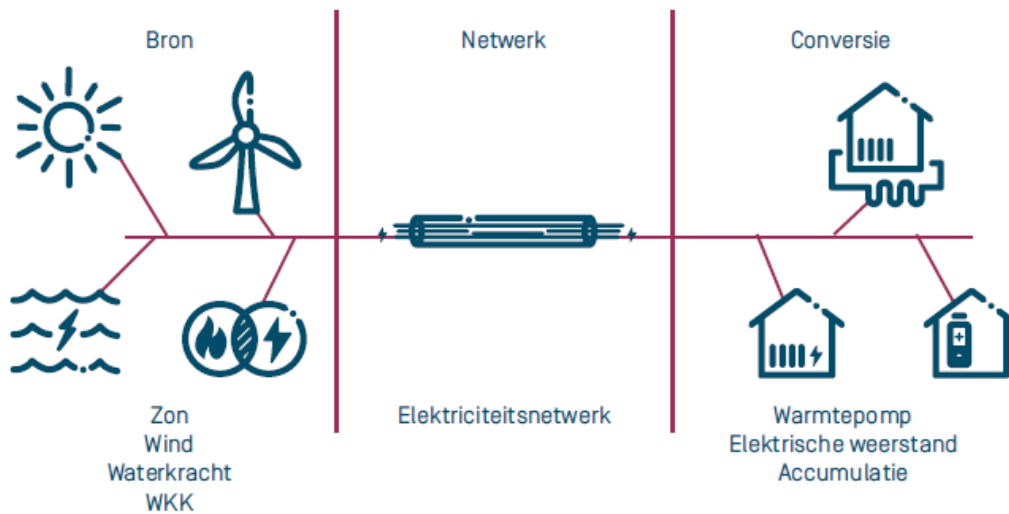
- **Warmtenetten**



Figuur 9: principe warmtenet

In deze concepten wordt het aardgasnetwerk, dat vandaag voor het grootste deel instaat voor de invulling van de warmtebehoefte via aardgasketels, vervangen door een warmtenet. Dit warmtenet wordt op zijn beurt gevoed met hernieuwbare energiebronnen, al dan niet in co-generatie, en met restwarmtebronnen. Een warmtenet bestaat in verschillende types (generaties genoemd) die onderling voornamelijk verschillen op het vlak van de aangeleverde temperatuur. SEViA focust vooral op de hoge temperatuurnetten (water op 90°C – 70°C), omdat deze relevant zijn voor het huidige patrimonium. De bedoeling is om de netten op termijn te verlagen in temperatuur en zo tot een lage temperatuurnet te komen. Het vervoer van de warmte loopt via 2 leidingen die instaan voor aan- en afvoer van warm water. Indien het een hoge temperatuurnet betreft, is het warm water direct bruikbaar om warmteafgiftesystemen te voeden. Een warmtewisselaar volstaat hiervoor.

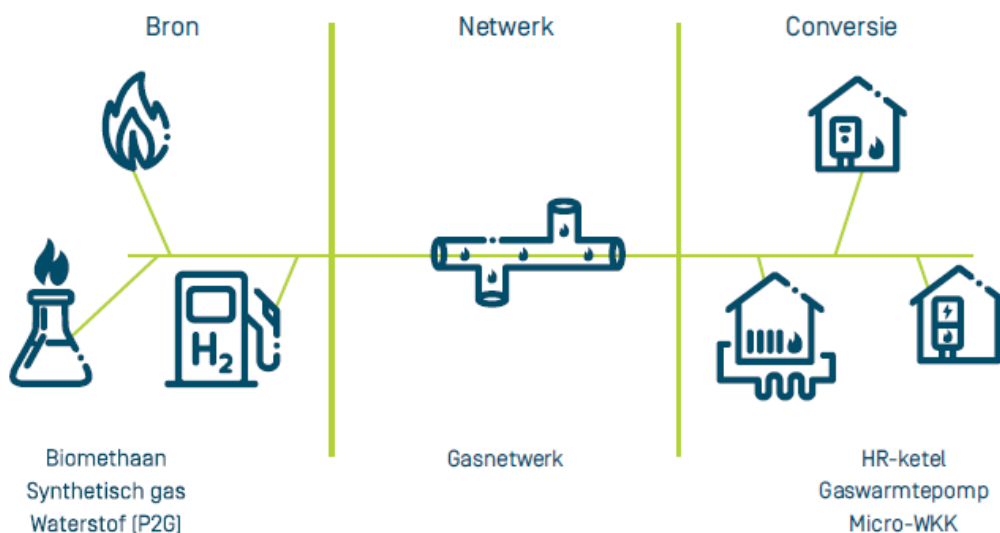
- All electric



Figuur 10: principe all electric

Bij het *all electric* scenario wordt enkel op het elektriciteitsnetwerk gerekend om in alle energiebehoefte van de afnemers te voorzien. Omdat elektriciteit een zeer hoogwaardige energievorm is, wordt steeds gebruik gemaakt van warmtepompen. Deze renderen pas bij een performante gebouwschil. Weerstandsverwarming is vanwege het lage rendement in vergelijking tot warmtepompen af te raden als hoofdverwarming. Weerstandsverwarming kan wel een rol spelen als bijverwarming of opwaarderen van warm water bij een warmtepomp of (Z)LT net. Het aardgasnetwerk wordt in dit scenario uit dienst genomen. Het bestaande elektriciteitsnetwerk kan gebruikt worden, maar de capaciteit zal vaak niet voldoende zijn om de bijkomende energiebehoefte voor verwarming volledig op te vangen. Hier zijn bijkomende investeringen noodzakelijk. Er zijn eveneens investeringen noodzakelijk op niveau van de gebouwschil, omdat dit een lage temperatuurconcept is. Dit kan enkel efficiënt ingezet worden bij een voldoende isolerende schil.

- Hernieuwbaar gas



Figuur 11: principe hernieuwbaar gas

In dit geval zijn er nauwelijks lokale aanpassingen nodig aan het energiesysteem. Om tot een klimaatneutrale wijk te komen, wordt gerekend op het vergroenen van het huidige fossiele aardgas. Dit kan onder meer door de productie van biomethaan en synthetisch gas met behulp van hernieuwbare bronnen. Dit zal doorgaans op een gecentraliseerde manier gebeuren, buiten de stad. Omdat de beschikbaarheid van hernieuwbaar gas beperkt is, is het verstandig waar mogelijk de gasvraag te reduceren door enerzijds energie-efficiëntere gebouwen en anderzijds met hybride warmtepompen.

Samenvatting

In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van alle vermelde concepten met de subcategorieën en de elementen waaruit ze bestaan.

	Hernieuw -baar gas	All electric	Restwarmte en koude	
		warmte- pomp	LT	HT
	1	2	4	5
Klantvraag				
Ruimteverwarming HT	X	X		X
Ruimteverwarming LT		X	X	
Ruimtekoeling	X	X	X	X
Warm water	X	X	X	X
Conversietechnologie en afgiftesystemen niv. gebouw (infrastructuur klant)				
HR-ketel, kachel, gaswarmtepomp, micro- WKK	X			
Elektrische warmtepomp		X		
Warmtewisselaar			X	X
Elektrische boiler (warm water)		X	X	
HT-radiatoren	X			X
LT-verwarming (vloerverwarming, LT- radiatoren...)		X	X	

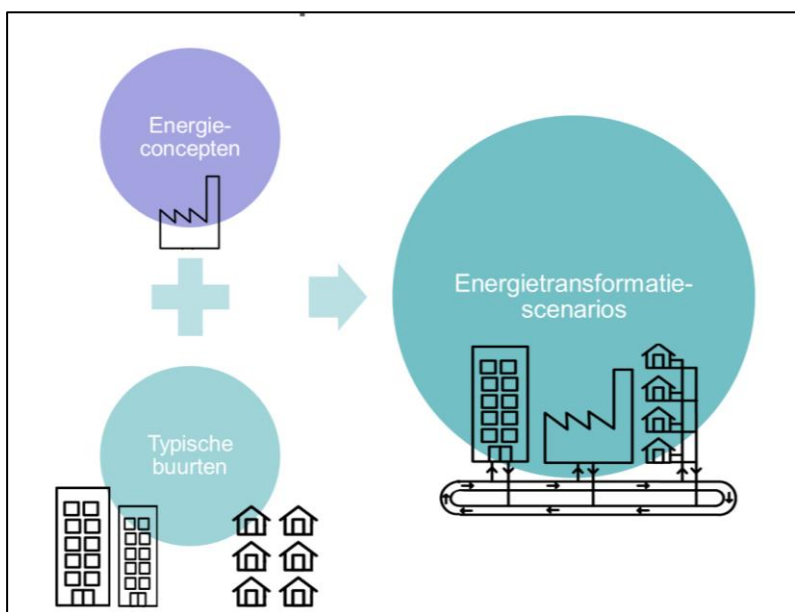
Netwerk (infrastructuur netbeheerder)				
Elektriciteitsnetwerk	X	X	X	X
Warmtenetwerk HT				X
Warmtenetwerk LT			X	
Gasnetwerk	X			
HE bron (productie zijde)				
Restwarmte HT (proceswarmte, diepe geothermie...)				X
Restwarmte LT (proceswarmte, riothermie, lucht, bodem, zon)		X	X	
Biomethaan / Synthetisch gas / Waterstof	X			
Groene elektriciteit (PV, wind, waterkracht)	X	X	X	X

Tabel 5 Matrix van mogelijke energieconcepten

6.3 Vastleggen van huidige ruimtelijke context en de toekomstscenario's

Omwille van de complexiteit is het noodzakelijk om het probleem op te delen. Indeling naar typische buurten is een vertrekpunt van dit werkpakket. De stad Antwerpen bezit verschillende types van buurten met specifieke karakteristieken, waarvoor elk buurttype een andere oplossingsrichting kent. Dit wordt een transformatiescenario genoemd. Een scenario bestaat uit één of meerdere energieconcepten die technisch en economisch haalbaar zijn voor een bepaald type buurt.

Om te komen tot energietransformatiescenario's voor alle buurten in de stad Antwerpen, worden de buurten eerst gekarakteriseerd en ingedeeld. Daarnaast zijn de opties van energieconcepten opgemaakt. Op basis daarvan kunnen de buurttypes gekoppeld worden met de geschikte energieconcepten.



Figuur 12 Principeschema energietransformatiescenario's

6.3.1 Huidige situatie

Typische buurten

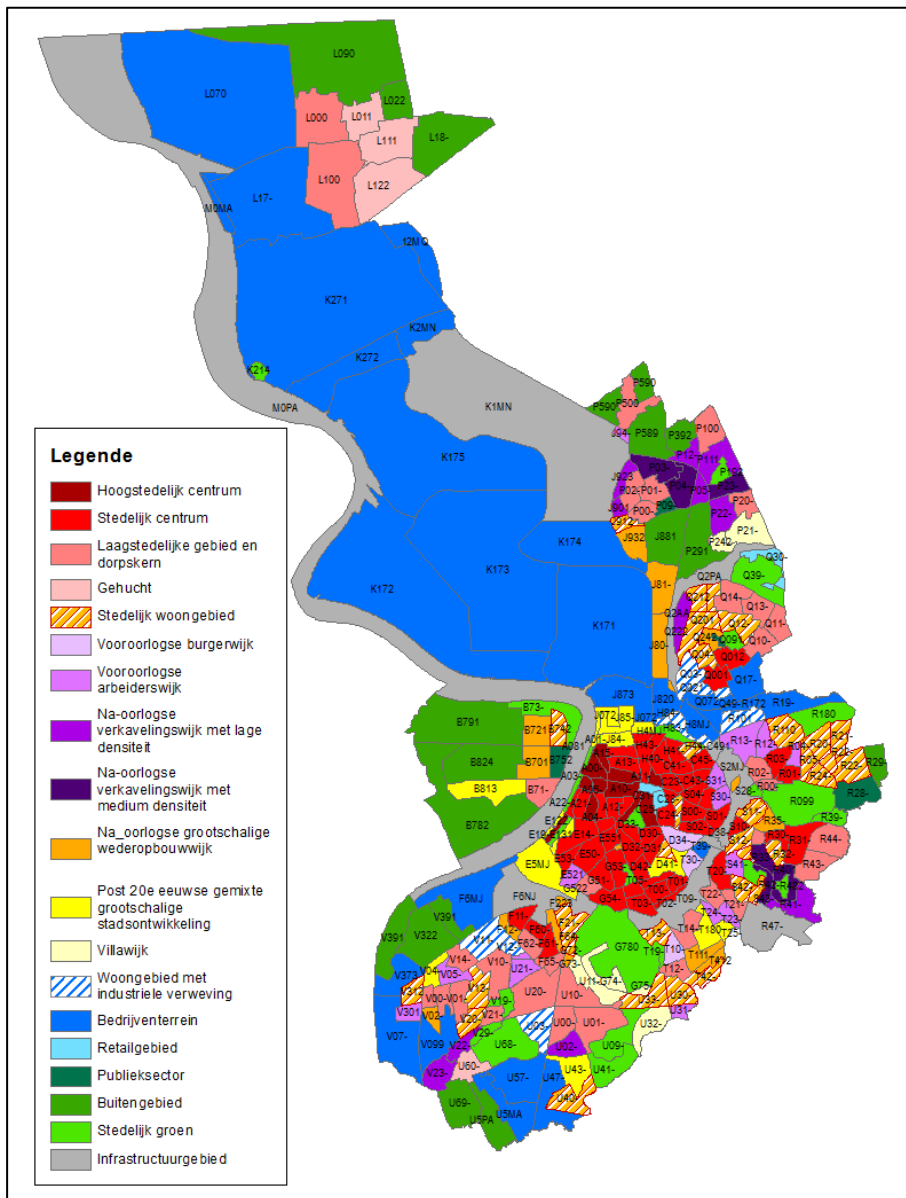
De grenzen van de buurten die SEViA hanteert, vallen samen met de grenzen van de statistische sectoren. Er zijn in totaal 298 statistische sectoren/buurten. De analyse gebeurt voor een aantal buurttypes in plaats van voor elke buurt. Met de kadastragegevens van gebouwen zijn de buurten gekarakteriseerd.

De indeling van een statistische sector gebeurt op basis van socio-economische, stedenbouwkundige en morfologische kenmerken. De belangrijkste kenmerken van de gebouwen worden gesommeerd per buurt om de karakteristieke eigenschappen van de buurt aan te tonen. Een type buurt "ontstaat" doordat er meerdere te onderscheiden statistische sectoren kunnen worden "herkend" door een GIS-analyse, waarvan de dominante kenmerken van de bebouwing/percelen en openbaar domein sterke gelijkenissen vertonen (bijvoorbeeld verkavelingswijken, stedelijk centrum, villawijken).

Er zijn vijf kenmerken gebruikt die de indeling in typische buurten bepalen:




















- Bestemming (woning, commercieel, industrie, publieke faciliteit)
- Dichtheid (hoog, midden, laag)
- Bouwjaar (voor,- naoorlog, post 20^e eeuw)
- Bouwstijl (herenhuis, arbeidershuis)
- Type constructie (open, halfopen, gesloten)

Voor elke hoofdcategory zijn er bijbehorende parameters die uitvoerbaar zijn in GIS. De analyse resulteert in 19 buurttypes, zoals aangetoond in Figuur 13 Indeling in type buurten.



Figuur 13 Indeling in type buurten

In onderstaande een overzicht van de verschillende buur typologieën geïllustreerd met een kenmerkend beeld.

1. → Hoogstedelijk centrum	2. → Stedelijk centrum	3. → Laagstedelijk gebied en dorpskern	4. → Gehucht
			
5. → Stedelijk woongebied	6. → Vooroorlogse burgerwijk	7. → Vooroorlogse arbeiderswijk	8. → Naoorlogse verkavelingswijk met lage dichtheid
			
9. → Naoorlogse verkavelingswijk met medium dichtheid	10. → Naoorlogse grootschalige wederopbouwwijk	11. → Post-20 ^e eeuw grootschalige stadsontwikkeling	12. → Villawijk
			
13. → Woongebied met industriële vererving	14. → Bedrijventerrein	15. → Retailgebied	16. → Publieke voorzieningen
			
17. → Buitengebied	18. → Stedelijk groen	19. → Infrastructuurgebied	×
			×

Tabel 6 Overzicht typebuurten

De precieze selectiecriteria van elke buurt wordt geduid in een apart document “Deelrapport typische buurten”, dat bij Stadsontwikkeling Energie en Milieu opgevraagd kan worden.

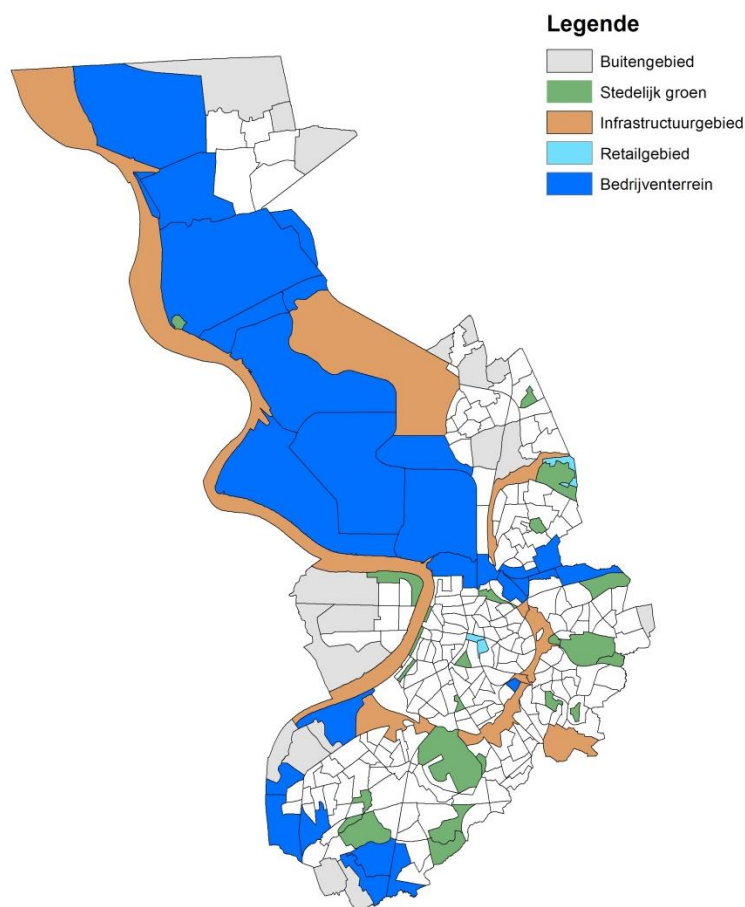
Voor elk type buurt kan vervolgens een set van scenario's of energieconcepten uitgewerkt worden. Deze zijn toepasbaar voor meerdere wijken die tot hetzelfde type behoren op basis van de bovenstaande parameters.

Uitsluiting van typewijken

Omdat de methode van SEViA sterk gericht is op residentiële gebouwen komt het voor dat er onzinnige resultaten worden weergegeven. Dit geldt in het bijzonder voor industriegebieden en zeer dun bevolkte gebieden. Om deze reden wordt ervoor gekozen om de onderstaande buurttypes uit te sluiten van de scoring.

- 14. Bedrijventerrein
- 15. Retailgebied
- 17. Buitengebied
- 19. Infrastructuurgebied

Voor type 18. Stedelijk groen moeten de uitkomsten met de grootst mogelijke voorzichtigheid geïnterpreteerd worden. Het gaat vaak om buurten met een grote oppervlakte die meestal een aantal stedelijke functies herbergen maar nauwelijks woningen bevatten. Het meest waarschijnlijke is dat zij voor hun energievoorziening zullen gebruik maken van het meest dominante energiesysteem in hun omgeving.



Figuur 14 Uitgesloten typebuurten

Tabula en Episcopo

Omdat er voor de berekening van de technische parameters meer detail nodig is dan enkel de type buurten, is er verder gezocht naar een Europese indeling per perceel. De **Tabula/Episcopo**¹² studie vormt een belangrijke basis voor de GIS analyse die werd gebruikt voor SEViA. Deze studie vertrekt van een Europese geharmoniseerde classificatie van het patrimonium om vervolgens typemaatregelen te definiëren en daarvoor de energiebesparing en economische rendabiliteit te berekenen. De classificatie gebeurt aan de hand van een typologie (vrijstaand, open, gesloten bebouwing, appartement) en de leeftijd van een gebouw. In de GIS-analyse voor SEViA wordt aan elk perceel één van deze geharmoniseerde tabula types toegekend.

Samengevat definieert Episcopo een categorisatie van 4 bouwtypes per bouwjaar:

- Single Family House: eenpersoonswoning (open bebouwing)
- Terraced House: eenspersoonswoning (gesloten of half open bebouwing)
- Multi Family House: meersgezinswoning met maximum 8 verdiepingen
- Apartment Block: grote appartementen

Bouw-jaar	Single Family House (SFH)	Terraced House (TH)	Multi Family House (MFH)	Appartment Block (AB)
> 1945				
1946 – 1970				
1971 – 1990				

¹² <http://episcopo.eu>

1991 – 2005				
2006 - 2011				
2012 <				

Tabel 7 Tabula Episcopa typologie woningen

Naast de geharmoniseerde typologie werd eveneens een Belgische versie opgebouwd door Vito, beschreven in een 'scientific report'¹³. Deze bestaat uit 25 types die licht afwijken van de originele Tabula classificatie. Er werd namelijk een onderscheid gemaakt tussen een ingesloten appartement en een appartement met een extra geveldeel blootgesteld aan de omgeving (zijgevel).

CURRENT STATE	≤1945	1946-1970	1971-1990	1991-2005	>2005
Detached	TYPE 1	TYPE 6	TYPE 11	TYPE 16	TYPE 21
Semi-detached	TYPE 2	TYPE 7	TYPE 12	TYPE 17	TYPE 22
Terraced	TYPE 3	TYPE 8	TYPE 13	TYPE 18	TYPE 23
Apartment - enclosed	TYPE 4	TYPE 9	TYPE 14	TYPE 19	TYPE 24
Apartment - exposed	TYPE 5	TYPE 10	TYPE 15	TYPE 20	TYPE 25

Figuur 15: Scientific report VITO - indeling 25 Belgische woningtypes

Omdat er op basis van de beschikbare gegevens niet kan worden uitgemaakt hoeveel appartementen op een bepaald perceel volledig ingesloten zijn werd voor SEViA de geharmoniseerde typologie gebruikt. De kengetallen voor renovatiemaatregelen werden echter beschreven in het 'scientific report' en zijn bijgevolg gekoppeld aan de Belgische typologieën. Daarom werd een koppeling tussen beiden gemaakt beschreven in Tabel 8. De grijs gemarkeerde lijnen vertegenwoordigen gebouwen gebouwd na 2012. Omdat deze in het kader van SEViA beschouwd worden al toekomstbestendig worden deze in de verdere analyse met betrekking tot renovatiepotentieel niet meegenomen. Er

¹³ [BE TABULA ScientificReport VITO](#) 2011 W. Cyx , N. Renders, M. Van Holm en S. Verbeke

worden met andere woorden geen renovatiekosten aan gekoppeld. De blauw gemarkeerde lijnen zijn types die voor SEViA werden toegevoegd om dit type gebouwen eveneens in de analyse te kunnen betrekken.

Geharmoniseerde types	Belgische types		Geharmoniseerde types	Belgische types	
AB.02.Gen	9	10	SFH.01.Gen	1	
AB.03.Gen	14	15	SFH.02.Gen	6	
AB.04.Gen	19	20	SFH.03.Gen	11	
AB.05.Gen	24	25	SFH.04.Gen	16	
AB.06.Gen	29	30	SFH.05.Gen	21	
industrie			SFH.06.Gen	26	
MFH.01.Gen	4	5	tertiair		
MFH.01.Small			TH.01.Gen	3	
MFH.02.Gen	9	10	TH.01.Semi	2	
MFH.02.Small			TH.02.Gen	8	
MFH.03.Gen	14	15	TH.02.Semi	7	
MFH.03.Small			TH.03.Gen	13	
MFH.04.Gen	19	20	TH.03.Semi	12	
MFH.04.Small			TH.04.Gen	18	
MFH.05.Gen	24	25	TH.04.Semi	17	
MFH.05.Small			TH.05.Gen	23	
MFH.06.Gen	29	30	TH.05.Semi	22	
MFH.06.Small			TH.06.Gen	28	
onbebouwd			TH.06.Semi	27	

Tabel 8 Koppeling geharmoniseerde en Belgische typologieën

6.3.2 Toekomstscenario's

Bepalen van de variabelen

Er zijn 2 variabelen bepaald: het theoretisch **renovatiepotentieel** en een **verdichtingsscenario**. Het renovatiepotentieel wordt bepaald door onder andere de huidige staat van de gebouwen, de aanwezigheid van erfgoedwaarde en socio-economische indicatoren. Het renovatiepotentieel heeft een directe invloed op de evolutie van de energievraag in de toekomst. Verdichtingsscenario's hebben eveneens een belangrijke invloed op de energievraag en -dichtheid. Verdichting kan zo in bepaalde gevallen zelfs leiden tot een verhoogde energievraag ondanks de inspanningen met betrekking tot renovatie.

- **Renovatiepotentieel**

De volledige uitwerking van de berekening van het renovatiepotentieel, vindt u in bijlage 9.1. Hierna volgt een korte samenvatting.

Het renovatiepotentieel wordt gedefinieerd als het totale aandeel van de woningen dat kan gerenoveerd worden tot de gewenste energieprestatie standaard wat betreft de gebouwschil (BEN-norm). De noodzakelijke technieken worden buiten beschouwing gelaten, omdat deze deel uitmaken van de energieconcepten zelf.

Het SEViA model stelt dat alle nieuw gebouwde en gerenoveerde woningen vanaf 2012 voldoen aan de gewenste standaard. Het kadaster verschaft de nodige inzichten hieromtrent, die eveneens vergeleken is met het aantal afgeleverde vergunningen.

SEViA maakt een correctie voor het theoretisch potentieel voor enkele socio-economische eigenschappen. Het model stelt dat een laag gemiddeld inkomen bij eigenaars een rem betekent op het renovatiepotentieel. Langs de andere kant betekent een hoge verhuisintensiteit bij huurders net een stimulans kan zijn.

Een niet te onderschatten deel in de stad Antwerpen, zijn de moeilijk of slechts beperkt te renoveren woningen. Het gaat specifieke over gebouwen met een belangrijke erfgoedwaarde. Hier wordt een correctiefactor voor toegepast in de datagegevens. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen monumenten, waar geen enkele energetische renovatie mogelijk is aan de buitenschil en gebouwen met een beschermd voorgevel, die deels wel aangepakt kunnen worden.

- **Verdichtingsscenario**

De stad Antwerpen is constant in beweging en dat geldt eveneens voor de woningmarkt. In SEViA wordt rekening gehouden met een verdichtingsscenario naar 2050 toe.

Tot en met 2030 kan redelijk worden ingeschat hoeveel bijkomende woningen er zullen zijn en wat voor effect dit heeft op het warmteverbruik. Deze zijn mede ingeschat geweest op basis van de geplande nieuwbouw en renovatieprojecten tot en met 2030.

Vervolgens toonde de studie van Labo XX¹⁴ aan waar verdichting kan plaatsvinden in de stad, gefocust op de 20^{ste}-eeuwse gordel. Deze groei is eveneens opgenomen in het model om het verbruik in 2050 te kunnen berekenen.

Definiëren van scenario's

De energiestaat van de gebouwen heeft een grote invloed op de haalbaarheid van 2 van de 4 concepten. Deze energiestaat zal onder invloed van het gevoerde beleid een evolutie kennen richting de eerder aangehaalde renovatienorm. Het is erg belangrijk om deze evolutie goed in te schatten. Het renovatiepotentieel van de woningen is één van de elementen die mee zal bepalen op welke manier de gemiddelde energiestaat in een buurt zal evolueren tegen 2030. Naast de huidige energiestaat van onze gebouwen speelt de verwachte stadsontwikkeling eveneens een belangrijke rol. De combinatie van deze drie factoren stelt ons in staat een inschatting te maken van de energiestaat evenals de gemiddelde energiestaat van onze gebouwen in 2050.

Met deze toekomstige energiestaat en energievraag werden de relevante energieconcepten opnieuw bekeken per buurt. Het gaat na in hoeverre het concept toekomstbestendig is en om een meer volledige inschatting te maken van de kost van een bepaald concept. Een aanzienlijk aandeel van de kosten voor realisatie van een bepaald concept moet immers gebouwszijdig gemaakt worden in de schil en de conversietechnologieën. Er kan eventueel wel beargumenteerd worden dat renovatie in elk scenario, ook datgene waarvoor het geen uitsluitende voorwaarde is, het uitgangspunt moet zijn. Uitgaande van de trias energetica¹⁵ is dat perfect te verantwoorden.

¹⁴ <https://www.antwerpenmorgen.be/projecten/labo-xx/over>

¹⁵ De drie stappen van de Trias Energetica zijn basisvuistregels bij het duurzaam ontwerpen van gebouwen.

Deze drie stappen zijn: Beperk het energieverbruik door verspilling tegen te gaan;

Maak maximaal gebruik van energie uit duurzame bronnen;

Maak zo efficiënt mogelijk gebruik van fossiele brandstoffen om in de resterende energiestaat te voorzien;

6.4 Technische analyse en resultaten

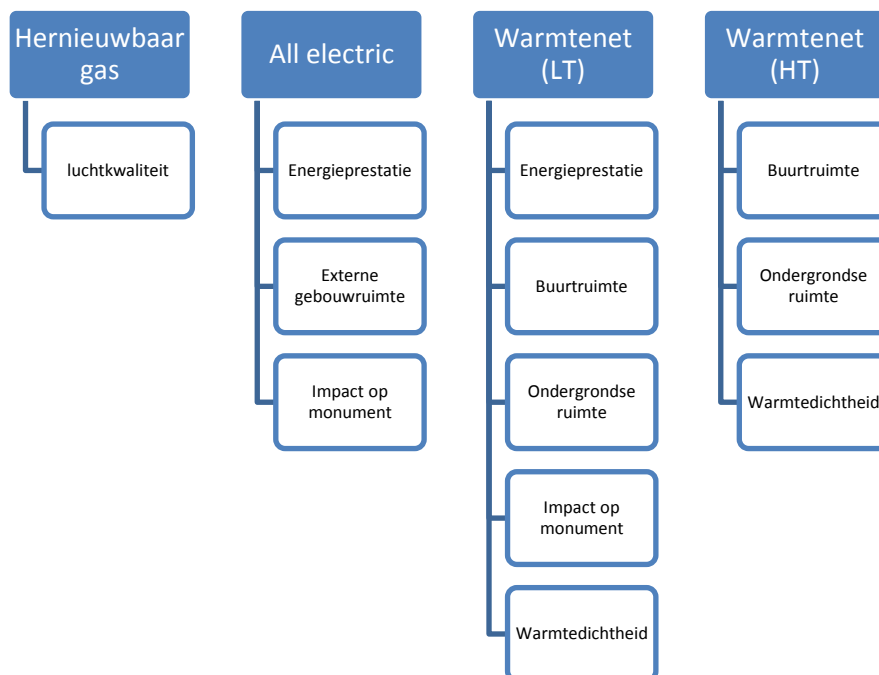
De implementatie van de 4 energieconcepten is onderhevig aan enkele technische randvoorwaarden. Aan de hand van onderstaande technische randvoorwaarden wordt een technische analyse per statistische sector uitgevoerd. Deze analyse wordt zowel gedaan voor het basisscenario (2017) als het toekomstig scenario inclusief renovatiepotentieel en verdichting (2050).

6.4.1 Technische randvoorwaarden

In onderstaand overzicht wordt aangegeven welke randvoorwaarden van toepassing zijn op welk energieconcept. Zo vraagt elk all electric scenario een hoge energieprestatie van de woningen opdat warmtepompen met een hoge efficiëntie ingezet zouden kunnen worden, maar is de beschikbaarheid van ondergrondse ruimte geen randvoorwaarde omdat het noodzakelijke elektriciteitsnetwerk reeds beschikbaar is.

Voor elke randvoorwaarde wordt een drempel bepaald waaraan voldaan moet zijn. Als de randvoorwaarde van toepassing is op een bepaald energieconcept én de wijk scoort op deze parameter onder de drempelwaarde dan wordt dit concept aanzien als moeilijker inpasbaar voor de betreffende wijk.

In Figuur 16 worden de technische parameters weergegeven per energieconcept. Nadien volgt een verdere beschrijving per parameter.



Figuur 16: energieconcepten met de technische randvoorwaarden

Energieprestatie

De randvoorwaarde energieprestatie wordt uitgerekend op basis van een percentage aan woningen dat voldoet aan de Bijna-Energie-Neutraal (BEN) normen¹⁶, die opgelegd zijn sinds 2012. Voor de concepten waar de parameter 'energieprestatie' van toepassing is, wordt er gewerkt met een drempelwaarde van 40%. Dit wil zeggen dat ten minste 40% van alle woningen moet voldoen aan de BEN-norm om positief te scoren op deze parameter.

Buurtruimte

In deze randvoorwaarde wordt bekeken hoeveel onbebouwde percelen in de statistische sector aanwezig zijn. Dit kan bijvoorbeeld nuttig zijn bij een warmtenet concept, waar ruimte noodzakelijk is voor tussenstations. Er wordt een minimum waarde van 3% aangenomen.

Ondergrondse ruimte

De randvoorwaarde met betrekking tot de ondergrondse ruimte heeft eveneens betrekking op warmtenetten. Warmteleidingen zitten doorgaans in de ondergrondse ruimte bij de andere nutsvoorzieningen. Hoe smaller de straat, hoe minder kans dat er nog genoeg ruimte is voor deze leidingen. De studie gaat ervan uit dat straten die breder zijn dan 8 meter voldoende breed zijn. Dit is een theoretische aanpak. Om effectief te weten of de leidingen erbij kunnen, dient een detailstudie uitgevoerd te worden, waarbij onder meer leidingenplannen (bv. KLIP/KLIM) worden geraadpleegd.

Externe gebouwruimte

De externe gebouwruimte betreft de onbebouwde oppervlakte van percelen. Deze parameter is van belang bij lucht/water warmtepompen (meest courante). Bij deze conversietechnologie hoort steeds een buitenunit die gemonteerd wordt aan de gevel of die op een beschutte plek staat. Bij het all electric scenario is deze voorwaarde bijgevolg relevant.

Impact van beschermde gebouwen en monumenten

In de stad Antwerpen zijn er zeer veel beschermde gebouwen en monumenten, in het bijzonder in de binnenstad. Dit heeft impact op de theoretische renovatiegraad. Deze gebouwen kunnen niet zomaar geïsoleerd worden. Indien een sector veel beschermde gebouwen omvat, heeft deze parameter een negatieve invloed op de renovatiemogelijkheden.

Warmtedichtheid

Deze randvoorwaarde bekijkt hoeveel warmteverbruik in MWh per meter vloeroppervlakte aanwezig is per statistische sector. Dit geeft een indicatie over de warmtedichtheid. Om warmtenetten kostenefficiënt te kunnen uitrollen, wordt een minimum van 1,8 MWh¹⁷ per meter aangenomen.

Luchtkwaliteit

Luchtkwaliteit heeft enkel impact op het 'hernieuwbaar gas' scenario. De emissies moeten onder bepaalde grenzen blijven om het scenario haalbaar te maken.

¹⁶ <https://www.energiesparen.be/EPB-pedia/eisen-per-aanvraagjaar>

¹⁷ Bron: Svend Frederiksen (2013), *District Heating & Cooling*, Studentlitteratur Ab.

In Tabel 9 worden de 7 randvoorwaarden in relatie gebracht met de 4 energieconcepten.

Technische randvoorwaarden	Hernieuw- baar gas	All electric	Warmte	
		warmtepomp	LT	HT
	1	2	3	4
Energieprestatie	-	X	X	-
% nieuwbouw (bouwjaar > 2012 ¹⁸ + gerenoveerde gebouwen van premie gebouwschil en bijkomende gebouwen van vergunningssaldo)	-	>= 60%	>= 60%	-
Buurtruimte	-	-	X	X
% onbebouwde percelen met relevante aard (grond, bouwgrond) + % aantal percelen => 2000 m ² beb. op.	-	-	>=1%	>=1%
Ondergrondse ruimte	-	-	X	X
Straatbreedte (m)	-	-	>= 8	>= 8
Externe gebouwruimte	-	X	-	-
% oppervlakte onbebouwde gedeelte van percelen	-	>= 20%	-	-
Impact op beeldkwaliteit	-	X	X	-
% monument	-	<= 50%	<= 50%	-
Warmtedichtheid	-	-	X	X
Warmtedichtheid (MWh/m)	-	-	>= 1,8	>= 1,8
Luchtkwaliteit¹⁹	X	-	-	-
NO ₂ -emissie (µg/m ³)	< 40	-	-	-
PM10 (µg/m ³)	< 40	-	-	-
PM 2.5 (µg/m ³)	< 25	-	-	-

Tabel 9 Randvoorwaarden, parameters en uitsluitingsdrempels per concept

De opbouw van deze score gebeurt op basis van een weging van hetzelfde scoremechanisme per randvoorwaarde. Deze werkwijze wordt in Tabel 10 weergegeven. Dit levert een scoring op tussen de 0 en 100 voor elke buurt en per energieconcept. Daarbij levert een uitsluitingscriterium steeds een score van 0 op. De andere scores werden bij de GIS verwerking vertaald naar een score 1 of 2 met bijbehorende kleurcode volgens een classificatie in 3 klassen volgens de 'Natural Breaks (Jenks)' methode. Deze methode is gangbaar bij het samenstellen van gekleurde GIS-kaarten. Op die manier ontstaat een goed beeld over de potenties van de energieconcepten op technisch vlak.

Om naast deze harde uitsluiting verder onderscheid mogelijk te maken tussen de geschikte energieconcepten onderling, wordt voor elke randvoorwaarde een appreciatie met betrekking tot de

¹⁹ EU-norm, bron: <http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>

geschiktheid van een bepaald concept aangegeven. In combinatie met de uitsluitingscriteria ontstaat zo een scoring voor elk energieconcept:

0	Concept op wijkniveau is moeilijk inpasbaar
1	Concept is geschikt
2	Concept is zeer geschikt

Technische randvoorwaarden Weging Score

Parameter

	3	0	1	2
Energieprestatie				
% nieuwbouw [1] + gerenoveerde		< 60%	60% - 80%	> 80%
Buurtruimte	1	0	1	2
% onbebouwde percelen + % aantal percelen => 2000 m ² beb. op.		< 1%	1% - 3%	> 3%
Ondergrondse ruimte	2	0	1	2
% straten < 8 m		> 60%	40% - 60%	> 40%
Externe gebouwruimte	1	0	1	2
% onbebouwd deel van percelen		< 20%	20% - 50%	> 50%
Impact op beeldkwaliteit	2	0	1	2
% monument		> 50%	20% - 50%	< 20%
Warmtedichtheid	2	0	1	2
Warmtedichtheid (MWh/m)		< 1,8 [2]	1,8 – 3	> 3
Luchtkwaliteit [3]	1	0	1	2
NO ₂ -emissie (µg/m ³)		> 40	20 – 40 [4]	< 20
PM10 (µg/m ³)		> 40	20 – 40	< 20
PM2.5 (µg/m ³)		> 25	11 - 25	< 11

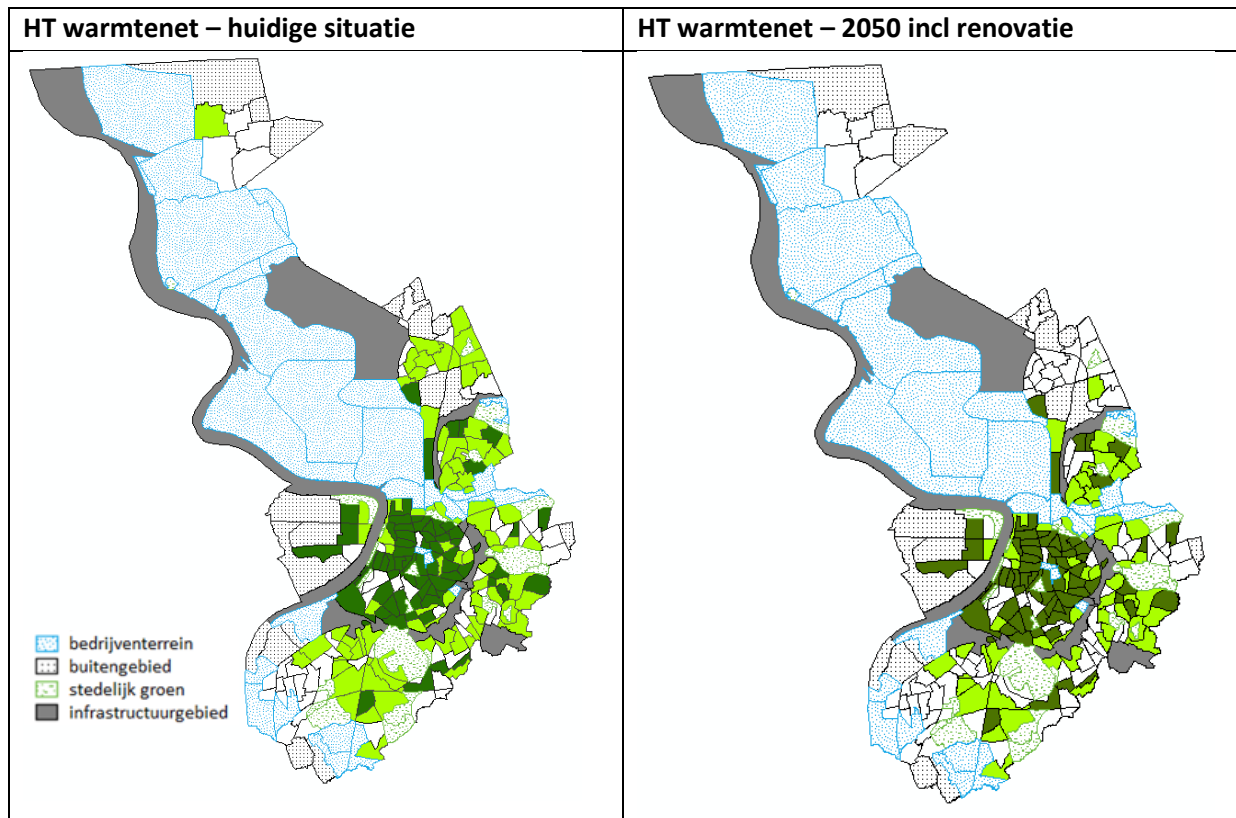
Tabel 10 randvoorwaarden scoring

6.4.2 Resultaten

Hieronder worden de resultaten uit GIS getoond van de technische analyse per statistische sector, voor zowel het basisscenario (2017) als het toekomstig scenario inclusief renovatiepotentieel en verdichting (2050).

- Warmtenet hoge temperatuur

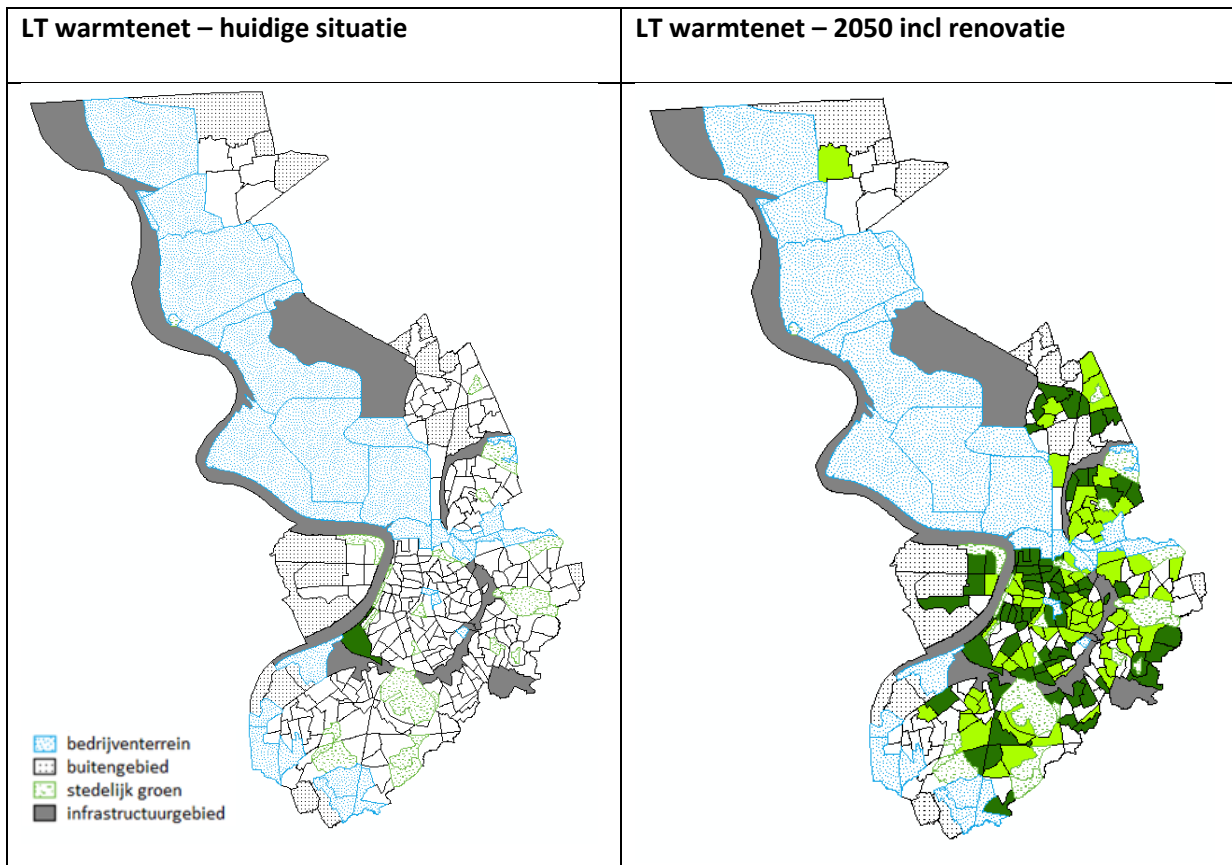
In de huidige situatie zijn er veel sectoren gunstig als de warmtenetten op hoge temperatuur worden bekeken. Vooral centrum Antwerpen en Linkeroever vallen op, wegens de hoge warmtedichtheid.



- Warmtenet LT

Bij de technische analyse van dit scenario in de huidige situatie (2017), is op te merken dat deze bijna nergens een haalbaar scenario blijkt te zijn. Dit is grotendeels te wijten aan het feit dat er nog maar weinig woningen geïsoleerd zijn tot de BEN-normen die gelden sinds 2012. Dit is een concept op lage temperatuur, wat betekent dat de gebouwschil voldoende geïsoleerd moet zijn.

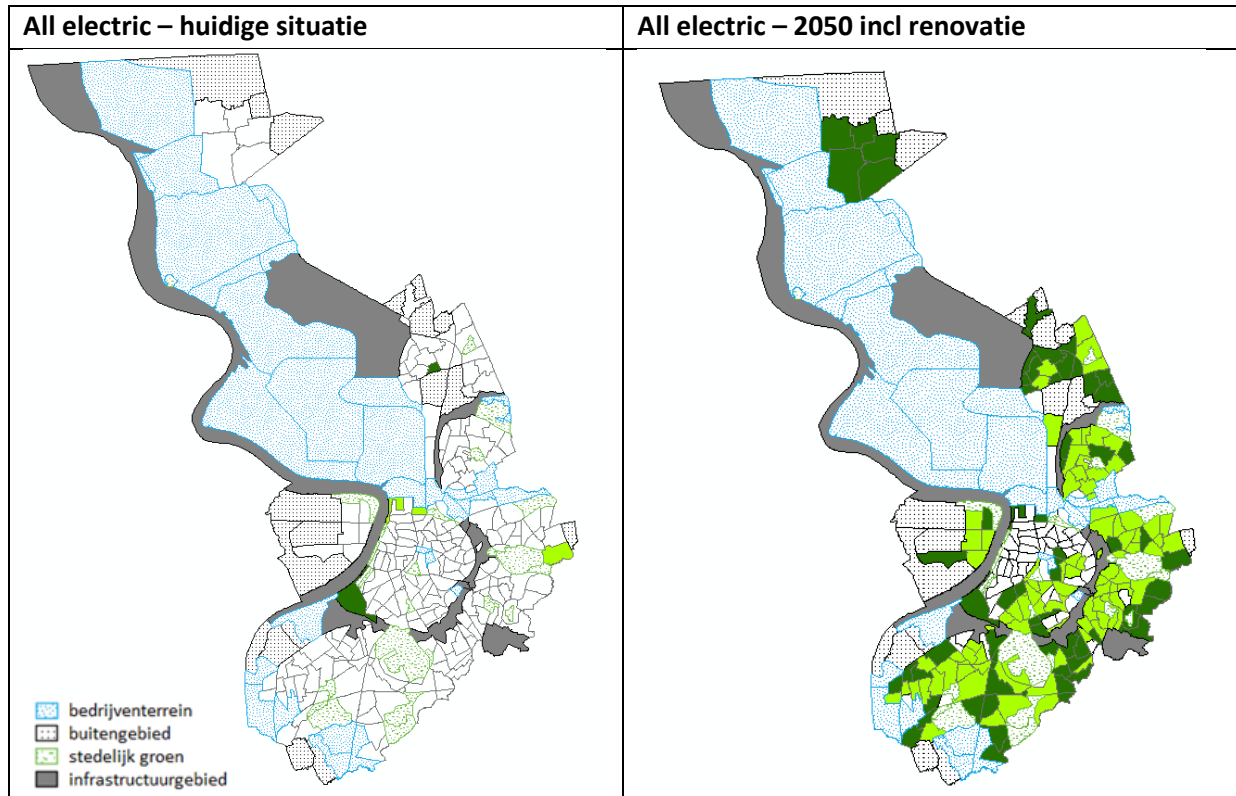
De situatie in 2050 ziet er veel gunstiger uit, Omdat het model het theoretische renovatiepotentieel mee in rekening brengt.



- All-Electric warmtepomp

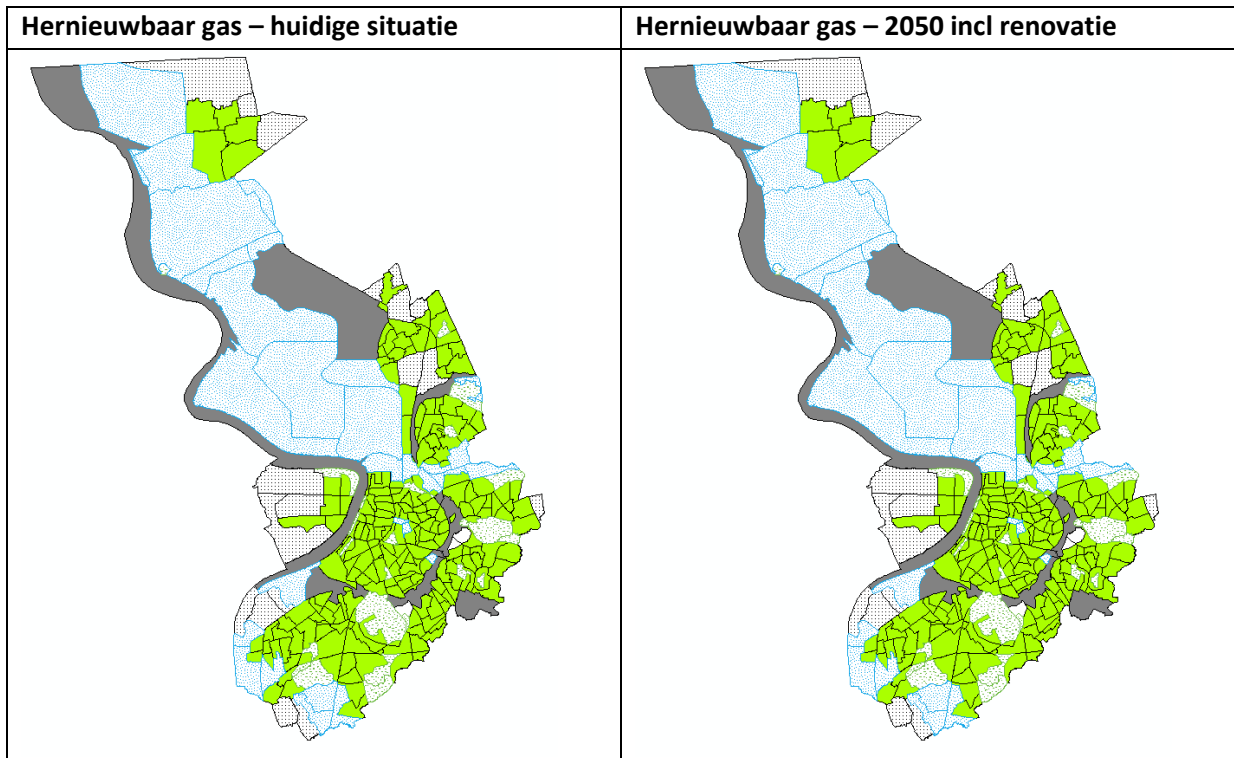
Bij de technische analyse van het all electric scenario per statistische sector in de huidige situatie (2017), is dezelfde conclusie op te merken als bij het warmtenet LT scenario.

De situatie in 2050 ziet er veel gunstiger uit. In de historische binnenstad blijft het concept moeilijker te implementeren, omdat daar weinig buurtruimte is om de buitenunit van warmtepompen te plaatsen.



- Hernieuwbaar gas (HG)

De enige technische parameter in dit model is de kwantificering van de luchtkwaliteit volgens de aanwezigheid van fijn stof. Deze is in de betrokken sectoren onder de grenswaarde, wat het technisch mogelijk maakt in iedere sector om gebruik te maken van hernieuwbaar gas.



6.5 Economische analyse en resultaten

De technische analyse geeft een beeld over de theoretische mogelijkheid van de verschillende concepten per statistische sector, maar het zegt nog niets over de vergelijking tussen de concepten onderling. Er zijn verschillende sectoren waar er meerdere concepten technisch mogelijk zijn. Om tot een voorkeursscenario te komen, wordt er eveneens rekening gehouden met economische parameters.

Een belangrijk element in de haalbaarheid van een energieconcept betreft de kosten van de transitie. Om bepaalde energieconcepten te realiseren zijn investeringen nodig in elk van de elementen van het concept. Het betreft de **totale maatschappelijke kost**. In deze studie wordt geen uitspraak gedaan over de verdeling van de kosten tussen de verschillende stakeholders.

- **Conversiekost:** De kostprijs van het aanpassen van de woning naar een ander energieconcept. Hierin zit ook de renovatiekostprijs in van het betrokken scenario.
- **Distributiekosten:** Dit beschrijft de kost van de netwerken waarlangs het transport verloopt van energie van de bron naar de afnemer. Het gaat over leidingen en/of kabels in de grond.
- **Bronkost:** de bronkost omvat de kosten voor productie van een energievectoren; de kostprijs voor het uitkoppelen van de restwarmte zit hier bijvoorbeeld in vervat. Het gaat eveneens over de energieproductie die nodig is om het betreffende energieconcept te exploiteren, bv. de nodige elektriciteit om een warmtepomp te gebruiken.

	CONVERSIE	DISTRIBUTIE TRANSPORT	BRONNEN
WARMTENET (HT ²⁰)	Warmtewisselaar Aansluitkost op het distributienet	Warmtenetwerk	Restwarmte, Riothermie, Geothermie, bio-WKK
ALL ELECTRIC	Warmtepomp LT radiatoren Aansluitkost	Bestaand elektriciteitsnetwerk + eventuele verzwaring	Groene elektriciteitsproductie
HERNIEUWBAAR GAS	Gasketel Aansluitkost op het gasnetwerk	Bestaand gas distributienet	Biogas, biomethaan

Tabel 11: economische analyse energieconcepten

Het is belangrijk om niet enkel rekening te houden met de investeringskost (CAPEX), maar eveneens met de operationele kosten over een bepaalde termijn (OPEX). De OPEX kosten omvatten onder meer verbruikskosten van een energievectoren, onderhoudskosten en vervangingskosten. Op deze manier kunnen de concepten met elkaar vergeleken worden.

²⁰ Er wordt enkel rekening gehouden met een hoge temperatuur warmtenet. In de toekomst kan de temperatuur verlagen om zo te evolueren naar een lage temperatuur warmtenet.

Conversiekosten algemeen

Voor elk energieconcept is een aparte set van conversietechnologieën nodig om in de behoefte van de eindgebruiker te voorzien. Tabel 12 geeft het overzicht van de verschillende combinaties. De aannames die zijn gevolgd per energieconcept zijn opgelijst in een nota van Witteveen+Bos (bijlage 9.4).

Conversie- technieken per energiecon- cept	HR-ketel	Elektrische warmtepomp	warmtewisselaar	LT-radiatoren
Hernieuwbaar gas	X			
All Electric (WP)		X		X
Warmtenet (HT)			X	

Tabel 12 Overzicht toewijzing conversietechnologie aan energieconcept

De investeringskosten per conversietechnologie zijn gebaseerd op kostenkengetallen die zijn afgeleid uit een Nederlands onderzoek naar energiebesparende maatregelen. Deze investeringskosten zijn in opdracht van de Nederlandse Rijksdienst voor ondernemend Nederland becijferd als ondersteuning voor energieprestatieadvies²¹. De kengetallen werden opgesteld voor 160 typemaatregelen opgesplitst naar meer of ééngezinswoning en er werd onderscheid gemaakt tussen een op zichzelf staande maatregel of een maatregel uitgevoerd tijdens een vervangmoment. Bovendien werd er nog een bijkomende een korting toegepast voor een projectmatige aanpak, bijvoorbeeld in het kader van een collectieve renovatie. Deze cijfers maakten het mogelijk om voor elke combinatie van typologie en energieconcept de kosten te bepalen van de noodzakelijke aanpassingen aan de technische installaties voor energieconversie.

6.5.1 HT Warmtenet

Conversie- en renovatiekosten

Conversiemaatregelen binnen een warmtenet bestaan uit een het herinrichten van de stookplaats, intern leidingwerk, een afgifteset (o.a. warmtewisselaar) en een aansluiting op het distributienet. De kostprijs is afhankelijk van het gebouwtype. Een conversie van een eengezinswoning is goedkoper

²¹Actualisatie investeringskosten maatregelen EPA-maatwerk-advies. Arcadis i.o.v: Rijksdienst voor Ondernemend Nederland Nationale Programma's 27 MEI 2016

dan de conversie in een groot appartement. Fluvius heeft de kosten ingeschat per gebouwtype. Via de Tabula/Episcopo indeling per perceel, kan de kost worden toegewezen per statistische sector.

Netwerk

In Antwerpen is geen historisch warmtenetwerk aanwezig dat gebruikt kan worden zoals bv. in Rotterdam, Kopenhagen of Göteborg het geval is. Een warmteconcept uitrollen betekent een volledig nieuw netwerk door de stad realiseren.

Een warmtenetwerk valt uiteen in verschillende deelelementen. Enerzijds zijn er de grote transportleidingen (backbones), die de restwarmtebron verbinden met de afnamegebieden. Via een warmteoverdrachtstation (WOS) en onderstation (OS) wordt de koppeling gemaakt naar een kleiner distributienetwerk. Er kunnen op het traject eveneens complexe kruisingen met andere infrastructuur voorkomen, zoals sluizen of spoorwegen, die de kostprijs van de aanleg van de transportleiding of warmtedistributienet aanzienlijk kunnen verhogen.

De investeringskost per meter transportleiding werd geraamd in door Witteveen+Bos (bijlage 9.3). Er wordt eveneens rekening gehouden met de investeringskost voor warmteoverdrachtstations en onderstations. De investeringskost per meter distributieleiding, en de totale lengte van het distributienet per sector zijn ingeschat door Fluvius, op basis van gemiddelde aannemingskosten bij reëel uitgevoerde projecten in Vlaanderen. In deze meterkosten zitten zowel de kosten van de leiding zelf, als de graafwerken die hiervoor noodzakelijk zijn. Er wordt eveneens rekening gehouden met een jaarlijkse onderhouds- en exploitatiekost van 1% op de investeringsprijs.

Het distributienetwerk is toegewezen aan de statistische sectoren op basis van de geraamde lengte van het distributienetwerk. In deze analyse, waarbij nog geen tracé werd vastgelegd, werden de kosten voor de transportleidingen evenredig verdeeld over de statistische sectoren.

Bronkosten restwarmte

De bronkosten van restwarmte hangen samen met het type bron dat gebruikt wordt. In een analyse van Witteveen+Bos (bijlage 9.3) wordt rekening gehouden met een investeringskost voor de uitkoppeling uit een afvalverbrandingsinstallatie en overige industriële restwarmte. Deze zijn momenteel het meest relevant voor de Antwerpse context en worden hier verder gebruikt.

De investeringskosten voor uitkoppeling van een restwarmtebron werd als volgt geraamd:

- Afvalverbrandingsinstallaties: 150 – 400 EUR / kW
- Industriële restwarmte: 250 – 500 EUR / kW

Om het concept te kunnen doorrekenen over alle statistische sectoren, wordt er rekening gehouden met 400 EUR / kW voor uitkoppeling van warmte in de industrie. Er wordt in de economische analyse eveneens uitgegaan dat de restwarmte die wordt uitgekoppeld een kostprijs heeft. Er werd een scenarioanalyse uitgevoerd met een variabele warmteprijs.

6.5.2 All electric

Conversie- en renovatiekosten

De warmtevraag wordt in hoofdzaak bepaald door de performantie van de gebouwschil samen met het gedrag van de gebruiker. Renovatie naar een lage energiewoning is vaak complex, kostelijk en vraagt aanzienlijke inspanningen van de woningeigenaar. Het gedrag van de bewoners heeft eveneens een grote impact, maar vraagt slechts beperkte investeringen van de gebruiker (bijvoorbeeld het plaatsen van een intelligente meting en sturing). De effecten zijn echter moeilijker kwantificeerbaar. Deze invloed op de warmtevraag wordt om die reden niet betrokken in de analyse. Er wordt in de analyse van het model een berekening gemaakt voor de renovatie van de betrokken woning naar een Lage Energie (LE) woning. Deze isolatiegraad²² in combinatie met balansventilatie en lage temperatuur afgiftesysteem, zoals LT radiatoren, is wenselijk om een warmtepomp een betaalbare energiekeuze te maken. Voor meer informatie over de berekeningswijze, wordt verwezen naar bijlage 9.2.

Conversie van de woning bestaat in dit scenario uit het aankopen en aansluiten van een warmtepomp in de woning. Volgende keuze is gemaakt om de kostprijs te kunnen berekenen:

- Een individuele lucht-water warmtepomp voor rijwoningen en de kleinste appartementsgebouwen
- Een collectieve lucht-water warmtepomp voor de grotere appartementsgebouwen
- Een collectieve bodem-water warmtepomp voor de grootste appartementsgebouwen, waarbij uitgegaan wordt dat er voldoende ruimte is voor de installatie van bodemplussen.
- Een individuele lucht-water warmtepomp voor halfopen en open eengezinswoningen.

Netwerk

Het elektriciteitsnetwerk is reeds volledig aanwezig in de stad Antwerpen. Nagenoeg iedere woning heeft een aansluiting. De capaciteit van het bestaande netwerk is niet overal voldoende groot om een sector volledig over te schakelen naar het all electric scenario op warmtepompen. De kostprijs per sector om het netwerk te verzwaren is ingeschat door Fluvius. Er is ook een kostprijs verbonden aan het aanspreken van de reservecapaciteit die aanwezig is op het distributienetwerk. Bij de berekeningen is verondersteld dat eerst de beschikbare reservecapaciteit volledig wordt aangesproken voor men overgaat tot netverzwaring.

Bronkosten

Voor de bronkosten van elektriciteit gaat SEViA uit van de gemiddelde kostprijs van elektriciteit voor een residentiële klant op laagspanning, exclusief btw. In de elektriciteitsprijs zitten de productie- en distributiekosten vervat. De elektriciteitskost werden bepaald per sector op basis van de respectievelijke warmtevraag en efficiënte van de warmtepompen.

²² Lage Energie woning volgens nationale brochure Tabula 2011: dakisolatie (Rc=6), gevelisolatie (Rc=4), vloerisolatie (Rc=4), nieuwe beglazing (U=1,6 W/m²K). Deze isolatiegraad, in combinatie met balansventilatie en kierdichting wordt beschouwd als voldoende voor lage temperatuur ruimteverwarming met een warmtepomp

6.5.3 Hernieuwbaar gas

Bij het hernieuwbaar gas scenario wordt rekening gehouden met de beperkte beschikbaarheid en potentieel van de bron. In 2017 heeft VITO een studie uitgevoerd om het potentieel van biomassa in Vlaanderen in te schatten in 2030. De conclusie is dat het totale potentieel aan biomethaan 177 GWh/jaar in 2030 bedraagt in een business as usual scenario. Voor de bepaling van het potentieel voor de stad Antwerpen is er aangenomen dat 10% van het Vlaams potentieel beschikbaar kan zijn (eventueel via certificaten van oorsprong). De totale beschikbaarheid aan biomethaan is bijgevolg 18 GWh/jaar. Het totale aandeel dat nodig is voor ruimteverwarming en sanitair warm water bedraagt 6.000 GWh/jaar²³ voor de stad Antwerpen. In het model wordt bijgevolg maximaal een aantal sectoren opgenomen dat overeenkomt met het technisch potentieel. Het beschikbare biomethaan wordt bij voorkeur ingezet in deze sectoren waar de maatschappelijke conversiekost naar alternatieve systemen het hoogst is. Er wordt in deze studie geen rekening gehouden met syngas, afkomstig van waterstof. De toekomst van de totale beschikbaarheid van waterstof in de toekomst is momenteel onduidelijk. Enerzijds creëert waterstof extra investeringen in het bestaande gasnetwerk, anderzijds kan de (weinig) beschikbare waterstof beter ingezet worden in processen die een hoogwaardige warmte vragen, zoals bv. de chemische cluster.

Conversie

Voor de conversiekosten is aangenomen dat de woningen een nieuwe HR-gasketel dienen te voorzien, geschikt voor het gebruik van hernieuwbaar gas.

Netwerk

In het concept hernieuwbaar gas wordt er vanuit gegaan dat het bestaand gasnetwerk gebruikt kan worden. Er wordt vanuit gegaan dat er geen wijzigingen dienen uitgevoerd te worden aan het aardgas distributienet voor de injectie van biomethaan. Indien de toekomst meer gericht is op waterstof, dient het netwerk wel aangepast te worden. Maar zoals hoger gesteld, blijkt het toepassen van duurzame waterstof voor gebouwenverwarming en koken op basis van de “waterstofladder” de laagste prioriteit te krijgen.

Bronkosten

De bronkosten zijn van toepassing voor de productie van groen gas (biogas) in kleine en/of grote installaties. Deze bronkosten zullen enerzijds ingegeven zijn voor de werkelijke kosten voor de productie (EUR/MWh volgens berekening SDE+ 2019) en de marktwerking, aangezien het potentieel aan groen gas volgens de studie van VITO beperkt is.

6.5.4 Vergelijking concepten

In deze studie worden de kosten over de levenscyclus van 30 jaar berekend. Dit geeft de Total Cost of Ownership (TCO). Het overzicht van de gekozen onderbouwde parameters is terug te vinden in Tabel 13.

²³ Gegevens uit SEViA

Tabel 13: input parameters

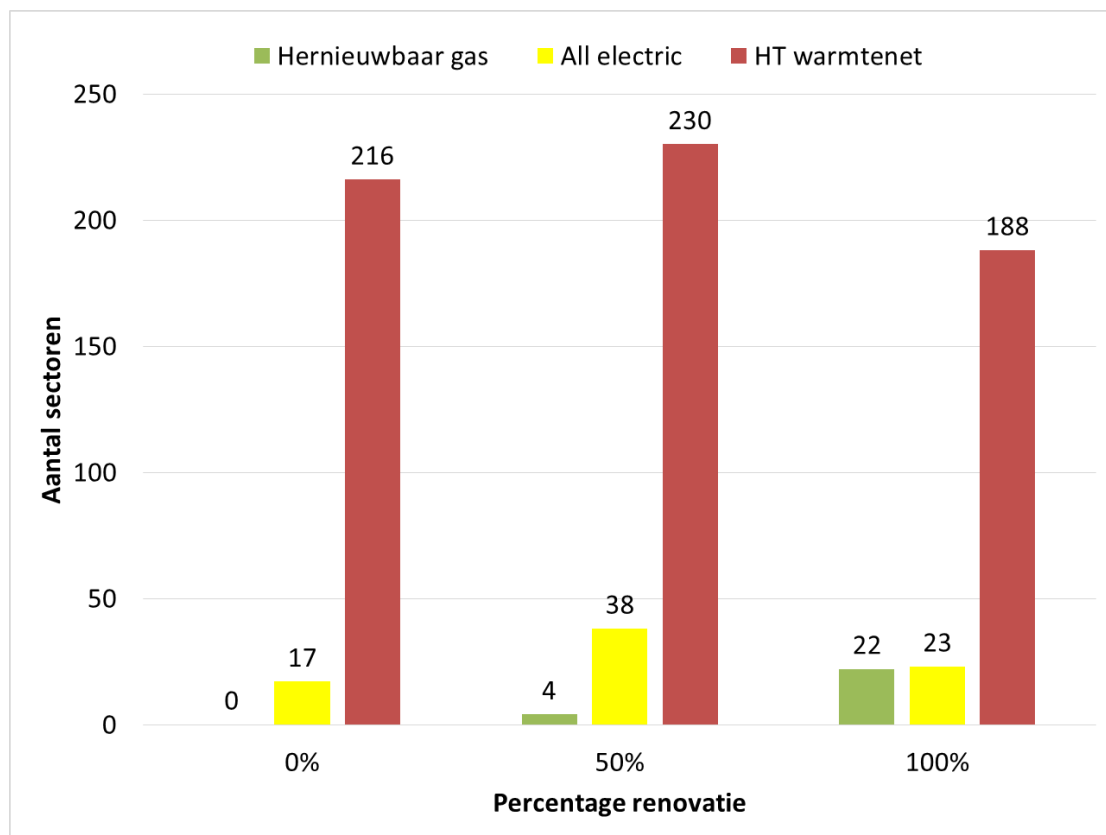
Input parameters en kengetallen			
Bronkosten: omschrijving	Waarde	Eenheid	Opmerking/bron
Bronkost uitkoppeling restwarmte industrie	400	EUR/kW	nota bron en transmissiekosten
Productiekost hernieuwbaar gas (biogas)	170	EUR/MWh	berekening SDE+ 2019
Warmteprijs restwarmte	20	EUR/MWh	aanname (variabel)
Transmissie en distributiekosten: omschrijving	Waarde	Eenheid	Opmerking/bron
Totale lengte backbone rechteroever	26100	m	Ontsluiting havenclusters (Indaver Stabroek, Total) en ringtracé
Totale lengte backbone linkeroever	4700	m	Ontsluiting havencluster Linkeroever
Totale kosten aanleg backbone	78.300.000 €	EUR	Eenheidskost van 3000 euro/m (DN800)
Totale kosten aanleg backbone linkeroever	11.750.000 €	EUR	Eenheidskost van 2500 euro/m (DN600)
Kosten warmteoverdrachtstation warmtenet	140	EUR/kW	nota bron- en transmissiekosten W+B
Kosten onderstation warmtenet	150	EUR/kW	nota bron- en transmissiekosten W+B
Eenheidskost distributienet warmtenet	2000	EUR/m	nota bron- en transmissiekosten W+B
OPEX distributie groen gas	10	EUR/MWh	op basis van aardgasfacturen
Onderhouds en exploitatiekosten warmtenet	1	%	percentage op CAPEX (Vesta Mais, CE Delft)
Conversiekosten: omschrijving	Waarde	Eenheid	Opmerking/bron
Levensduur CV-ketel	15	jaar	gemiddelde, aanname W+B
Levensduur warmtepomp	15	jaar	gemiddelde, aanname W+B
COP warmtepomp	3		data Sevia
Aansluitkosten warmtenet industrie	55.000	EUR	Fluvius
Aansluitkosten warmtenet appartement	50.000	EUR	Fluvius
Aansluitkosten warmtenet residentieel	12.500	EUR	Fluvius
Energiekosten			
Omschrijving	Waarde	Eenheid	Opmerking/bron
Kostprijs elektriciteit LS-aansluiting	200	EUR/MWh	Prijs anno 2020 excl. BTW omvat productie en distributie
Overige parameters	Waarde	Eenheid	Opmerking/bron
looptijd TCO	30	jaar	

In de analyse wordt rekening gehouden met twee renovatiescenario's in 2050. In ieder energieconcept is de kostprijs om dit te realiseren opgenomen:

- **100% benutting van het renovatiepotentieel:** in dit scenario wordt ervan uitgegaan dat het totale potentieel (renovatie naar lage een energie woning, zoals berekend in 6.3.2) is in 2050.
- **50% benutting van het renovatiepotentieel:** om enigszins een meer realistische kijk op 2050 te projecteren, wordt dit scenario eveneens mee opgenomen.

6.5.5 Resultaten economische parameters

Met de toepassing van de standaard parameters zoals toegelicht in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**, is de verdeling van de energieconcepten over de relevante sectoren als volgt:



Figuur 17: verdeling energieconcepten over de statistische sectoren met de standaard parameters

Het valt op dat warmtenetten bij veel sectoren als een voorkeursscenario worden getoond. In de warmtezoneringskaart (uitleg in hoofdstuk 6.6) is deze grafiek ruimtelijk weergegeven op een GIS-kaart. Hier kunnen ook de sectoren onderling vergeleken worden in functie van Total Cost of Ownership.

6.6 Warmtezoneringkaart

Voorgaande analyses maken het mogelijk om voor de stad Antwerpen een warmtezoneringkaart op te stellen. Dit is een dynamische kaart, die de economische gegevens weergeeft in een GIS-kaart. Het model achter de kaart, met de bijhorende parameters, kan steeds worden verfijnd bij nieuwe inzichten. De eerste kaart geeft de economische vergelijking (Total Cost of Ownership = 30 jaar) weer tussen het all electric en warmtenet scenario. Donkerrood wil zeggen dat de TCO van een warmtenet in die sector relatief meer dan 100% goedkoper is dan het all electric alternatief. Donkerblauw betekent het omgekeerde. Hoe lichter de kleur, hoe kleiner het verschil. Op deze manier kunnen de statistische sectoren op een snelle visuele manier met elkaar vergeleken worden.

De vermogens per statistische sector zijn eveneens toegevoegd. Op deze manier kan er snel bepaald worden wat het afnamepotentieel is. De vermogens zijn modelmatig berekend in functie van het verbruik.

De GIS-kaarten worden eerst tekstueel geanalyseerd en daarna getoond in A3 formaat in deze volgorde:

1. Warmtezoneringkaart: warmtenet vs. all electric (100% renovatie scenario 2050)
2. Warmtezoneringkaart: warmtenet vs. all electric (50% renovatie scenario 2050)
3. Hernieuwbaar gas potentieel
4. Scenario: goedkopere elektriciteitstarieven
5. Scenario: duurdere warmtetarieven

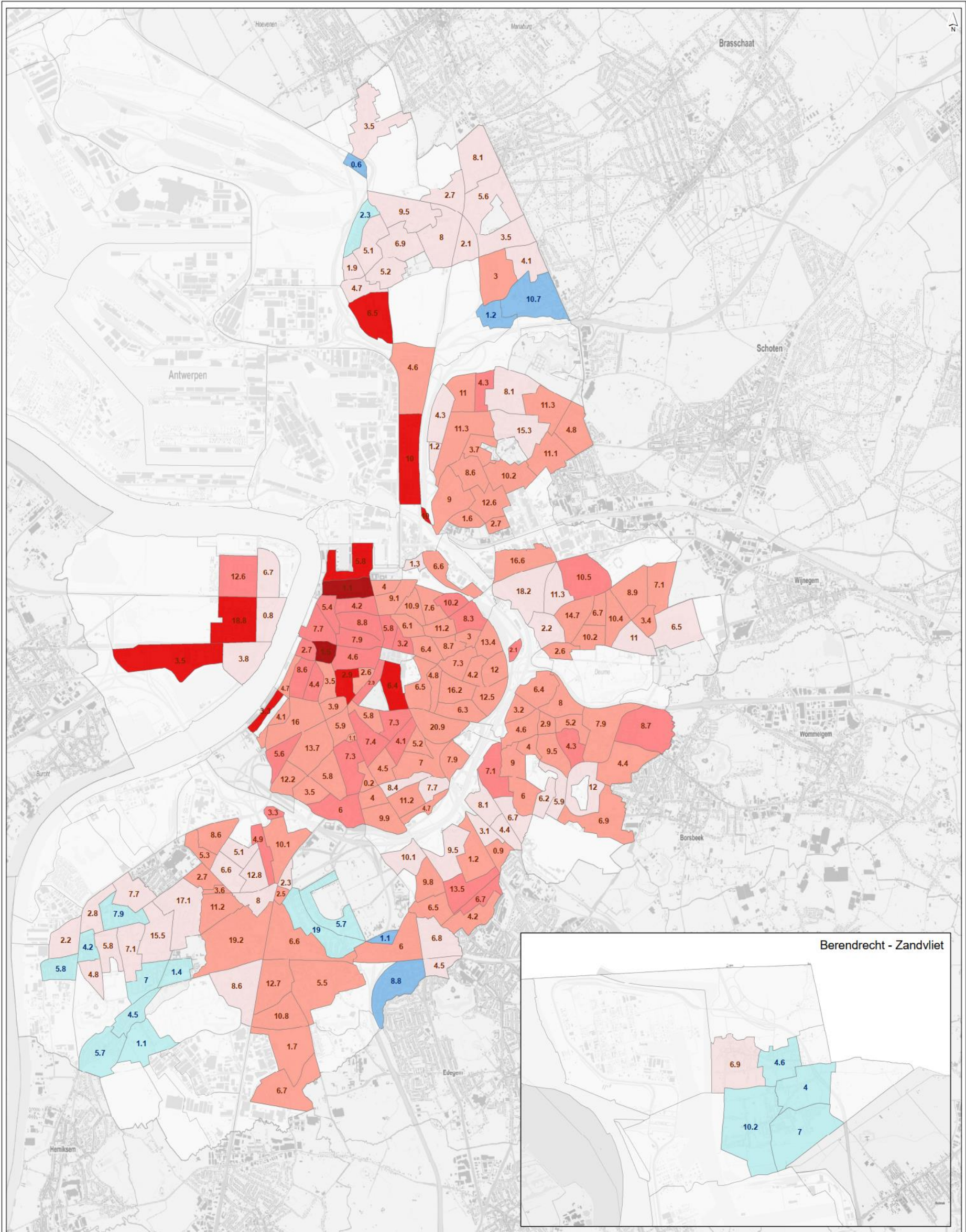
De **eerste warmtezoneringkaart** (Figuur 18) toont de analyse van **het 100% renovatie scenario in 2050**. Dit heeft invloed op de renovatiekosten, alsook op de warmtevraag die nodig is. De kaart keurt voornamelijk rood, wat er ook al uit de voorgaande analyse komt. De meest donkerrode gebieden zijn een deel van Linkeroever (Europark), Eilandje, Luchtbal, Rozemaai en een specifieke sector in de historische binnenstad. Het gaat over sector A02-, waar onder andere de Kathedraal, KBC-boerentoren en het Grand Bazar shopping center inzitten. De sectoren die eveneens iets donkerder rood kleuren, zijn het historisch centrum, enkele sectoren op het Kiel, de Stuyvenbergwijk, Fruithoflaan en enkele delen van Deurne. Het valt op dat enkele sectoren, vooral in Hoboken, Ekeren en in Berendrecht/Zandvliet, interessanter zijn voor een all electric scenario.

De **tweede warmtezoneringkaart** (Figuur 19) geeft de analyse weer van het **50% benutten van het renovatiepotentieel scenario in 2050**. De realiteit zal eerder tussenin zitten. In de delen van de stad met veel huurders en een laag netto inkomen (< 20.000 € / jaar), zal de 100% renovatiegraad moeilijker te behalen zijn. In de delen met veel eigenaars en een relatief hoog netto inkomen, is de kans voor de 100% renovatiegraad makkelijker haalbaar. Deze kaarten kunnen geraadpleegd worden in Figuur 20 en Figuur 21. In het 50% renovatiescenario kleuren meer sectoren donkerrood, vooral Fruithoflaan, Kielblokken en de Arena wijk in Deurne vallen meer op. Ook Linkeroever scoort beter.

De algemene conclusie is dat warmtenetten interessanter zijn dan all electric op economisch vlak, zelfs met het behalen van een 100% renovatiepotentieel. Dat neemt niet weg dat gelet op de trias energetica, energiebesparing overall wel prioriteit moet krijgen.

In de warmtezoneringskaart zijn er twee energieconcepten vergeleken en is er abstractie gemaakt van **hernieuwbaar gas**. De reden hiervoor is het beperkte beschikbaarheidsniveau van hernieuwbaar gas. Om hernieuwbaar gas toch op een nuttige manier weer te geven, is er bekeken in welke statistische sectoren het hernieuwbaar gas potentieel het best kan worden ingezet. Het resultaat kan teruggevonden worden in Figuur 22. Hoboken valt duidelijk op, alsook Berendrecht en Zandvliet. Dit is een manier om de verdeling te bekijken. Een andere manier is dat hernieuwbaar gas best wordt ingezet op plekken waar de andere energieconcepten moeilijk uitrolbaar zijn. Pilotprojecten zullen hier meer inzicht over geven in de toekomst.

Figuur 18: warmtezoningskaart 2050 in 100% renovatiescenario



Percentage goedkoper dan alternatief op basis van TCO voor 30 jaar

all-electric	warmtenet
■ <25%	■ <25%
■ 25% - 50%	■ 26% - 50%
■ 51% - 75%	■ 51% - 75%
■ 76% - 100%	■ 76% - 100%
■ >100%	■ >100%

Tekstlabel: vermogen (MW)

getekend: C.D. Kraan
gecontroleerd: A. Jonkers
goedgekeurd: R. van Muylder
versie: definitief
datum: 4-12-2019
tekeningnr: W1B
formaat: A2 staand

Warmtezoningskaart

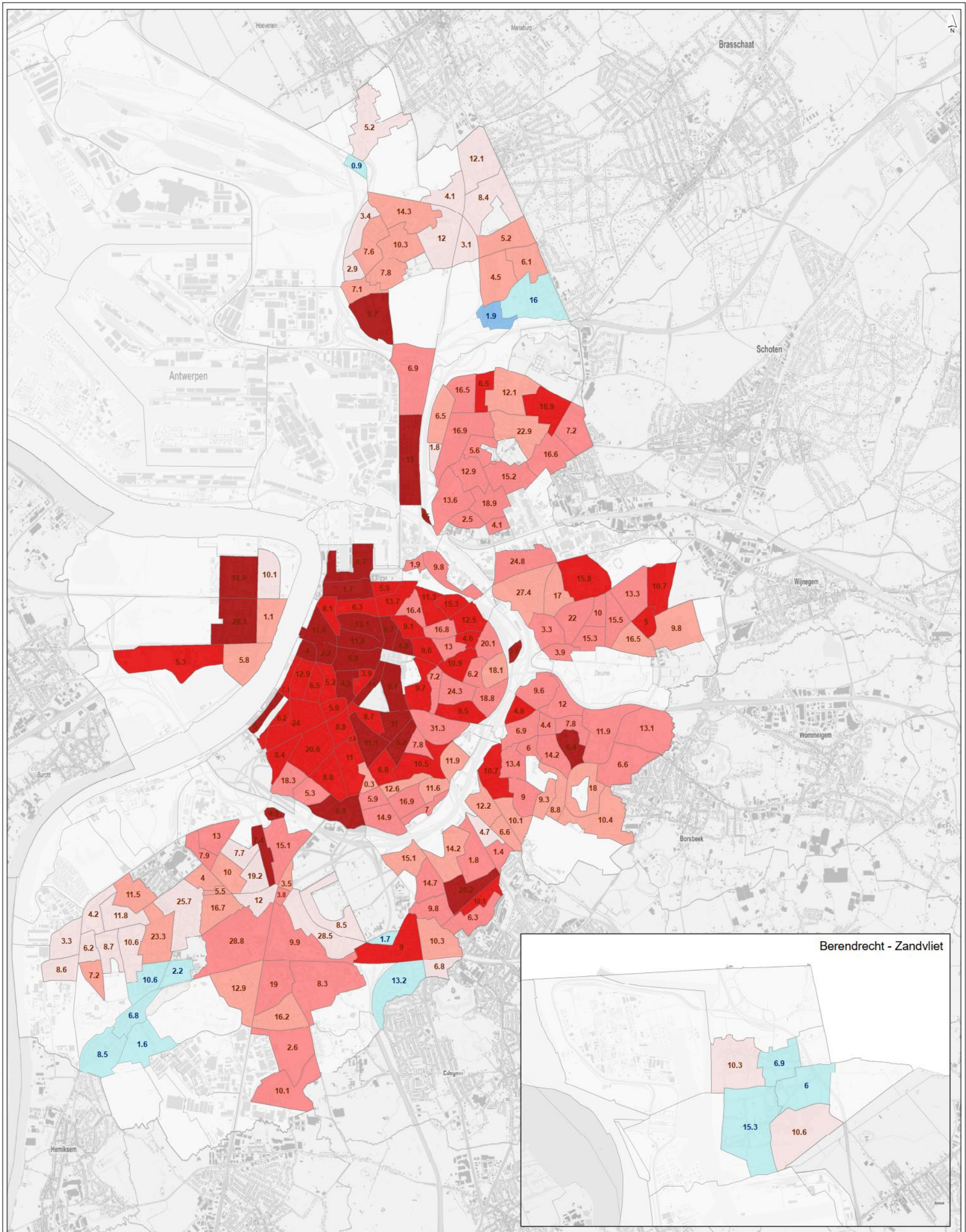
Warmtenetten HT vs all-electric
100% renovatie, warmteprijs 10EUR/MWh

opdrachtgever: Stad Antwerpen
projectnaam: Warmtezonering Antwerpen
projectcode: 117190

schaal: 1:40000
0 500 1000 1500 2000 2500 m



Figuur 19: warmtezoningskaart 2050 in 50% renovatiescenario



Percentage goedkoper dan alternatief op basis van TCO voor 30 jaar	
all-electric	warmtenet
■ < 25%	■ < 25%
■ 26% - 50%	■ 26% - 50%
■ 51% - 75%	■ 51% - 75%
■ 76% - 100%	■ 76% - 100%
■ >100%	■ > 100%

Tekstlabel: vermogen (MW)

getekend: C.D. Kraan
 gecontroleerd: A. Jonkers
 goedgekeurd: R. van Muylder
 versie: definitief
 datum: 4-12-2019
 tekeningnr: W1A
 formaat: A2 stand

Warmtezoningskaart

Warmtenetten HT vs all-electric
50% renovatie, warmteprijs 10EUR/MWh

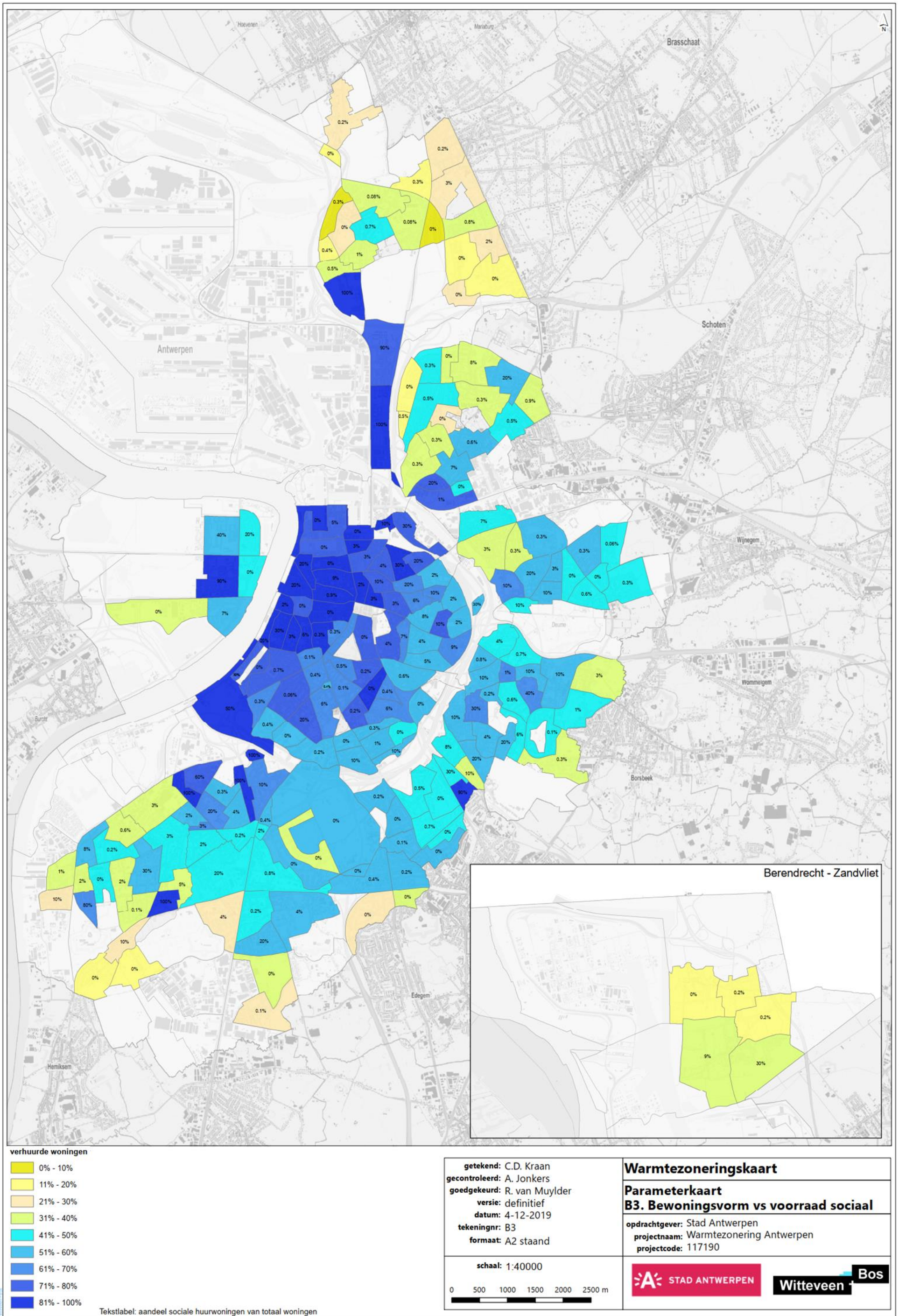
opdrachtgever: Stad Antwerpen
 projectnaam: Warmtezonering Antwerpen
 projectcode: 117190

schaal: 1:40000

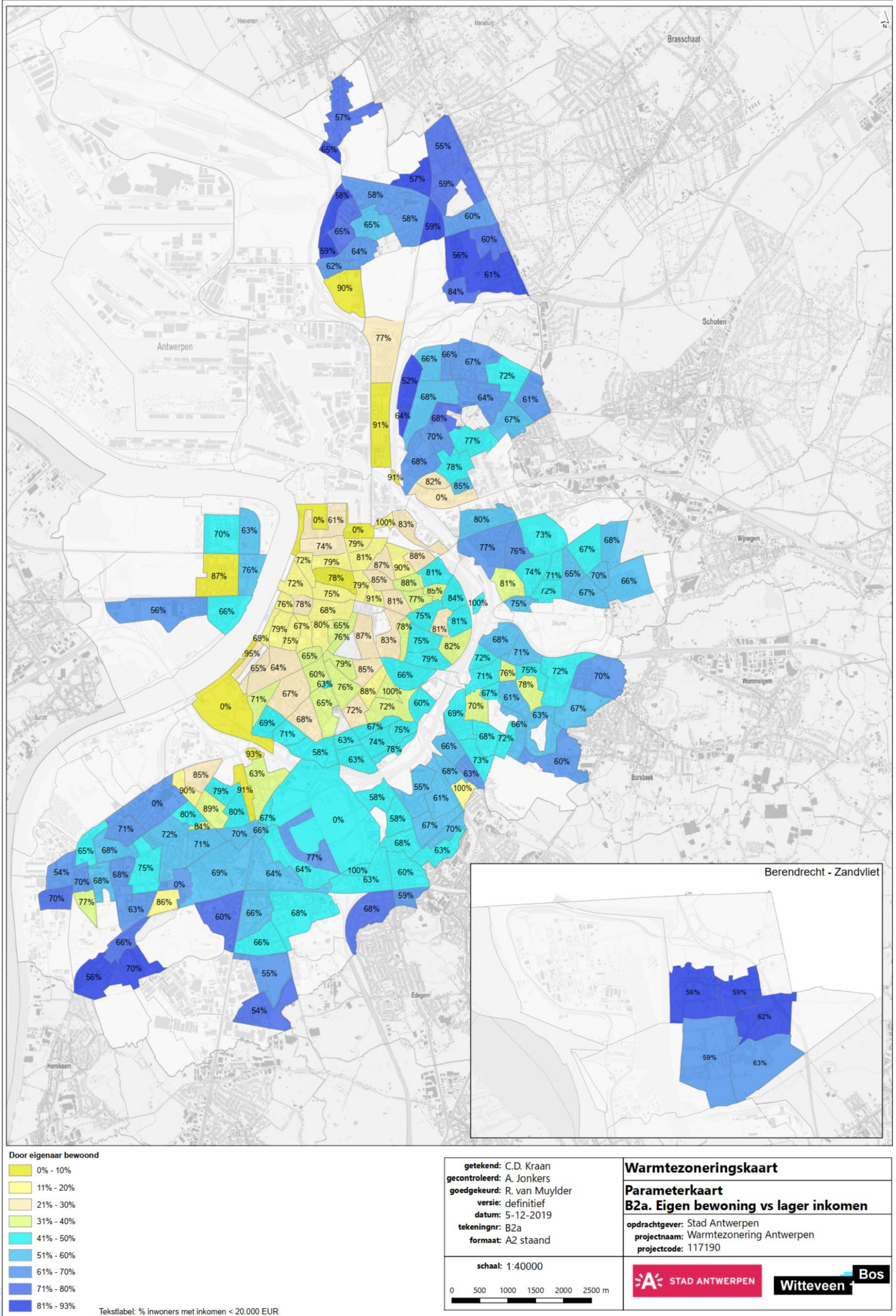
0 500 1000 1500 2000 2500 m



Figuur 20: parameterkaart aandeel huurders + label met % sociale woningen



Figuur 21: parameterkaart aandeel eigenaars + label % aantal met een netto inkomen < 20.000 €



Figuur 22: economisch meest interessante gebieden voor hernieuwbaar gas



Groen gas als economisch beste concept (TCO over 30 jaar) t.o.v. warmtenetten en all-electric, rekening houdend met beperkte beschikbaarheid potentieelkaart

- groen gas (100% biomethaan potentieel Vlaanderen in 2030)
- groen gas (10% biomethaan potentieel Vlaanderen in 2030)

getekend: C.D. Kraan
gecontroleerd: A. Jonkers
goedgekeurd: R. van Muylder
versie: definitief
datum: 5-12-2019
tekeningnr: C1
formaat: A2 staand

schaal: 1:40000
0 500 1000 1500 2000 2500 m

Warmtezoningskaart

**Potentieelkaart groen gas (biomethaan):
evaluatie t.o.v. warmtenetten en all-electric**

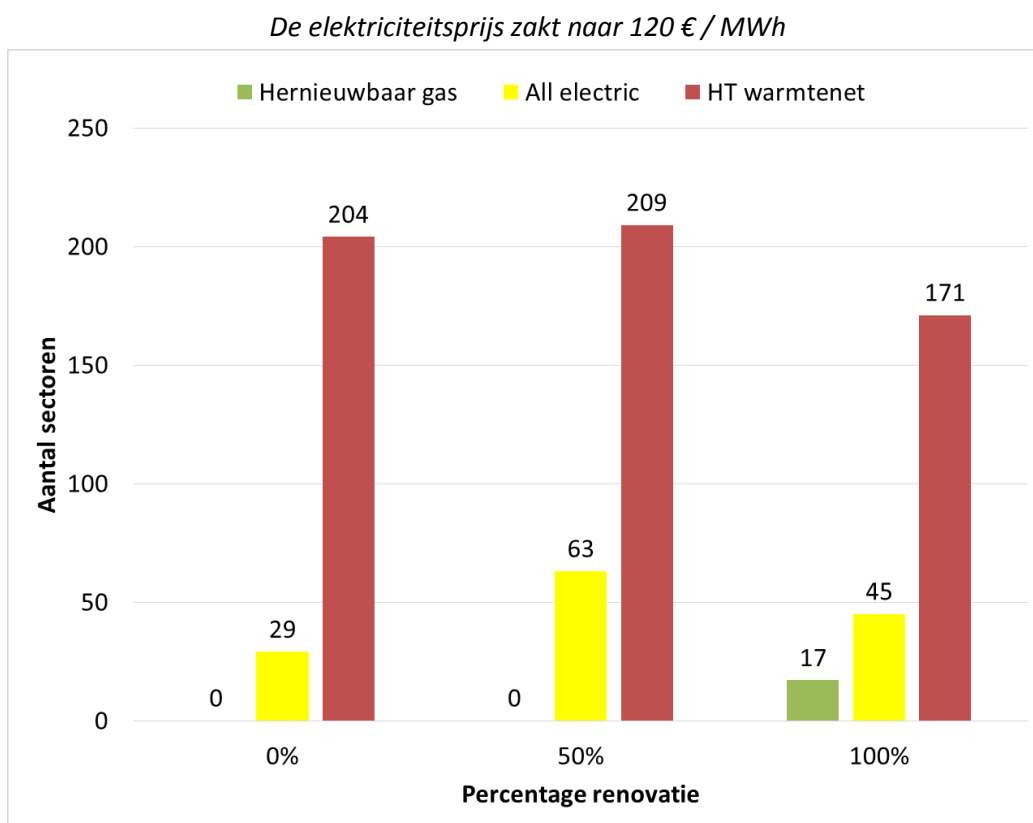
opdrachtgever: Stad Antwerpen
projectnaam: Warmtezonering Antwerpen
projectcode: 117190



6.7 Robuustheid model

Om de robuustheid van het model te controleren, wordt er vervolgens een extreme aanpassing van de parameters uitgevoerd. Dezelfde grafiek wordt opnieuw getoond en de resultaten geven weer wat de impact is op de voorkeursscenario's in vergelijking met Figuur 23. De parameters die in acht genomen worden zijn:

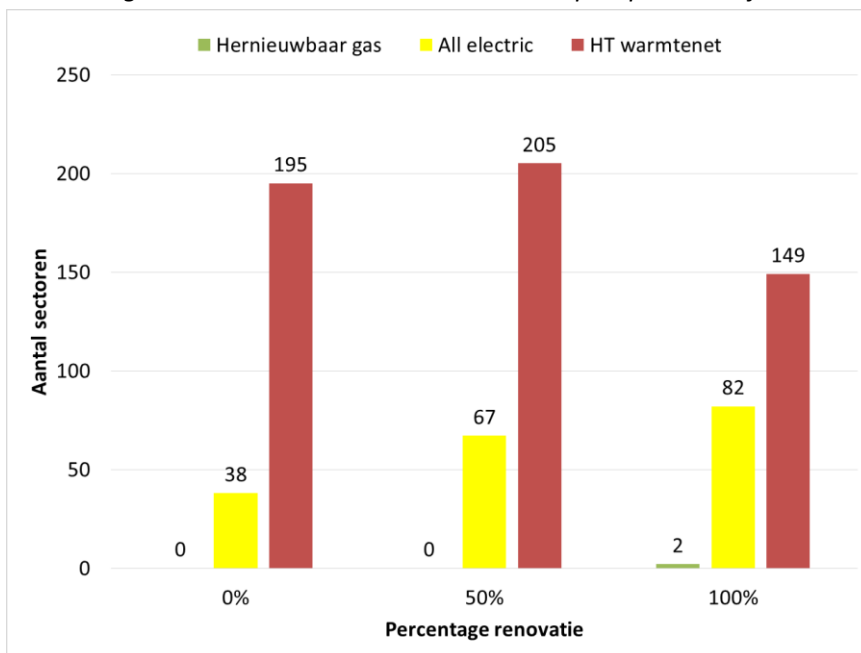
- De elektriciteitsprijs daalt van 200 € / MWh (prijs anno 2020 excl. BTW voor particulieren) naar 120 € / MWh (industriële prijs elektriciteit)
- De geschatte levensduur van een warmtepomp verhoogt van 15 naar 30 jaar.
- De looptijd van de Total Cost of Ownership (TCO) verlaagt naar 15 jaar / verhoogt naar 40 jaar
- Het warmteproductietarief verhoogt van 10 € / MWh naar 50 € / MWh



Figuur 23: verdeling energieconcepten met lager elektriciteitsstarief

Het aantal statistische sectoren in het 50% renovatie scenario verdubbelt bij het veranderen van deze parameter. Het warmtenet concept behoudt nog steeds de overhand. Er wordt geconcludeerd dat de elektriciteitsprijs een belangrijke rol speelt in het energieverhaal, maar dat de energieconcepten niet volledig omslaan naar all electric. Het verschil wordt kleiner in een 100% renovatie scenario.

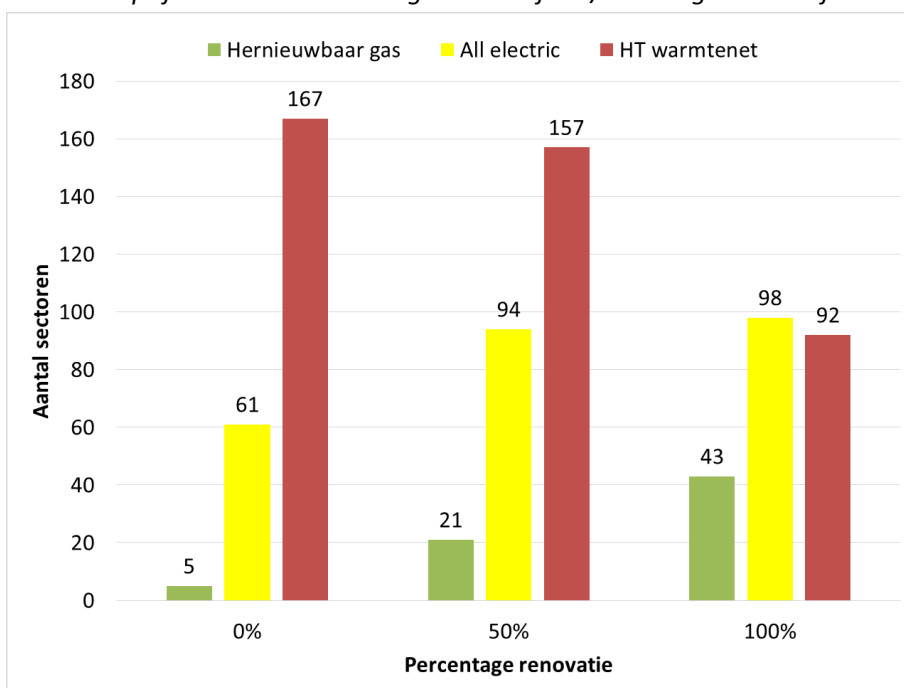
De geschatte levensduur van een warmtepomp naar 30 jaar



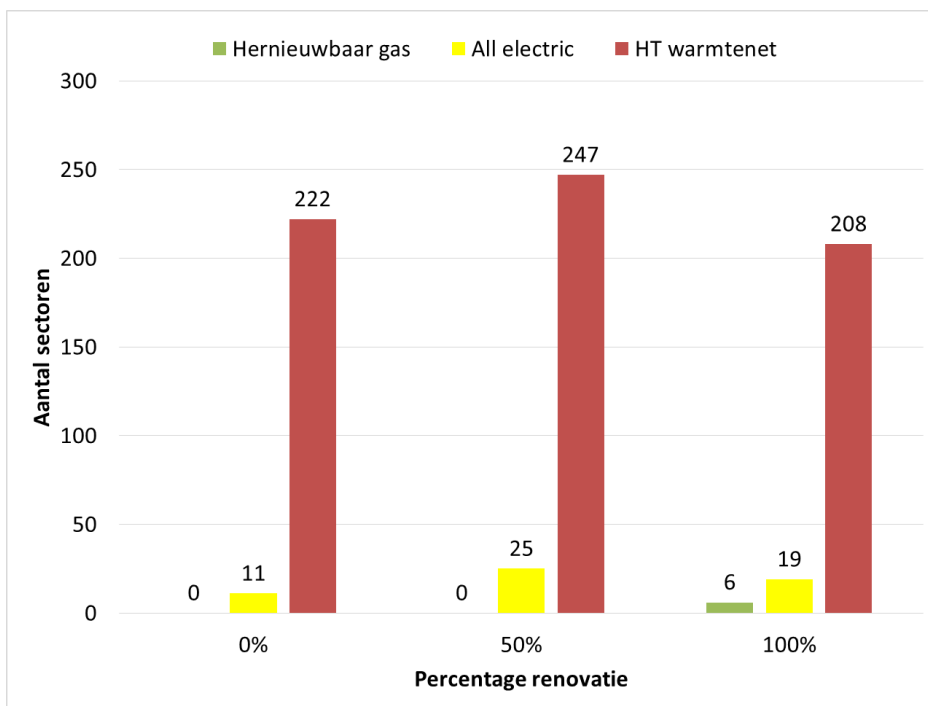
Figuur 24: verdeling energieconcepten met levensduur warmtepomp 30 jaar

Bij het aanpassen van deze parameter, wordt ervan uitgegaan dat de warmtepomp niet wordt vervangen na 15 jaar. De gemiddelde levensduur is 15 jaar, maar in de toekomst zal het wellicht mogelijk zijn dat de levensduur van warmtepompen verhoogt (onder invloed van technologische innovatie). Het verschil in energieconcepten is niet significant groter. Het all electric voorkeursscenario verandert naar 67 statistische sectoren voor het 50% renovatiescenario en volgt dezelfde stijgende trend in een 100 % renovatiescenario.

De looptijd van de TCO verlaagt naar 15 jaar / verhoogt naar 40 jaar



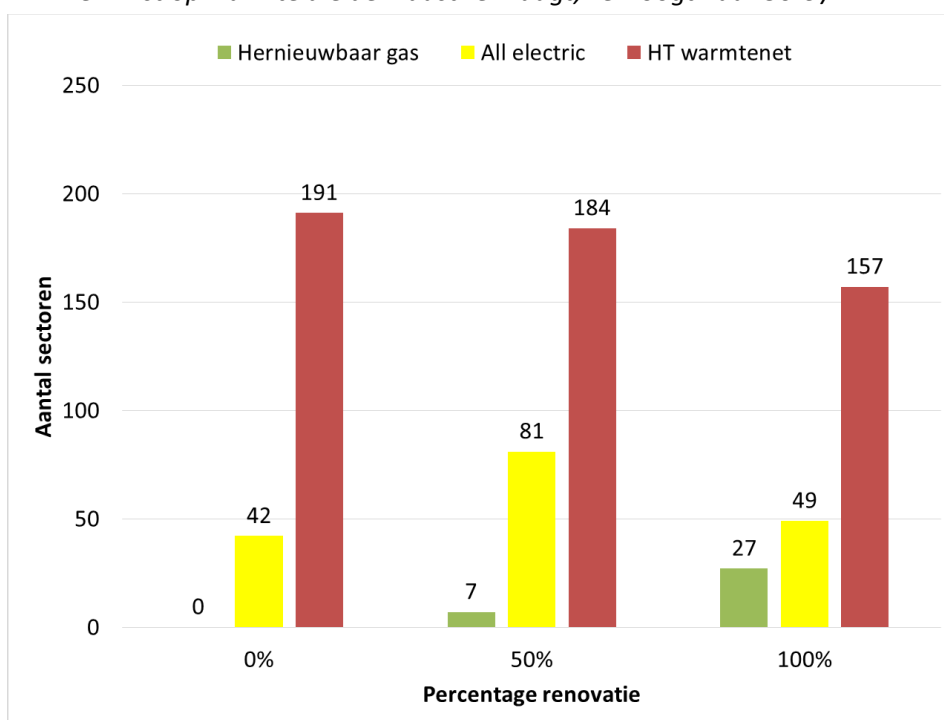
Figuur 25: verdeling energieconcepten TCO 15 jaar



Figuur 26: verdeling energieconcepten TCO 40 jaar

Deze parameter heeft een grote impact op de voorkeursscenario's. Indien de TCO daalt naar 15 jaar, wordt all electric het voorkeursscenario in 94 statistische sectoren (t.o.v. 38 in het basisscenario). Indien de TCO stijgt naar 40 jaar, is de omgekeerde beweging zichtbaar. Het voorkeursscenario all electric zakt van 38 naar 25 statistische sectoren. Deze analyse onderstreept het aanzienlijke aandeel aan investeringskosten bij warmtenetten. Bij een warmtepompscenario ligt een belangrijk aandeel bij de gebruikers.

De winst op warmte die de industrie vraagt, verhoogt naar 50 € / MWh



Figuur 27: verdeling energieconcepten winst warmte 50 € / MWh

Door de warmteprijs op te drijven, zijn er een 40-tal statistische sectoren die overspringen van het warmtenet scenario naar het all electric. De parameter heeft wel een impact, maar niet overduidelijk.

In het volgende hoofdstuk wordt bekeken per statistische sector welk energieconcept economisch het meest interessante is. Op deze manier wordt de warmtezoneringskaart verkregen. Bovenstaande conclusies over de robuustheid worden in het achterhoofd gehouden.

7 Conclusies en verdere aanpak

7.1 Definitie pilootzones

Uit de warmtezoneringkaart wordt geconcludeerd welke zones economisch het meest interessant lijken om warmtenetten aan te leggen. Dit zijn:

- Linkeroever: deel Europark en omgeving
- Historische binnenstad
- Luchtbal / Rozemaai
- Het Eilandje
- Stuyvenbergwijk
- Donkerrode zone in Deurne Zuid (statistische sector R32-)
- Zone rond Fruithoflaan (statistische sector T111 en T412)
- Donkerrode zone op het Kiel

Er zijn nog andere overwegingen relevant om prioritaire zones te beschouwen.

- Grote **infrastructuurwerken** (zoals bv. de overkapping van de Ring) kunnen bijdragen tot een efficiënte en goedkopere plaatsing van warmteleidingen, indien ze zich bevinden op een strategische plaats. Een koppeling tussen de interessante zones en de geplande werken de komende 10 jaar is aangewezen.
- Hetzelfde geldt voor **renovatiewerken** van grote appartementsgebouwen. Daar worden nu keuzes gemaakt die vastliggen voor de volgende decennia. Daarmee starten vermijdt een lock-in situatie met suboptimale energieconcepten.
- Het aandeel **grote verbruikers en stadsgebouwen** kan ook een relevante parameter zijn. Grote verbruikers hebben vaak een centrale stookplaats en een hoge warmtedichtheid. Grote verbruikers en stadsgebouwen kunnen op relatief korte termijn voor een noodzakelijk minimum kritisch afnamevolume kunnen zorgen.

Tijdens het afronden van SEViA is een **Plan Van Aanpak warmtenetten** opgesteld om de verdere uitwerking van de meest interessante pilootzones voor warmtenetten vast te leggen. In dit plan zijn de rolverdelingen tussen de verschillende stakeholders vastgelegd, alsook de timing van investeringsbeslissingen. In dit plan zit eveneens het verdere onderzoek naar de realistische beschikbaarheid van restwarmtebronnen in het Havengebied vervat. Niet alleen de bronnen in de Haven worden bekeken, er wordt eveneens bekeken of er lokaal potentieel is voor de productie van warmte en in hoeverre deze ingeschakeld kan worden voor de betrokken buurt. Deze oplossing spaart prefinancieringen in het backbonetracé uit. Anderzijds biedt het Plan Van Aanpak ook een visie op de te ontwikkelen backbone tracés die de belangrijkste warmtebronnen verbinden aan de interessante zones voor warmtenetten op langere termijn.

Er zijn enkele zones die de voorkeur hebben voor een all electric energieconcept. Het betreft:

- Zandvliet / Berendrecht
- Ekeren
- Hoboken (zuidkant)

Het is wenselijk dat in deze wijken eveneens een pilootproject wordt opgestart voor de verandering naar een all electric concept te kunnen voorbereiden.

Afstemming met betrokken diensten

Voor een betere en efficiëntere afstemming kan de potentieelkaart van warmtenetten worden afgestemd met de geplande werken van de **nutsmaatschappijen** en de heraanleg van het **openbaar domein**. Voor deze afstemming kan een **warmtenetdistributieplan** worden opgesteld op **wijkniveau** in samenspraak met alle betrokken partijen. Een structureel overleg met de betrokken partijen is wenselijk. Deze conclusie is eveneens naar voor gekomen in de klankbordgroepen met interne stakeholders (Ontwerp & Uitvoering, AG Vespa, Ruimte, Ecohuis) van de stad. Een overlegplatform met Ontwerp & Uitvoering is alvast opgestart.

7.2 Aansluitbeleid

Het is niet voldoende om pilootzones aan te wijzen, ook beleidsmatig moeten de energieconcepten verder uitgewerkt worden. Er zal gewerkt worden aan een **maatregelenmix per energieconcept**, die verder in detail zal bepalen welke maatregelen kunnen genomen worden om het concept verder te kunnen uitrollen. Verder zal er een ruimtelijk uitfaseringsschema van het aardgasnetwerk moeten worden uitgewerkt, voorzien van de nodige begeleidende maatregelen.

Voorbeelden van beleidsmaatregelen die warmtenetten stimuleren:

- Aansluitgraad verhogen door fiscale stimuli en regelgeving (bv. verbod op nieuwe stookolie- en aardgasketels in op warmtenet aansluitbare gebouwen).

Voorbeelden van beleidsmaatregelen die all electric stimuleren:

- Subsidie voor warmtepompen ruimtelijk definiëren in functie van de resultaten van het warmtezoneringsplan.
- Distributienetbeheerders leasecontracten voor warmtepompen laten aanbieden, waarbij het huurgeld via de distributienettarieven in de energiefactuur kan worden verrekend, zodat gebouweigenaars en (vaak tijdelijke) gebruikers zelf de hoge investeringen niet hoeven te maken.
- Hybride aanpak van warmtepompen en hernieuwbaar gas onderzoeken, waarbij moeilijk te isoleren gebouwen via hernieuwbaar gas WKK's worden verwarmd, die dan extra stroom kunnen leveren voor de warmtepompen in de overige gebouwen. Op deze manier kan een netverzwaring uitgespaard worden en is er een optimale synchronisatie van de stroomproductie.

De resultaten worden doorvertaald naar het niveau van wijk tot burger. Wat betekenen de keuzes voor de burger? Op welke manier communiceert de stad? Uit de gekozen pilootzones zullen hieromtrent conclusies getrokken worden. Al doende zal een draaiboek "**Wijkwarmte**" opgesteld

worden, waarin de energieconcepten in koppeling met de warmtezoneringskaart zullen worden uitgewerkt.

Deze maatregelen worden gebundeld in een Plan Van Aanpak aansluitbeleid, dat nog verder uitgewerkt dient te worden. Het is voorzien om dit plan voor te leggen eind 2020.

7.3 Verdere verfijning van het SEViA model

Er worden nog enkele suggesties weergegeven om het SEViA model in de toekomst nog verder te verfijnen:

- Er kan bekeken worden om het hoge temperatuur warmtenet verder te cascaderen, waarbij de lagere retourtemperatuur eerst nog wordt gebruikt.
- Meerdere scenario's rond het renovatiepercentage uitwerken, bv. op basis van eigenaar / huurder ratio.
- Verfijning van de backbonekosten: de dimensionering van de leidingen kan verder bepaald worden in functie van de beschikbare restwarmtecapaciteit. De kostprijs zal op deze manier meer in detail berekend kunnen worden.
- Verfijning d.m.v. hybride scenario's bv. sectoren waar een mix van all electric en warmtenetten of een mix van all electric en groen gas zal voorkomen.
- Routeplan naar 2050: scenario's die beschrijven hoe de route naar het eindbeeld best verloopt.
- Evoluties in innovatie opvolgen

8 Referenties

Cyx, W. & Renders, N. & Van Holm, M. & Verbeke, S. (2011). Scientific Report: IEE TABULA – Typology Approach for Building Stock Energy Assessment. 192 p. Geraadpleegd van http://episcopus.eu/fileadmin/tabula/public/docs/scientific/BE_TABULA_ScientificReport_VITO.pdf

Fluvius (2019). klimaatneutrale energieconcepten: denkkader voor de aanpak van energietransitie. Geraadpleegd van https://lokaal-bestuur.fluvius.be/sites/fluvius/files/2019-01/9010151_Energieconcepten.pdf

Labo XX projectteam, Stad Antwerpen (30 oktober 2014). Labo XX, kiezen voor de twintigste-eeuwse gordel. Geraadpleegd van <https://www.antwerpenmorgen.be/projecten/labo-xx/media>

Stad Antwerpen, Eandis (2016). Opmaken van een energievraagkaart voor ruimteverwarming, ruimtekoeling, warm tapwater en elektriciteitsconsumptie.

Svend Frederiksen (2013). District Heating & Cooling. Studentlitteratur Ab.

Tommelein, B. (2017, 9 juni). Nota van de Vlaamse Regering: Conceptnota Warmteplan 2020. Geraadpleegd van <https://www.energiesparen.be/sites/default/files/atoms/files/warmteplan.pdf>

9 Bijlagen

9.1 Berekening renovatiepotentieel

Het renovatiepotentieel wordt gedefinieerd als het aandeel van de woningen dat kan gerenoveerd worden tot de gewenste energieprestatiestandaard wat betreft de gebouwschil. De noodzakelijke technieken worden buiten beschouwing gelaten omdat deze deel uitmaken van de energieconcepten zelf. De gewenste energieprestatiestandaard wordt gedefinieerd als het Lage Energie scenario gedefinieerd in de Tabula studie. Deze sluit het beste aan bij de huidige energieprestatiestandaarden gedefinieerd in de EPB regelgeving. Zowel voor renovatie als voor nieuwbouwwoningen. Enkel voor de opgelegde U-waarden voor het dak is er een aanzienlijke afwijking.

Voor SEViA wordt ervan uitgegaan dat alle nieuw gebouwde woningen vanaf 2012 ook voldoen aan de gewenste standaard. Uit Tabel 14 kan evenwel niet opgemaakt worden dat er afwijking bestaat tussen het LE scenario en de eisen voor 2012. Er wordt echter van uit gegaan dat de geïntroduceerde fout niettemin eerder beperkt is. De gerealiseerde gebouwen presteren doorgaans beter dan wat de energieprestatieregelgeving oplegt, omdat er een veiligheidsmarge wordt ingebouwd en er toch een zekere wens bestaat om toekomstbestendig te bouwen. Uit de EPB – cijfers en statistieken blijkt immers dat ca. 60% van de gebouwen waarvoor een vergunning werd aangevraagd in 2012 beter doen dan de eisen voor dat jaar.²⁴. Ook het verscherpingspad dat werd gedefinieerd maakt de fout kleiner: tussen 2012 en vandaag werden tweejaarlijks verstrengingen van de EPB-eisen doorgevoerd.

	E-peil	Dak	Ramen	Gevel	Vloer
EPB 2012	E70	0,27	2,2	0,32	0,5
BEN renovatie	E60	0,24	1,5	0,24	0.24
BEN (2018)	E30	0,24	1,5	0,24	0.24
LE renovatie (tabula)	NVT	0,15	1,6	0,25	0,25

Tabel 14 Overzicht energieprestatie-eisen

Om nu het renovatiepotentieel te bepalen, wordt er gestart in het referentiejaar 2012, tevens het referentiejaar voor de energievraag en consumptiedata.

Aandeel nieuwe woningen 2017

Op basis van 2 gegevenssets kan er een inschatting gemaakt worden van de aangroei van het aantal woningen tussen 2012 en 2017. Het kadaster verschaft informatie over het aantal woningen in 2017 evenals hun bouwjaar. Zo kan het aantal woningen dat volgens deze gegevens werd opgericht tussen 2012 en 2017 worden berekend. Een tweede dataset met betrekking tot de afgeleverde vergunningen tussen 2012-2015 dient ter verificatie. Het grootste aantal van beiden wordt

²⁴ EPB cijfers en statistieken <https://www.energiesparen.be/sites/default/files/atoms/files/EPB-cijferrapport-2006-2018.pdf>

aangenomen als de aangroei van nieuwe woningen. Het relatieve aandeel van deze 'nieuwe' woningen ten opzichte van het aantal woningen in 2017 wordt aangenomen als het percentage nieuwe woningen in 2017.

P_nieuwe_woning

Aandeel gerenoveerde woningen 2017

Voor de berekening van deze parameter wordt er gestart met de premiegegevens van Fluvius met betrekking tot dak-, muur- en vloerisolatie en vervanging van ramen. Deze werden nog aangevuld met de premiegegevens die door het Antwerpse ecohuis werden uitgereikt voor totaalrenovaties. Elke premie voor een bepaald onderdeel werd in rekening gebracht a rato van zijn aandeel in de energiebesparing die een renovatie naar een lage energiewoning vertegenwoordigt. Deze aandelen werden berekend per woningtype op basis van de gegevens uit het Tabula project. Het spreekt voor zich dat de vervanging van de ramen voor een appartement een veel groter aandeel vertegenwoordigde van de totale energiebesparing dan voor een open bebouwing. Evenzo vertegenwoordigt een renovatie van een ouder gebouw een veel grotere energiebesparing dan deze van een relatief jong gebouw. Ter illustratie vertegenwoordigt een uitgereikte premie voor 1 lage energierenovatie één volledig gerenoveerd gebouw. Anderzijds is een standaard renovatie van hetzelfde gebouw slechts goed voor gemiddeld 0,8 gerenoveerde gebouwen. 5 dakrenovaties komen dan weer overeen met 1 volledig gerenoveerd gebouw. Zo wordt er een indicator voor het aandeel gerenoveerde woningen in een wijk in 2017 bekomen:

P_gerenoveerde_woning_huidig

Maximaal te renoveren woningen rekening houdende met socio-economische parameters.

Met deze parameter wordt er een inschatting gemaakt van de invloed van socio-economische eigenschappen van een bepaalde wijk. Er wordt aangenomen dat een laag gemiddeld inkomen een rem is op het renovatiepotentieel. De verhuisintensiteit betekent dan weer net een stimulan.

Om een inschatting te maken van het renovatiepotentieel tegen 2050, werd een bepaald gewenst renovatietempo aangenomen. Daarbij wordt ervan uitgegaan dat het volledige woningbeleid er ook op is gericht om dat renovatietempo waar te maken. Er werd echter wel rekening gehouden met een aantal parameters die het realiseren van dat renovatietempo kunnen bemoeilijken. Vooreerst werd er een onderscheid gemaakt tussen woningen bewoond door de eigenaars en woningen die worden verhuurd. In het eerste geval is er een grotere stimulan tot het doorvoeren van energiebesparende maatregelen omdat dit de waarde van de woning verhoogt. Voor verhuurde woningen is die stimulan voor de eigenaar iets zwakker. Voor eigenaarswoningen werd dan rekening gehouden met het aandeel van netto inkomens boven de 20.000€ per jaar. Hoe hoger het aandeel hoe waarschijnlijker dat het gewenste renovatietempo gehaald kan worden. Voor de huurderswoningen werd rekening gehouden met de verhuisintensiteit. Hoe hoger deze intensiteit, hoe meer verhuisbewegingen, hoe waarschijnlijker dat ook verhuurders zullen aangezet worden om de kwaliteit van de door hen verhuurde woning te verhogen.

Voor beide parameters werd een drempelwaarde berekend die de som is van de gemiddelde waarden over alle buurten plus de standaardafwijking daarop. Een verhuisintensiteit of een

gemiddeld inkomen boven deze drempelwaarde resulteert in het gewenste renovatietempo. Elke waarde daaronder resulteert in een proportionele aanpassing van het renovatietempo naar beneden maar nooit onder de helft van het beoogde renovatietempo.

$$P_{r,eig} = (A_F - A_N) * MAX\left(\frac{p_r}{2}, p_r * p_{ink}\right) * P_{eig}$$

$$P_{r,huur} = (A_F - A_N) * MAX\left(\frac{p_r}{2}, p_r * p_{vi}\right) * P_{huur}$$

$$P_{r,max} = P_{r,eig} + P_{r,huur}$$

A_F : Het referentiejaar voor het toekomstscenario (2050)

A_N : Het huidige jaar (2018)

$P_{r,max}$: Het maximale renovatiepotentieel rekening houdende met socio-economische parameters(% , aandeel van het totale aantal woningen)

$P_{r,huur}$: Het renovatiepotentieel van de huurwoningen (% , aandeel van het totale aantal woningen)

$P_{r,eig}$: Het renovatiepotentieel van de eigenaarswoningen (% , aandeel van het totale aantal woningen)

p_r : Het gewenste renovatietempo = 3% (% per jaar)

p_{vi} : De verhuisintensiteit proportioneel ten opzichte van het gemiddelde + de standaarddeviatie

p_{ink} : Aandeel netto inkomens boven de 20.000 ten opzichte van het totaal aantal inkomens. Proportioneel ten opzichte van het gemiddelde + de standaarddeviatie

Aandeel niet te renoveren woningen.

Een deel van het stedelijk patrimonium heeft een beschermingsstatus omwille van haar erfgoedwaarde. Dit legt om legitieme redenen een rem op de energetische renovatie van woningen. Er worden rekening gehouden met 2 types van bescherming. Enerzijds zijn er de monumentale gebouwen waarvoor er van uitgegaan wordt dat renovatie van de schil niet mogelijk is omwille van de bescherming van zowel interieur als exterieur. Anderzijds zijn er de beschermdde gebouwen die geen monument zijn en waarbij er van uitgegaan wordt dat renovatie slechts gedeeltelijk mogelijk is. Buitengevelisolatie en vervanging van de ramen in de voorgevel zijn in dit geval vaak niet mogelijk of onderworpen aan strenge regels. SEViA gaat er vanuit dat de voorgevel in zijn geheel is uitgesloten van energetische renovatie. In het afwegingskader voor buitengevelisolatie werd berekend welke vraagreductie bereikt kan worden zonder de zichtbare gevel te isoleren.

Deze gegevens laten toe om een inschatting te maken van het renovatiepotentieel van deze gebouwen.

Gebouwtype	Bebouwingstype	Bescherming	P_max_E_reductie
Eengezinswoning	gesloten bebouwing	voorgevel	66%
Eengezinswoning	halfopen bebouwing	voor- en 1 zijgevel	58%
Eengezinswoning	open bebouwing	voor- en 2 zijgevels	50%
Appartement	gesloten bebouwing	voorgevel	79%
Appartement	halfopen bebouwing	voor- en 1 zijgevel	72%
Appartement	open bebouwing	voor- en 2 zijgevels	65%

Het totaal niet te renoveren aandeel van een wijk wordt nu als volgt berekend:

$$P_{nr} = P_m + P_{nm} * \left(1 - \frac{p_{\max E}}{p_{LE}}\right)$$

P_{nr} : Aandeel niet renoveerbare woningen ten opzichte van totaal aantal woningen (%)

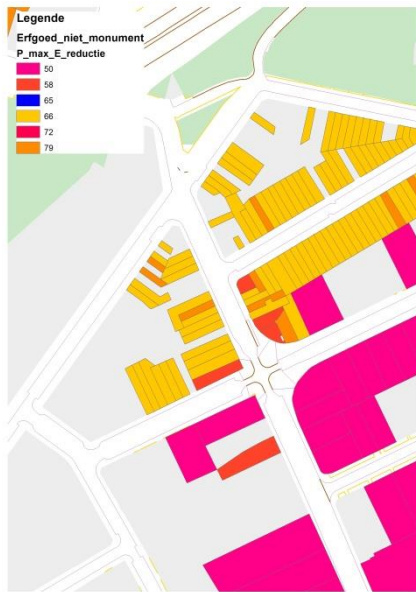
P_m : Aandeel monumentale woningen, in zijn geheel niet renoveerbaar (%)

P_{nm} : Aandeel niet monumentale woningen met erfgoedwaarde (%)

$p_{\max E}$: Potentiele vraagreductie rekening houdende met de beschermingsstatus (%)

Deze parameter werd berekend per perceel afhankelijk van de beschermde delen en de gegevens uit het afwegingskader buitengevelisolatie. In Figuur 28 wordt dit voor een stadsdeel met veel beschermde gebouwen weergegeven.

p_{LE} : Potentiele vraagreductie bij een Lage Energie renovatie (%)



Figuur 28 Potentiële vraagreductie per perceel

Het totale renovatiepotentieel

Het totale renovatiepotentieel uitgedrukt als het aandeel van het totale aantal woningen dat de lage energiestandaard kan bereiken mits de nodige ingrepen. Daarvoor wordt eerst het aandeel nog te renoveren woningen berekend door het aantal nieuwe, reeds gerenoveerde en niet renoveerbare woningen af te trekken van het totale aantal. Dit levert ons het aandeel nog te renoveren woningen op. Als dit vermenigvuldigen wordt met het maximale renovatiepotentieel rekening houdende met socio-economische parameters, geeft dit het theoretisch aandeel nog te renoveren woningen per wijk. Samengeteld met het aandeel nieuwe en reeds gerenoveerde woningen geeft dit het totaal renovatiepotentieel.

$$P_{r \text{ tot}} = P_r(1 - P_{nr} - P_{\text{nieuw,reno}}) + P_{\text{nieuw,reno}}$$

P_{tot} : het totale renovatiepotentieel van een wijk uitgedrukt als het aandeel van de woningen dat in 2050 kan beantwoorden aan de renovatiestandaard (E60- lage energie). (%)

$P_{\text{nieuw,reno}}$: het aandeel van nieuwe en reeds gerenoveerde woningen samengesteld als volgt:

$$P_{\text{nieuw,reno}} = P_{\text{nieuwe_woning}} + P_{\text{gerenoveerde_woning_huidig}}$$

9.2 Berekening kostprijs renovatie

Zoals aangegeven in 6.3.1 worden de Tabula kengetallen gebruikt voor het bepalen van de kosten van een renovatie. Tabula specificeert 2 renovatiescenario's: Lage Energie en EPB2010. De kengetallen voor het scenario 'Lage Energie' werden gebruikt omdat dit beter aansluit bij de eisen aan een BEN renovatie. Deze kosten zijn echter integrale kosten, met inbegrip van aanpassingen aan de conversietechnologie en dateren van 2010, het jaar voor de Tabula studie werd uitgevoerd. Daarom werden 2 bewerkingen doorgevoerd:

Zuivering van het aandeel van ingrepen andere dan deze in de gebouwschil:

In Tabel 15 worden de in Tabula gehanteerde kosten voor de technische installaties weergegeven. Deze moeten in mindering gebracht worden van het kengetal voor een bepaalde maatregel. Omdat de kengetallen per vierkante meter vloeroppervlakte uitgedrukt worden en de investeringen in de technische installaties voor een groot deel per stuk, moeten deze eerst omgevormd worden. Om dat te doen werd eerste een gemiddelde vloeroppervlakte berekend over alle types. Vervolgens werden de som van de maatregelen met een stukprijs gedeeld door deze gemiddelde vloeroppervlakte. Zo wordt de gemiddelde prijs van 127,8 €/m² voor de maatregelen onderdeel van het pakket 'lage energie renovatie' bepaald. Dit zijn alle maatregelen in Tabel 15 **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** met uitzondering van de het ventilatiesysteem C dat deel uitmaakt van de renovatie EPB 2010.

SPACE HEATING AND HOT WATER PRODUCTION		
Condensing combi boiler	3500	€/pc
Adaptation of space heating control systems	10	€/m ²
Installations of ducts and radiators	40	€/m ²
Solar thermal system - 5m ² solar thermal panels, all other components included	5500	€/pc
VENTILATION		
Exhaust air mechanical ventilation system - type C	2500	€/pc
Mechanical ventilation system with heat recuperation (η 0,8) , all components included	4500	€/pc

Tabel 15 Tabula kengetallen technische installaties

$$K_{corr} = K - \frac{3500}{A_{gem}} - \frac{5500}{A_{gem}} - \frac{4500}{A_{gem}} - 10 - 40$$

$$A_{gem} = 173,56 \text{ m}^2$$

Dit getal wordt in mindering gebracht van de originele kengetallen:

$$K_{corr} = K - 127,8 \text{ €/m}^2$$

Indexering van de resultaten naar het referentiejaar voor SEViA.

Omdat het 'scientific report' werd geschreven in 2011 gebaseerd op gegevens uit 2010 werd een actualisering van de kengetallen doorgevoerd met behulp van indices S en I die gangbaar zijn in de bouwsector²⁵. Met een verdeling van 50% loonkost en 50% materiaalkost kan een index voor 2018 worden samengesteld van 116%. Om de kengetallen te actualiseren worden ze vermenigvuldigd met deze index. Dit resulteert in onderstaande tabel voor de kengetallen voor een renovatie van de gebouwschil voor elk type. Voor de blauw gemarkeerde types en de gebouwen gebouwd na 2012 werden zoals eerder gesteld geen kengetallen opgesteld.

Tabula type	K €/m ² Excl btw	K_{corr} €/m ²	$K_{corr+ind}$ €/m ²	f_{pass}
AB.02.Gen	375	247	287	160%
AB.03.Gen	350	222	258	154%
AB.04.Gen	350	222	258	170%
AB.05.Gen	325	197	229	157%
AB.06.Gen				
industrie				
MFH.01.Gen	375	247	287	163%
MFH.01.Small	375	247	287	165%
MFH.02.Gen	375	247	287	149%
MFH.02.Small	375	247	287	170%
MFH.03.Gen	350	222	258	171%
MFH.03.Small	350	222	258	167%
MFH.04.Gen	350	222	258	156%
MFH.04.Small	350	222	258	167%
MFH.05.Gen	325	197	229	165%
MFH.05.Small	325	197	229	172%

²⁵ <https://www.arch-index.be/indexen.asp#>

MFH.06.Gen				
MFH.06.Small				
onbebouwd				
SFH.01.Gen	275	147	171	171%
SFH.02.Gen	300	172	200	170%
SFH.03.Gen	275	147	171	170%
SFH.04.Gen	275	147	171	172%
SFH.05.Gen	275	147	171	159%
SFH.06.Gen				
tertiair				
TH.01.Gen	250	122	142	171%
TH.01.Semi	250	122	142	170%
TH.02.Gen	275	147	171	171%
TH.02.Semi	300	172	200	171%
TH.03.Gen	250	122	142	171%
TH.03.Semi	275	147	171	173%
TH.04.Gen	250	122	142	169%
TH.04.Semi	250	122	142	170%
TH.05.Gen	250	122	142	163%
TH.05.Semi	250	122	142	158%
TH.06.Gen				
TH.06.Semi				

Tabel 16 Kengetallen per typologie

De inschatting van de kosten voor renovatie van de verschillende schildelen tot een bepaald energieprestatieniveau kan gebeuren aan de hand van de parameters die in het kader van de **Tabula**

en episcopestudie werden opgesteld. Zij geven de globale kostprijs weer voor de transformatie van elk type woning naar een Lage Energie standaard en BEN standaard.

9.3 Witteveen+Bos nota: analyse bronkosten en transmissiekosten

Witteveen + Bos

NOTITIE

Onderwerp	SEViA - Analyse bronkosten en transmissiekosten HT warmtebronnen Antwerpen
Projectcode	117190
Datum	20 november 2019
Versie	concept01
Referentie	-
Auteur(s)	ir. C.G.J.Hügel, ir. R. Van Muylder
Bijlage(n)	-
Aan	Stad Antwerpen, afdeling EMA
Kopie	-

Inleiding

In deze notitie wordt een inschatting gemaakt van de bronkosten en transmissiekosten van verschillende restwarmtebronnen. Daartoe is eerst een analyse gemaakt van de aanwezige bronnen, het type bron, energiepotentie en beschikbare capaciteit. Vervolgens zijn met kentallen kosten toegekend aan de verschillende restwarmtebronnen.

Restwarmtebronnen

zoeklocaties restwarmtebronnen

Op basis van informatie van de Stad Antwerpen²⁶ bevinden zich op tenminste drie nabijgelegen locaties veelbelovende restwarmtebronnen binnen het havengebied. Deze locaties zijn opgenomen in tabel 2.1 en grafisch weergegeven in afbeelding 2.1.

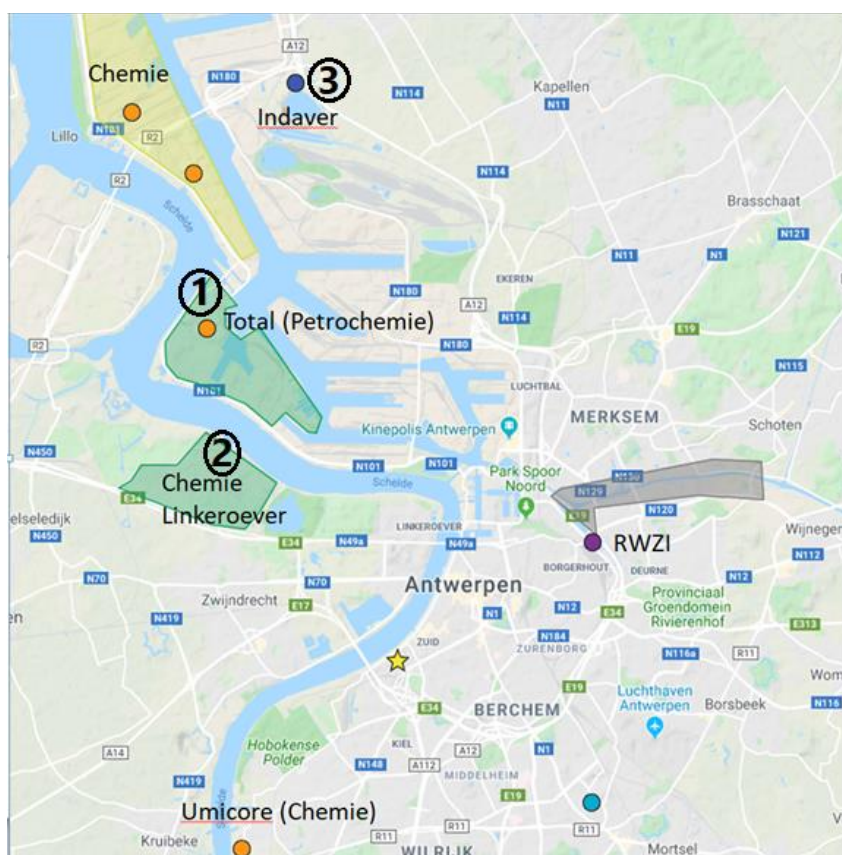
Tabel 17 drie zoeklocaties voor restwarmte in het havengebied van Antwerpen

²⁶ Britt Verhesen, 28-10-2019, email.

ID	Gebied	Geschat aantal bedrijven met restwarmte
1	Total en Exxon	2
2	Chemie Linkeroever	6
3	Indaver	1

Daarnaast wordt ook de RWZI van Deurne en de ISVAG verbrandingsoven in Wilrijk als potentiële locatie voor de productie van duurzame warmte gezien. Verdere analyse zal in meer detail ingaan op de restwarmtebronnen in het havengebied.

Afbeelding 9.1 locaties van restwarmtebronnen in Antwerpen



Potentie restwarmte

Energiepotentie restwarmte

De energiepotentie van de verschillende bronnen is weergegeven in tabel 2.2 en tabel 2.3. De informatie is afkomstig van Geopunt.be²⁷. Uit deze tabellen volgt dat er met name veel potentie is voor restwarmte bij Total, Exxon en Indaver. De potentie voor restwarmte bij de chemie bedrijven

²⁷ Geopunt.be, 2012, restwarmtepotentieel grote industrie 2012 voor 80-120 graden en 120-200 graden Celsius.

op linkeroever is naar verhouding kleiner, maar nog steeds significant. 200 GWh komt overeen met circa 8600 woningen die 2000 m³ hoogcalorisch aardgas per woning per jaar verbruiken.

Tabel 18 industriële restwarmte afkomstig van grote industrie

ID	Bedrijfsnaam	Type bron	80-120 graden C. [GWh/jaar]	120-200 graden C. [GWh/jaar]
1A	Total	Olieraffinaderij	>200	>200
1B	Exxon	Olieraffinaderij	>200	>200
2A	Ineos	Chemische industrie	20 - 200	20 - 200
2B	Lanxess/Arlan xeo	Chemische industrie	20 - 200	20 - 200
2C	3M Belgium	fabrikant	20 - 200	20 - 200
2D	Exxon mobiel	Chemische industrie	<20	<20
2E	Eval	Chemische industrie	<20	<20
2F	Fuji	Chemische industrie	<20	<20

Tabel 9.3 Restwarmtepotentieel afvalverbrandingsinstallaties²⁸

ID	Bedrijfsnaam	Type bron	Potentieel [GWh/jaar]
3A	Indaver	Afvalverwerkingsbedrijf	250-500

Capaciteit restwarmte

Afbeelding 2.2 toont een kaart met daarop een inventarisatie van de warmteverliezen per bedrijvenscluster. De kaart is opgesteld door het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen in 2012 en overgenomen in een rapport door VITO uit 2015²⁹ naar de warmtepotentie in Vlaanderen. Op basis van het rapport van VITO kan het volgende worden gesteld:

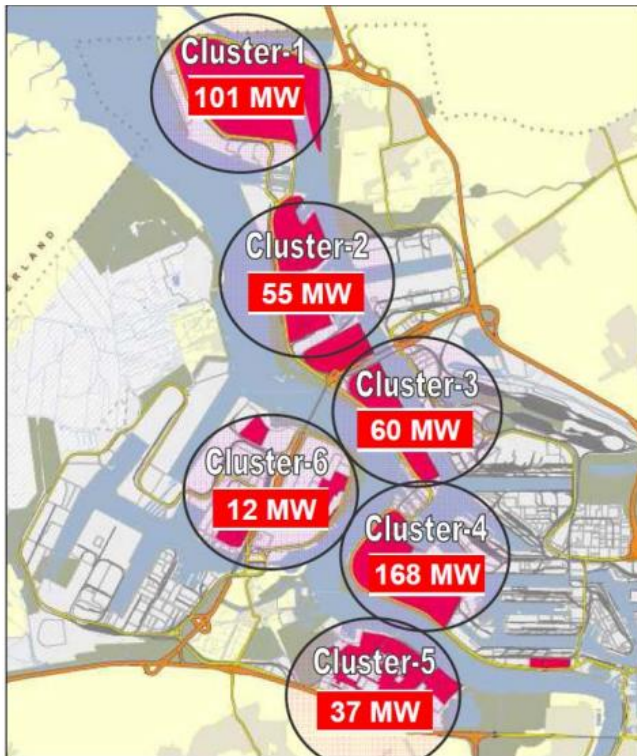
- 1 De aangegeven vermogens vormen een sommatie van geïnventariseerde restwarmtebronnen met een thermisch vermogen van minimaal 1MW en een temperatuur tussen 80° en 120° Celsius.
- 2 De genoemde vermogens betreffen een theoretisch potentieel/bovengrens;
- 3 De potentie voor restwarmte is alleen vastgesteld voor warmteverliezen tussen de 80° en 120° Celsius. Op hogere temperatuur niveaus is ook restwarmte beschikbaar. Deze potentie is echter geen onderdeel van de kaart zoals weergegeven in afbeelding 2.2.
- 4 Het gesommeerde vermogen van warmteverliezen op hogere temperaturen (>120° Celsius) wordt door experts geschat in dezelfde orde grootte als de warmteverliezen tussen de 80° en 120° Celsius;

²⁸ Gepunt.be, 2012, Restwarmtepotentieel afvalverbrandingsinstallaties

²⁹ Vito, Warmte in Vlaanderen, oktober 2015, origineel afkomstig van GHA 2012.

- 5 De restwarmte boven de 120° Celsius is niet noodzakelijkwijs beschikbaar voor externe warmtelevering, maar kan ook intern door de bedrijven worden gebruikt als daar toepassingen voor bestaan.

Afbeelding 9.2 restwarmtebronnen per cluster met een vermogen van minimaal 1 MW en een temperatuur tussen 80°-120°C, kaart overgenomen uit rapport van VITO. Origineel afkomstig uit rapport van het Gemeentelijke Havenbedrijf Antwerpen.



Bronkosten

Onder bronkosten worden de kosten verstaan die nodig zijn om restwarmte te ontkoppelen en in te voeden op een warmtenet. De bronkosten zijn vastgesteld aan de hand van twee bronnen:

- 1 Het Nederlandse Planbureau voor de Leefomgeving (PBL);
- 2 Twee kostenramingen door Witteveen+Bos.

Bronkosten volgens het PBL

De minimale en maximale bronkosten zijn in tabel 3.1 opgenomen voor de type installaties die op de drie locaties in het Antwerpse havengebied voorkomen. Deze kosten kentallen zijn gebaseerd op een marktconsultatie uit 2012 die is uitgevoerd door CE Delft³⁰. De kentallen uit deze marktconsultatie zijn recent bijgesteld en getoetst in een validatiesessie die in april 2019 is uitgevoerd door het PBL³¹.

Tabel 19 Kostenrange voor het ontkoppelen van restwarmte uit industriële restwarmte en afvalverbrandingsinstallaties

³⁰ CE Delft, December 2017, Functioneel ontwerp Vesta 3.0,

³¹ PBL,, April 2019, Vesta Mais, Validatiesessies voor het Vesta-MAIS-model

	Minimale kosten [EUR/kW]	Maximale kosten [EUR/kW]	Minimale capaciteit [MW _{th}]
Afvalverbrandingsinstallatie	150	175	3,0
Industriële restwarmte	225	275	6,0
Industriële restwarmte uit raffinaderijen	225	275	6,0

Bronkosten uit raming door Witteveen+Bos

Witteveen+Bos heeft voor twee Rotterdamse bedrijven de totale kosten geraamd voor het uitkoppelen van restwarmte naar een warmtenet. De kosten zijn opgenomen in tabel 3.2. De kostenraming is exclusief omzetbelasting en de aanschaf van grond en is opgebouwd uit de volgende kostenposten:

- 1 Civiël, werktuigbouwkundig, elektrotechniek;
- 2 Geijkte warmtemeter (nodig voor afrekenen van warmte);
- 3 Leidingwerk van locatie uitkoppeling naar hoofdleiding warmtenet;
- 4 Engineering;
- 5 Projectrisico's.

Tabel 20 Kostenraming uitkoppelen restwarmte bij twee Rotterdamse bedrijven

	Type bedrijf	Vermogen [MW _{th}]	Totale kosten [EUR]	Unit kosten [EUR/kW _{th}]
Bedrijf 1	t.b.d.	9,5	4.200.000	442
Bedrijf 2	t.b.d.	15	7.300.000	487

Conclusie en advies

De twee tabellen laten een relatief grote spreiding zien. Het advies is om in de economische analyses de volgende bandbreedtes te hanteren:

- industriële restwarmte: 250 - 500 EUR / kW_{th}
- afvalverbrandingsinstallaties: 150 - 400 EUR / kW_{th}

HT warmtenet - opbouw en kosten

De kosten van een HT stadswarmtenet voor het ontsluiten van restwarmte zijn te herleiden tot 5 onderdelen. Deze onderdelen zijn grafisch weergegeven in afbeelding 4.1.

- 1 De warmtetransportleiding;
- 2 Warmteoverdrachtstations (WOS)
- 3 Hulpwarmtecentrale (HWK)
- 4 Het warmtedistributienet;
- 5 Onderstations (OS)

Warmtetransportleiding (backbone)

De warmtetransportleiding transporteert warmte van de restwarmtebron naar het warmteoverdrachtstation.

Warmteoverdrachtstation en hulpwarmtecentrale

Vanaf het warmteoverdrachtstation wordt warmte uitgewisseld tussen de warmtetransportleiding en het warmtedistributienet. In sommige gevallen is ook een hulpwarmtecentrale aanwezig. Deze centrale kan worden gebruikt voor het opvangen van een piekvraag en/of als back-up tijdens onderhoud aan de warmtetransportleiding. De locatie van een dergelijke hulpcentrale staat echter niet vast, maar kan als onderdeel van het warmteoverdrachtstation worden gezien.

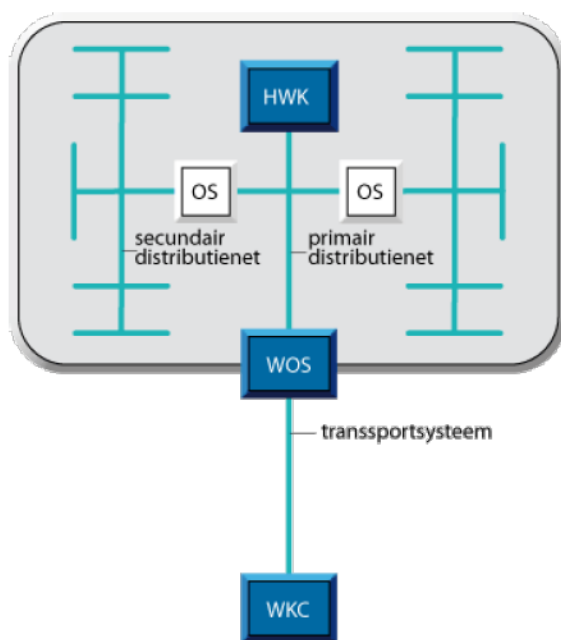
Warmtedistributienet en onderstations

Via het warmtedistributienet wordt warmte gedistribueerd naar woningen en utiliteit. Daarbij kan onderscheid worden gemaakt tussen:

- het primaire distributienet: het distributienet van warmteoverdrachtstation tot onderstation;
- het secundaire distributienet: het distributienet van onderstation tot woning/utiliteit.

Het onderstation vormt dus de koppeling tussen het primaire en secundaire net. Echter moet worden opgemerkt dat grote verbruikers mogelijk hun eigen onderstation hebben. Zoals bijvoorbeeld appartementencomplexen. In zo'n geval vervaagt het onderscheid tussen de gebouw gebonden installaties en het warmtenet.

Afbeelding 9.3 Structuur van een HT warmtenet, afbeelding afkomstig uit ISSO standaard 7³²



Kosten warmtetransportleiding

De investeringskosten voor aanleg van een meter dubbele leiding (aanvoer en afvoer) zijn op twee wijze bepaald:

- Investeringskosten zoals gebruikt in het Vesta Mais model van het Nederlandse Planbureau voor de leefomgeving (PBL)³³;

³² ISSO, 2012, ISSO-publicatie 7 Grondleidingen voor warmte- en koudetransport

- Algemene rekenregels van een Nederlands warmtebedrijf³⁴.

Investeringskosten Vesta Mais

Het Nederlandse Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) gebruikt voor haar ruimtelijke energiemodel (Vesta Mais) een kostenrange voor investeringskosten per meter. De investeringskosten zijn afgeleid van Greenvis-data en gebaseerd op het type ondergrond waarin de dubbele leiding wordt aangelegd. Als basis voor de kostenrange zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De minimale investeringskosten per meter warmteleiding voor aanleg van warmteleidingen in grasondergrond of een open verharding ondergrond;
- De maximale investeringskosten per meter warmteleiding voor aanleg van warmteleidingen in een ondergrond met asfalt.

De investeringskosten worden uitgedrukt als functie van het thermisch vermogen, bij een temperatuurverschil van 30° Celsius tussen de aanvoerende en afvoerende leidingen.

- Min Investeringskosten = $400 + 210 \cdot (\text{Thermisch vermogen in MW}_{\text{th}})^{0,5}$
- Max Investeringskosten = $800 + 200 \cdot (\text{Thermisch vermogen in MW}_{\text{th}})^{0,6}$

De kosten van de warmtetransportleiding hangen onder andere samen met de interne buisdiameter, stroomsnelheid en temperatuurverschil tussen de aan- en afvoerleiding (delta T). Voor de warmtetransport-leiding gaat de stad Antwerpen uit van een leidingdiameter DN600 à DN800. Het thermische vermogen voor een stalen buis is voor dergelijke diameters berekend op basis van formules en richtlijnen uit de ISSO publicatie 7³⁵. Gegeven het thermisch vermogen zijn de investeringskosten berekend aan de hand van bovenstaande formules en weergegeven in tabel 4.1.

Tabel 21 Minimale en maximale investeringskosten als functie van de buisdiameter van de warmtetransportleiding.

Buisdiameter	Delta T [graden Celsius]	Reële stroomsnelheid [m/s]	Thermische vermogen [MW _{th}]	Minimale investeringskosten [EUR/m]	Maximale investeringskosten [EUR/m]
DN600	30	3,2	36	1650,-	2500,-
DN800	30	3,7	75	2200,-	3450,-

Algemene rekenregels Nederlands warmtebedrijf

De algemene rekenregels definiëren de investeringskosten exclusief omzetbelasting als functie van de buisdiameter in millimeters. Er wordt onderscheidt gemaakt tussen stedelijk gebied en buitengebied. Voor leidingen met een diameter groter dan 300 millimeter moeten de investeringskosten met 20% worden gereduceerd.

- *Investeringskosten buitengebied per meter* = *Buisdiameter* · 3 · 80%
- *Investeringskosten in stedelijk gebied per meter* = *Buisdiameter* · 5 · 80%

³³ CE Delft, 2019, juli, Overzicht aanpassingen Vesta MAIS

³⁴ Witteveen+Bos, 2019, Algemene rekenregels van een Nederlandse warmtebedrijf

³⁵ ISSO, 2012, ISSO-publicatie 7 Grondleidingen voor warmte- en koudetransport

Belangrijk om te vermelden is dat de investeringskosten indicatief zijn en situatie/locatie specifiek. Bijvoorbeeld door extra kosten voor aankoop van grond, kruisen van waterwegen, onderboringen van infrastructuur en eventuele advieskosten. De investeringskosten moeten daarom worden gezien als bouwkosten, waarbij de werkelijke investeringskosten mogelijk hoger liggen. De investeringskosten, exclusief en inclusief 10% opslag, zijn opgenomen in tabel 4.2.

Tabel 22 investeringskosten op basis van algemene rekenregels exclusief BTW als functie van buitendiameter

Buisdiameter	Investeringskosten buitengebied [EUR/m]	Investeringskosten stedelijk gebied [EUR/m]
DN600	1450 - 1600	2400 - 2650
DN800	1900 - 2100	3200 - 3500

Conclusie en advies

De minimale en maximale investeringskosten uit tabel 4.1 en 4.2 zijn in dezelfde orde grootte. Beide methodes kunnen worden gebruikt om een indicatie te geven van de investeringskosten in warmteleidingen. Het belangrijkste uitgangspunt is om rekening te houden met aanwezigheid van eventuele verhardingen of complexe kruisingen met weg- of waterinfrastructuur.

Kosten warmteoverdracht- en onderstations

Het Nederlandse Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) gebruikt voor haar ruimtelijke energiemodel (Vesta Mais) een kostenrange voor investeringskosten in warmteoverdrachtsstations en onderstations als functie van het thermische vermogen³⁶. Beide kostenranges zijn zeer recentelijk (2019) geëvalueerd door een expertpanel. De investeringskosten zijn opgenomen in tabel 4.3. De kosten voor het warmteoverdracht-station zijn inclusief kosten voor een back-up installatie. De back-up ketel is bedoeld voor pieklevering.

Tabel 9.3 kostenrange voor warmteoverdrachtstation en onderstation op basis van gevalideerde kentallen.

Type station	Kostenrange [EUR/kW-th]	Waarvan ketelkosten [EUR/kWth]
Warmteoverdrachtstation (WOS)	125-140	50
Onderstation (OS)	120-150	n.v.t.

³⁶ 2019, juli, CE Delft, Overzicht aanpassingen Vesta MAIS

9.4 Witteveen+Bos nota: toelichting bij aanpassingen conversie- en renovatiekosten



NOTITIE

Onderwerp	Toelichting bij aanpassingen conversiekosten en renovatiekosten
Project	Warmtezoneringskaart Antwerpen
Opdrachtgever	Stad Antwerpen
Projectcode	117190
Status	concept01
Datum	2 december 2019
Referentie	-
Auteur(s)	ir. C.G.J.Hügel
Gecontroleerd door	ir. Arn Jonkers
Goedgekeurd door	ir. Roeland Van Muylder
Paraaf	
Bijlage(n)	-
Aan Kopie	Stad Antwerpen -

Inleiding

In het kader van haar ambitie om tegen 2050 klimaatneutraal te zijn, werkt Stad Antwerpen een strategische energievisie voor de stad uit. Hierbij ligt de focus hoofdzakelijk op duurzame verwarming. Als ondersteuning bij de uitwerking van de strategische visie, werkt Witteveen+Bos een warmtezoneringskaart uit op het niveau van de statistische sectoren. Twee van de parameters achter de warmtezoneringskaart zijn:

- 2 De conversiekosten per energieconcept.
- 3 De renovatiekosten tot lage energie woning;

Deze nota geeft inzicht in de opbouw van deze kosten.

Opbouw conversiekosten

Conversietechnieken

De conversiekosten zijn gebaseerd op de verschillende conversietechnieken die per energieconcept benodigd zijn. Tabel 2.1 geeft aan welke conversietechnieken zijn beschouwd voor het vaststellen van de conversiekosten per energieconcept. Voor het HT warmtenet zijn geen conversietechnieken en/of kosten gerekend, omdat deze al onderdeel zijn van de aansluitkosten die Fluvius hanteert.

Tabel 23 Conversietechnieken die zijn beschouwd per energieconcept

Energieconcept	Conversietechnieken	Opmerking
Biogas	- HR ketel	-
All electric	- Warmtepomp - LT radiatoren	-
HT warmtenet	- N.v.t	- De kosten voor aansluiting op een warmtenet zijn door Fluvius opgenomen in de aansluitkosten per woning. Er zijn daarom geen conversiekosten meegenomen voor het HT warmtenet. (*)

(*) In lijn de met redenering die in Sevia werd gemaakt, werd in de TCO-analyse de aansluitkosten als conversiecomponent meegerekend en niet als investeringskost in het distributiesysteem.

Conversiekosten

De conversiekosten per conversietechniek en tabula type zijn opgenomen in tabel 2.2 t/m 2.4 (gebaseerd op data uit Sevia, EPA, 2016).

Algemene aannames

- De totale conversiekosten per energieconcept zijn exclusief 6% BTW (zie Sevia, tabblad EPA 2016);
- De conversiekosten zijn gebaseerd op gestandaardiseerde kostenkengetallen die de rijksdienst voor ondernemend Nederland (RVO) in 2016 heeft vastgesteld³⁷;
 - De gestandaardiseerde kostenkengetallen drukken de installatiekosten per woningeenheid uit.
- Alle conversiekosten zijn specifiek gemaakt voor de Tabula woningtypen, maar er is niet gedifferentieerd tussen bouwperiode.
- Alle conversiekosten zijn gebaseerd op "niet projectmatige werkzaamheden", tenzij is verondersteld dat de conversietechniek collectief van aard is (zoals een collectieve warmtepomp);
- Alle kostenkengetallen zijn gerelateerd aan de categorie: "Op zichzelf vervangen";
- Alle kostenkengetallen zijn gebaseerd op de gemiddelde investeringskosten per conversietechniek.

³⁷ Investeringskosten energiebesparende maatregelen, RVO, <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/technieken-beheer-en-innovatie/investeringskosten-energiebesparende-maatregelen>

Aannames warmtepomp

- De installatiekosten voor de tabula types appartement blocks (AB) en multi family houses (MFH) zijn gebaseerd op projectmatige werkzaamheden en een collectieve centrale warmtevoorziening.
- Voor grote appartementen blokken en grote "multi family houses" zijn de conversiekosten gebaseerd op de installatiekosten van een bodemwarmtepomp. Met name bij gestapelde woningbouw zijn luchtwarmtepompen niet direct de meest logische keuze omdat er mogelijk geen (optimale) opstelruimte voor de buitenunits kan worden gevonden.

Aannames biogas

- De vervangingskosten voor een nieuwe biogas compatibele HR-ketel zijn conservatief ingeschat en gebaseerd op een situatie waarbij nog sprake is van een aparte keukengeiser.

Aannames HT warmtenet

- Er is verondersteld dat Fluvius in de aansluitkosten rekening heeft gehouden met de volgende onderdelen:
 - Aansluitleiding tussen HT warmtenet en woning;
 - Inpandige installatiekosten;
 - Warmtewisselaar;
 - Verwijdering bestaande installaties.

Tabel 24 Biogas scenario - investeringskosten nieuwe HR ketel

Tabula type	aanduiding	Type HR installatie	investeringskosten, exclusief BTW [EUR]
Appartement block	AB	Combi Tap HR-107 (i.p.v. VR-ketel en keukengeiser)	3.033,--
Multi Family House	MFH_gen	""	3.033,--
Multi Family House	MFH_small	""	3.179,--
Terraced house	TH.Gen	""	3.179,--
Terraced house	TH.Semi	""	3.179,--
single family house	SFH.Gen	""	3.179,--

Tabel 25 All electric scenario - investeringskosten warmtepomp

Tabula type	aanduiding	Type warmtepomp	investeringskosten, exclusief BTW [EUR]
Appartement block	AB	Collectieve warmtepomp bodem combi (i.p.v. collectieve VR/HR met collectief	14.884,--

Tabula type	aanduiding	Type warmtepomp	investeringskosten, exclusief BTW [EUR]
Multi Family House	MFH_gen	tapwater) Collectieve warmtepomp bodem combi (i.p.v. collectieve VR/HR met collectief tapwater)	14.884,--
Multi Family House	MFH_small	Combiwarmtepomp Bron Lucht - Buitenopstelling (i.p.v. cv installatie)	16.588,--
Terraced house	TH.Gen	Combiwarmtepomp Bron Lucht - Buitenopstelling (i.p.v. cv installatie)	16.588,--
Terraced house	TH.Semi	Combiwarmtepomp Bron Lucht - Buitenopstelling (i.p.v. cv installatie)	16.588,--
single family house	SFH.Gen	Combiwarmtepomp Bron Lucht - Buitenopstelling (i.p.v. cv installatie)	16.588,--

Tabel 26 All electric scenario - investeringskosten lage temperatuur radiatoren

Tabula type	aanduiding	Type radiator	investeringskosten, exclusief BTW [EUR]
appartement block	AB	Radiatoren T<35	6.409,--
Multi Family House	MFH_gen	Radiatoren T<35	6.409,--
Multi Family House	MFH_small	Radiatoren T<35	4.016,--
Terraced house	TH.Gen	Radiatoren T<35	4.016,--
Terraced house	TH.Semi	Radiatoren T<35	4.016,--
single family house	SFH.Gen	Radiatoren T<35	4.016,--

renovatiekosten

De renovatiekosten tot lage energie woning bevatten de volgende onderdelen:

- kosten voor gebouwschilisolatie;
- kosten voor ventilatiesysteem.

Ventilatiesysteem

Op basis van de tabula woningtypen blijkt dat woningen na 2006 al bezitten over een ventilatiesysteem. Daarom zijn voor de tabula types zoals weergegeven in tabel 3.1 geen extra kosten berekend voor het ventilatiesysteem. Voor de overige woningen zijn dus wel kosten voor het ventilatiesysteem opgenomen in de renovatiekosten. Deze investeringskosten bedragen gemiddeld EUR 4.500 per woningeenheid.

Tabel 27 De tabula type (gebouwen na 2006) waarvoor geen extra kosten zijn gerekend voor het ventilatiesysteem

Tabula klasse	Tabula type
Appartement block	AB.05.gen
Multi Family House	MFH.05.Gen, MFH.05.Small
Terraced house	SFH.05.Gen, TH.05.Gen
single family house	TH.05.Semi

9.5 Witteveen+Bos nota: toelichting berekening TCO warmtezonering



NOTITIE

Onderwerp	Berekening TCO Warmtezonering
Project	Warmtezoneringsskaart Antwerpen
Opdrachtgever	Stad Antwerpen
Projectcode	117190
Status	concept01
Datum	2 december 2019
Referentie	-
Auteur(s)	ir. Arn Jonkers

Gecontroleerd door	ir. Roeland Van Muylder
Goedgekeurd door	ir. Roeland Van Muylder
Paraaf	

Bijlage(n)	-
------------	---

Aan Kopie	Stad Antwerpen
	-

Inleiding

In het kader van haar ambitie om tegen 2050 klimaatneutraal te zijn, werkt Stad Antwerpen een strategische energievisie voor de stad uit. Hierbij ligt de focus hoofdzakelijk op duurzame verwarming. Als ondersteuning bij de uitwerking van de strategische visie, werd Witteveen+Bos gevraagd een warmtezoneringsskaart op te maken op het niveau van de statistische sectoren. Eén van de parameters achter de warmtezoneringsskaart is de totale systeemkost (total cost of ownership of TCO) van de beoogde scenario's over een looptijd van 30 jaar. Deze nota beschrijft de methodiek achter de berekening van deze TCO.

Beschouwde scenario's

Er worden 3 hoofdscenario's beschouwd voor de warmtezoneringsskaart:

- 4 Scenario "groen gas" (GG)
- 5 Scenario all-electric met warmtepompen (E WP)
- 6 Scenario hoge temperatuur warmtenet (HT-net)

Naast deze drie hoofdscenario's zijn er enkele subscenario's, in functie van het renovatiepotentieel binnen een statistische sector. Dit percentage kan variëren van 0 tot 100 procent.

Opbouw TCO

Bij de bepaling van de TCO van een scenario per sector, wordt de totale systeemkost van het scenario (investeringskosten en exploitatiekosten) bepaald over een looptijd van 30 jaar (tidsperiode 2020 tot 2050). Hierbij worden volgende kostenposten bepaald per scenario:

- Bronkost: de kost om de warmtebron te produceren en of de energievectoren aan te kopen;
- CAPEX distributie: de benodigde investeringskosten aan het distributienet om de energie te leveren aan de eindgebruikers;
- OPEX distributie: operationele kosten voor het beheer van het distributienet;
- CAPEX gebruiker (conversiekosten): benodigde investeringskosten bij de gebruiker om gebruik te kunnen maken van de aangeboden energiebron, bijvoorbeeld plaatsing van een warmtepomp;
- Vervangingskosten gebruiker: vervanging installaties door de gebruiker;
- OPEX gebruiker: gebruikskosten van de eigen installatie zoals elektriciteitsverbruik van een warmtepomp;
- Renovatiekosten: totaalkosten voor het behalen van een bepaald totaalpercentage aan renovaties binnen een statistische sector.

Verschillende van deze parameters en data werden per statistische sector bepaald in Sevia door Stad Antwerpen en Fluvius. Waar nodig werden kengetallen en parameters aangevuld.

Deze TCO-berekening levert per sector een totaalkost op voor de drie scenario's, waarbij het scenario met de laagste totaalkost kan beschouwd worden als voorkeursoplossing voor deze sector.

Hierna wordt in meer detail de berekening van de TCO per scenario en de gehanteerde data en aannames toegelicht.

Berekening TCO Groen gas

Bij het scenario groen gas dient men rekening te houden met de beperkte beschikbaarheid en potentieel van deze energievectoren. VITO heeft in 2017 een studie uitgevoerd naar het potentieel van biomassa in Vlaanderen tegen 2030³⁸. In deze studie werd geconcludeerd dat het totale biomethaan potentiaal 177 GWh/jaar in 2030 bedraagt in een business as usual scenario. Indien men veronderstelt dat 10% van dit potentieel ter beschikking is voor de Antwerpse warmtevraag, geeft dit een totaal beschikbare hoeveelheid biomethaan van ca. 18 GWh/jaar. Hiermee kan slechts een beperkt aantal clusters in Antwerpen voorzien worden van duurzame warmte.

Om de meest interessante clusters voor groen gas te bepalen binnen het Antwerpse grondgebied, is op iteratieve wijze de bronkosten voor groen gas verhoogd, tot de som van de warmtevraag van de clusters waarvoor groen gas het meest interessant is, gelijk is aan het beschikbare potentieel van 18

³⁸ KREPS, S., DEVRIENDT, N. et al., "Het potentieel van bio-energie in Vlaanderen in 2030", VITO, april 2017. Deze studie werd uitgevoerd in opdracht van het Vlaams Energie Agentschap (VEA).

GWh/jaar. Zelfs voor een hoog gastarief (fictieve waarde), is het voor deze clusters toch interessanter om te kiezen voor groen gas dan voor een all-electric of warmtenet oplossing.

Tabel 1 geeft de invulling van de verschillende kostenposten binnen de TCO-berekening voor het scenario “groen gas” weer.

Tabel 28 Overzicht methodologie TCO-berekening scenario groen gas

Kostenpost	Invulling	Waarde	Bron/aanname
Bronkosten	Productie groen gas	225 EUR/MWh	Fictief tarief om te komen tot maximaal potentieel groen gas (zie boven)
CAPEX distributie	distributienetwerk groen gas	0	Sevia, verder gebruik van bestaand aardgasnetwerk
OPEX distributie	onderhoud gasnetwerk distributienetbeheerder	10 EUR/MWh	distributiekost aardgas 2019
CAPEX gebruiker	aankoop cv-ketel	afhankelijk TABULA-type	Sevia en nota conversiekosten
vervangingskosten gebruiker	aankoop nieuwe cv-ketel	afhankelijk TABULA-type	levensduur cv-ketel is 15 jaar
OPEX gebruiker	onderhoud installatie gebruiker	0	buiten beschouwing gelaten
Renovatiekosten	renovatiekosten voor cluster, gekoppeld aan renovatiegraad	afhankelijk van renovatiegraad	Stad Antwerpen/Sevia

Berekening TCO all-electric Warmtepomp

Tabel 2 geeft een overzicht van de verschillende kostenposten binnen de TCO-berekening voor het scenario “all-electric warmtepomp”. Er wordt verondersteld dat er voldoende (groene) stroom geproduceerd wordt om de vraag naar elektriciteit voor de invulling van de Antwerpse warmtevraag in te vullen.

Tabel 2 Overzicht methodologie TCO-berekening scenario all electric

Kostenpost	Invulling	Waarde	Bron/aanname
------------	-----------	--------	--------------

Kostenpost	Invulling	Waarde	Bron/aanname
Bronkosten	/	/	reeds onderdeel van elektriciteitstarief
CAPEX distributie	ontsluiting reserv capaciteit en netverzwaring bestaand distributienetwerk	120 EUR/kVA 800 EUR/kVA	Fluvius
OPEX distributie	/	/	reeds onderdeel van elektriciteitstarief
CAPEX gebruiker	aankoop warmtepomp + LT-radiatoren	afhankelijk TABULA-type	zie nota conversiekosten
vervangingskosten gebruiker	aankoop nieuwe warmtepomp	afhankelijk TABULA-type	levensduur warmtepomp is 15 jaar verondersteld
OPEX gebruiker	aankoop elektriciteit	200 EUR/MWh	gemiddeld residentieel elektriciteitstarief gemiddelde COP warmtepomp, exclusief btw
Renovatiekosten	renovatiekosten voor cluster, gekoppeld aan renovatiegraad	afhankelijk van renovatiegraad	Stad Antwerpen/Sevia

Berekening TCO hoge temperatuur warmtenet

Tabel 3 geeft een overzicht van de verschillende kostenposten binnen de TCO-berekening voor het scenario “hoge temperatuur warmtenet”. In tegenstelling tot het scenario “groen gas” en “all electric warmtepomp”, worden de investeringskosten voor een HT-warmtenet hoofdzakelijk bepaald door het benodigde vermogen (kW) i.p.v. de energievraag (kWh).

Het benodigde warmtevermogen per cluster is berekend op basis van 3 parameters:

- het dominante TABULA-type per sector en daaraan gekoppelde thermisch piekvermogen per wooneenheid;
- aantal woningen per sector (data Sevia);

- een gelijktijdigheidsfactor voor de vermogenvraag. Op basis van de ISSO publicatie 7³⁹ is deze gelijktijdigheidsfactor vastgelegd op 0,8;

Het vermogen van de warmtevraag na renovatie is binnen deze studie verondersteld als de helft van het initiële vermogen zonder renovatie. In latere vervolgstudies kan de vermogen vraag van de clusters na renovatie verder verfijnd worden.

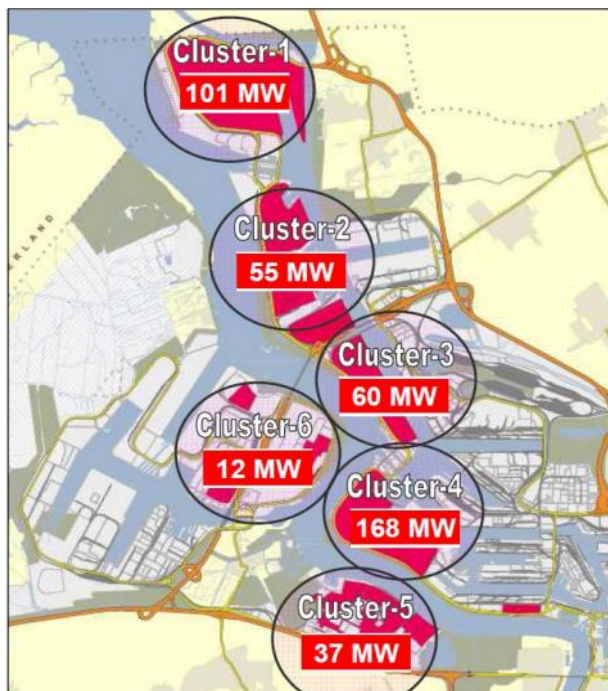
Daarnaast dient men ook rekening te houden met de beperkte beschikbaarheid van restwarmte in de nabijheid van Antwerpen. Op basis van eerdere studies, uitgevoerd door VITO en Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen⁴⁰, is er een totaal potentieel van 433 MW beschikbaar in de Antwerpse Haven, verdeeld over Rechter- en Linkeroever. Aangezien op basis van de berekening van het warmtevermogen per cluster, het totaal vermogen voor Stad Antwerpen ca. 3 GW bedraagt, is er dus niet voldoende capaciteit restwarmte beschikbaar om alle clusters aan te sluiten op een HT-net. In de warmtezoneringskaarten op basis van TCO-gegevens, kan op iteratieve wijze de voorkeurszones voor een HT-net bepaald door de extra warmteprijs (vraagprijs industrie voor ter beschikking stellen restwarmte) te variëren.

In deze analyse werd uitgegaan van verschillende backboneleidingen die de verschillende havenclusters kunnen ontsluiten. Meer bepaald Indaver tot Luchtbal, petrochemie via Scheldelaan tot Eilandje en ringtracé. Op linkeroever werd een zone transportleiding vanuit de havencluster naar de residentiële zones verondersteld (zie ook afbeelding 1). Deze investeringskost voor de backbone werd op basis van de beschikbare informatie in deze analyse als vaste kost aangenomen en over de verschillende sectoren evenredig verdeeld voor respectievelijk rechteroever en linkeroever. Dit is een vereenvoudiging waarbij de backbonekosten als statisch en voor iedere sector gelijk werden verondersteld. Dit kan worden verfijnd door in een latere fase deze leidingkost als variabele parameter op te nemen wanneer een tracé en de beschikbare te transporteren vermogen gekend is. Ook dient het effect van de organische groei van het net de komende decennia en sequentiele aansluiting van bijkomende wijken worden gesimuleerd.

Afbeelding 4 Beschikbare capaciteit restwarmte (Bron: VITO/GHA)

³⁹ "ISSO-publicatie 7 Grondleidingen voor warmte- en koudetransport, ISSO, 2012.

⁴⁰ RENDERS, N., AERNOOTS, K., et al, "Warmte in Vlaanderen", VITO, 2015. Studie werd uitgevoerd in opdracht van het Vlaams Energie Agentschap (VEA)



Tabel 3 Overzicht methodologie TCO-berekening scenario HT-net

Kostenpost	Invulling	Waarde	Bron/aanname
Bronkosten	- uitkoppeling warmte industrie/afvalverbranding	250 EUR/kW	zie nota bronkosten en transmissie
	- extra warmteprijs	in EUR/MWh	variabel in functie van scenario
CAPEX distributie	- Aanleg backbone	- 3.000 EUR/m, evenredig verdeeld over alle sectoren	zie nota bronkosten en distributie
	- Aanleg distributienet in sector	- Lengte backbone RO: 26.100 meter - Lengte backbone LO: 4.700 meter	zie nota bronkosten en distributie
	- Realisatie onderstations	- 2.000 EUR/m	zie nota bronkosten en distributie
	- Realisatie warmteoverdracht-	- 150 EUR/kW	zie nota bronkosten en distributie

Kostenpost	Invulling	Waarde	Bron/aanname
	station	- 140 EUR/kW -	Stad Antwerpen
OPEX distributie	onderhoud en exploitatie van het warmtenet	1,0% van CAPEX distributie	Vesta Mais Model, PBL
CAPEX gebruiker	aansluitkosten (warmte-afleverset)	Afhankelijk van gebouwtype	Sevia
vervangingskosten gebruiker	/	/	installatie dient niet vervangen te worden binnen 30 jaar
OPEX gebruiker	/	/	/
Renovatiekosten	renovatiekosten voor cluster, gekoppeld aan renovatiegraad	afhankelijk van renovatiegraad	Stad Antwerpen/Sevia