



Modelstudie Warmtenet Kanaalzone Terneuzen-Gent

Gregor Brandt - Nort Thijssen – Mark van der Goot – Jan van Schijndel | 21-04-2021



Management samenvatting

In dit verkenningsproject wordt inzichtelijk gemaakt of aanbod van industriële restwarmte en warmtevraag in de gebouwde omgeving in de Kanaalzone aan elkaar gekoppeld kan worden met hulp van techno-economische modellering van uitkoppeling, leidingtracés, inkoppeling en het doorrekenen van potentiële business cases.

De modellering beschouwt de aanbieders en afnemers van warmte, installaties welke aan de aanbieder kant gerealiseerd zouden moeten worden, pijpleiding tracés en kosten voor investeringen, onderhoud, aanpassingen in huishoudens en bedrijven, CO₂ belasting en energiebronnen als gas en elektriciteit.

Er zijn verschillende scenario's doorgerekend waarbij opties individueel bekeken worden, alsmede een zogenaamd "Geen Gas" scenario waarbij alleen geforceerd wordt dat er geen gas meer gebruikt mag worden, maar dat het model verder vrij is om de beste economische keuze te maken, gekeken naar de Net Present Value (verdisconteerde kosten over 30 jaar) van het gehele systeem. Deze scenario's worden vergeleken met de referentiecasse, die feitelijk de huidige situatie doorzetten behelst.

De belangrijkste conclusies zijn:

1. In Zeeuws-Vlaanderen is er duidelijk voorkeur voor een 70°C warmtenet als alternatief voor gas. Het resulterende netwerk is financieel competitief ten opzichte van Referentiecasse (niets doen) met een onzekerheid daar omheen vanwege onzekerheid van de isolatiekosten. In het beste geval (geen isolatie-investeringen nodig) kan dit zelfs goedkoper uitvallen dan de referentiecasse.
2. In Oost-Vlaanderen is er duidelijk voorkeur voor een gecombineerd 90°C en 110°C warmtenet als alternatief voor gas. Het resulterende netwerk is financieel competitief ten opzichte van de Referentiecasse (niets doen).
3. Netwerken Zeeuws-Vlaanderen en Oost-Vlaanderen blijven in basis gescheiden vanwege hogere kosten die de grensovergang met zich meebrengt in deze scope.
4. Kosten voor de All Electric case (zowel Elektriciteit als aanschafkosten) zijn vooralsnog te hoog.
5. De structuur van het door het model voorgestelde pijpleidingennetwerk voor zowel Zeeuws- als Oost-Vlaanderen is erg stabiel en verandert niet over de verschillende kostenniveaus.

Inhoud

Management samenvatting	1
Inhoud	2
1 Introductie	4
1.1 Context en doel van de studie	4
1.2 Uitgangspunten van de studie	4
1.3 Indeling van het rapport.....	5
2 Scope.....	6
3 Methodologie.....	11
3.1 Aanpak	11
3.2 Gebruikt model: TEACOS	13
4 Aannames en gebruikte data	14
4.1 Aannames.....	14
4.2 Gebruikte data	15
4.2.1 Tijdshorizon	15
4.2.2 Aanbod	16
4.2.3 Vraag.....	17
4.2.4 Warmtegeneratie technologieën.....	18
4.2.5 Pijpleidingen	23
4.2.6 Kosten energiebronnen.....	26
4.2.7 CO2 emissie.....	27
5 Resultaten	28
5.1 Zeeuws-Vlaanderen	28
5.1.1 Scenario's.....	28
5.1.2 Financiële resultaten.....	29
5.1.3 Bevindingen.....	30
5.2 Oost-Vlaanderen.....	34
5.2.1 Scenario's.....	34
5.2.2 Financiële resultaten.....	35
5.2.3 Bevindingen.....	36
5.3 Gehele kanaalzone.....	40
5.3.1 Scenario's.....	40
5.3.2 Financiële resultaten.....	40
5.3.3 Bevindingen.....	41

6	Conclusies.....	43
	Appendix A Investeringskosten vraagzijde Oost-Vlaanderen	44
	Appendix B Warmtevraag Zeeuws-Vlaanderen.....	45
	Appendix C Warmtevraag Oost-Vlaanderen.....	46
	Appendix D Afstanden vraagpunten tot transportnetwerk	47
	Appendix E Capaciteitsberekening pijpleiding.....	48
	Appendix F Kosten energiebronnen	49

1 Introductie

1.1 CONTEXT EN DOEL VAN DE STUDIE

De doelstelling van dit haalbaarheidsproject is vaststellen of een warmtevoorziening op basis van laagwaardige industriële restwarmte technisch en economisch haalbaar kan zijn voor (een deel van) de gebouwde omgeving rondom de Kanaalzone Terneuzen-Gent. Door benutting van restwarmte in de gebouwde omgeving zou verwarming middels aardgas niet meer nodig hoeven zijn of flink verminderd kunnen worden. Dit draagt potentieel bij aan een flinke CO₂-reductie in de energievoorziening van huishoudens, publieke gebouwen en bedrijventerreinen.

In dit verkenningsproject wordt inzichtelijk gemaakt of aanbod van industriële restwarmte en warmtevraag in de gebouwde omgeving in de Kanaalzone aan elkaar gekoppeld kunnen worden met hulp van techno-economische modellering van uitkoppeling, leidingtracés, inkoppeling en het doorrekenen van potentiële business cases.

In Smart Delta Resources (SDR) hebben grote energie- en grondstof-intensieve bedrijven in de Vlaams-Nederlandse Schelde-Deltaregio de krachten gebundeld binnen een unieke, grensoverschrijdende samenwerking van industrie, haven en overheden. Smart Delta Resources werkt als partner in dit project samen met de gemeente Terneuzen, de provincies Zeeland en Oost-Vlaanderen en met landelijk kennisinstituut ISPT.

QuoMare is als uitvoerende partij betrokken in het verzamelen en verwerken van de data, het opstellen van het model, het doen van de modelberekeningen en de analyse van de resultaten, alsmede het schrijven van deze rapportage.

1.2 UITGANGSPUNTEN VAN DE STUDIE

Uitgangspunt van deze studie is dat de industrie in de kanaalzone ruim voldoende laagwaardige restwarmte beschikbaar heeft. Met laagwaardig bedoelen we in deze studie dat de restwarmtestromen een temperatuur hebben van onder de 120°C. Voor industrie is dit meestal te laag om er nog efficiënt gebruik van te kunnen maken in hun processen. Voor de bebouwde omgeving is dit nog wél een nuttige stroom. Omdat de restwarmte ruim voldoende beschikbaar is, accepteren we dat verwarmen met restwarmte wellicht minder efficiënt is dan bijvoorbeeld de traditionele CV ketels. Indien de restwarmte niet gebruikt wordt voor verwarming van de bebouwde omgeving, wordt deze in veel gevallen door middel van koeltorens aan de omgeving (open lucht) afgegeven.

1.3 INDELING VAN HET RAPPORT

In hoofdstuk 2 bakenen we als eerste de scope af van deze studie, daarna zal in hoofdstuk 3 de gebruikte methodologie worden uitgelegd. De gebruikte data en aannames volgen in hoofdstuk 4. Gezien de omvang van de data zijn details van de data opgenomen in verschillende appendices. In hoofdstuk 5 worden de resultaten van het model opgesomd, gevolgd door de conclusies die te trekken zijn in hoofdstuk 6.

2 Scope

In verschillende bijeenkomsten is door de partners in het project de scope vastgesteld. De scope kan opgedeeld worden in de volgende entiteiten:

- Tijd (horizon)
- Afnemers van warmte
- Aanbieders van warmte en temperatuur
- Pijpleidingen
- Warmte technologie

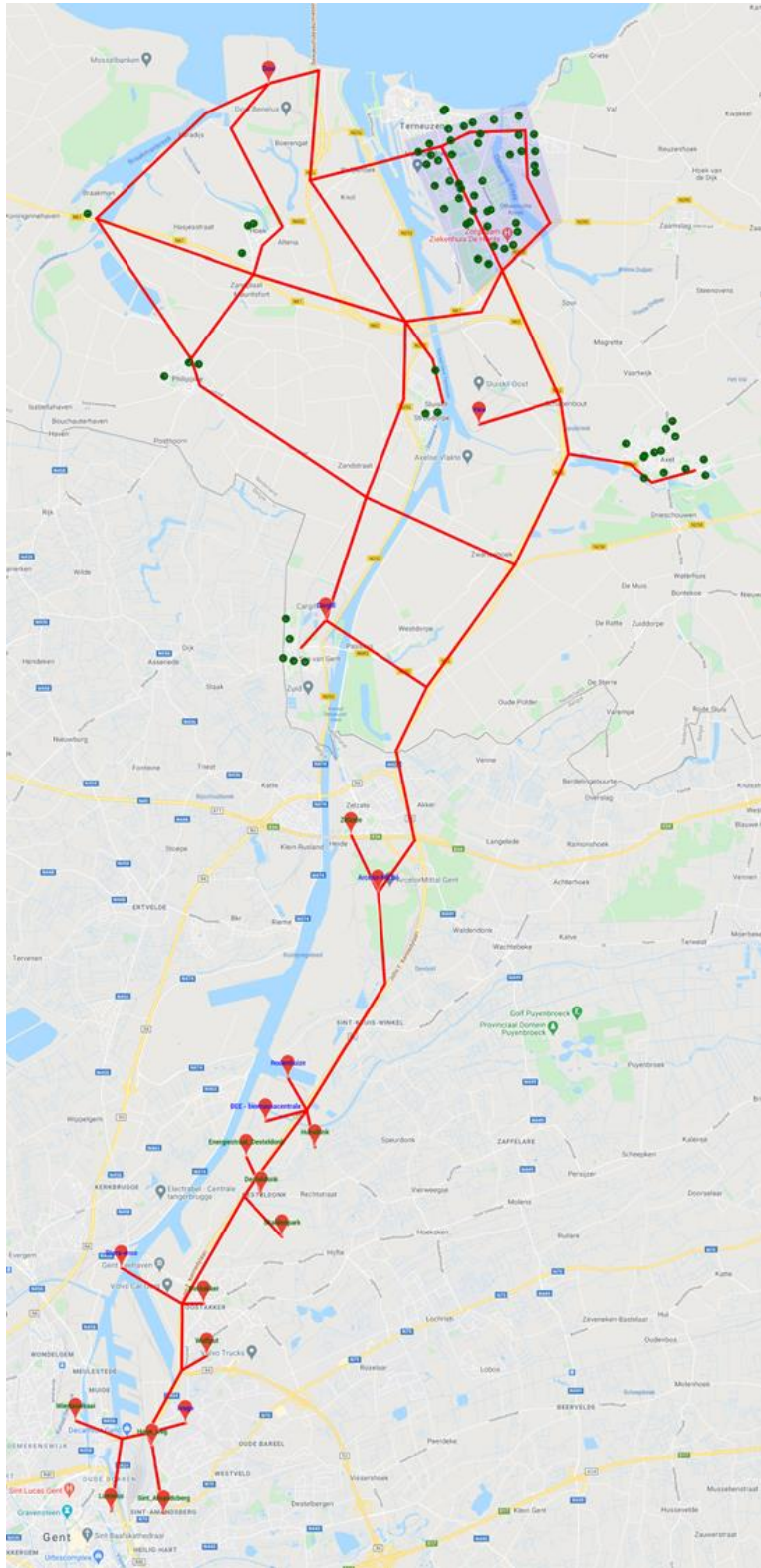
Deze entiteiten zullen we hieronder in meer detail bespreken.

Tijd

In strategische studies als deze is het essentieel dat een behoorlijke tijdshorizon wordt meegenomen. De mogelijke investeringen in pijpleidingen en beschikbaar maken van warmte, die gedaan moeten worden verdienen zichzelf vaak pas na een aantal jaar terug. Ook kleinere investeringen, denk hierbij bijvoorbeeld aan de aanschaf van een warmtepomp, hebben een afschrijvingstijd van rond de 15 jaar. Aangezien we streven naar een lange termijn haalbaarheid voor een eventueel warmtenet is de tijdshorizon vastgesteld op 30 jaar.

Afnemers van warmte

Het geografische gebied dat we bestrijken in deze studie bestaat uit Zeeuws-Vlaanderen (omgeving Terneuzen tot aan de grens met België) en Oost-Vlaanderen (Kanaalzone van grens met Nederland tot aan Gent). In Figuur 1 is het gebied in kaart gebracht.



Figuur 1: Weergave van geografisch gebied in scope inclusief aanbieders, afnemers en mogelijke pijpleidingen

In Zeeuws-Vlaanderen bestrijkt dit gebied de volgende woonkernen:

- Axel
- Biervliet
- Hoek
- Koewacht
- Overslag
- Philippine
- Sas van Gent
- Sluiskil
- Spui
- Terneuzen
- Westdorpe
- Zaamslag
- Zuiddorpe

Grotere woonkernen zijn voor deze studie opgesplitst in zogenoemde PC5 gebieden. Een PC5 gebied bestaat grofweg alle woningen waarvan de eerste 5 karakters van de postcode overeenkomen. We zeggen hier “grofweg” omdat er door opbouw en ontwikkeling van wijken niet altijd opgaat dat woningen met dezelfde eerste 5 karakters van een postcode ook daadwerkelijk in dezelfde buurt liggen. Er is een officiële indeling van PC5 gebieden die aangeboden wordt door de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG) die we in de studie gebruikt hebben.

Noot: dit wil niet zeggen dat alle gebouwen in de genoemde woonkernen meegenomen zijn in deze studie. Er is vooraf een selectie gemaakt samen met de gemeente Terneuzen voor welke buurten (PC5 gebieden) binnen de genoemde woonkernen in aanmerking komen om aangesloten te kunnen worden op een eventueel warmtenet. Redenen om een buurt niet in deze studie mee te nemen zijn met name:

- Te hoge leeftijd van de huizen
- Te complex om warmtenet aan te leggen vanwege beperkte mogelijkheden om grond te openen voor pijpleidingen
- Te afgelegen, waardoor vooraf al vastgesteld kan worden dat aansluiten op warmtenet te hoge kosten met zich mee zou brengen

Naast de PC5 gebieden, zijn er ook bedrijven/instellingen die afzonderlijk zijn meegenomen vanwege de significante vraag. Enkele voorbeelden hiervan zijn:

- Sportcentrum Vliegende Vaart
- Ziekenhuis Zorgsaam
- Zwembad Scheldorado

Voor details over welke PC5 gebieden en bedrijven precies zijn meegenomen verwijs ik u naar Appendix A.

In Oost-Vlaanderen bestrijkt dit gebied de volgende woonkernen en industrieterreinen:

- Desteldonk (inclusief Energiestraat Desteldonk)
- HogeWeg
- Hulsdonk
- Luminus
- Oostakker
- Sint_Amandsberg
- Skaldenpark
- Wiedauwkaai
- Wolfput
- Zelzate

Aanbieders van warmte en temperatuur

In de studie worden de volgende aanbieders van warmte meegenomen in Zeeuws-Vlaanderen:

- Dow Terneuzen
- Yara Sluiskil
- Cargill Sas van Gent

Voor de aanbieders in Zeeuws-Vlaanderen geldt dat zij restwarmte aanbieden op 40°C en/of 70°C.

Vanuit Oost-Vlaanderen zijn de volgende aanbieders meegenomen:

- Rodenhuize
- BEE - biomassacentrale
- Stora-Enso
- Ivago
- ArcelorMittal Gent

Zowel het warmteaanbod en de warmtevraag in Oost-Vlaanderen gebeurt op veel verschillende temperaturen. Voor details hierover verwijs ik u naar hoofdstuk 4 waar de data nader toegelicht zal worden. Om de complexiteit van de studie te beperken en werkbaar te houden is de keuze gemaakt om voor Oost-Vlaanderen de modeltemperatuur van zowel de aanbieders af afnemers van restwarmte te benaderen met 90°C dan wel 110°C.

Pijpleidingen

In de studie zijn 2 type pijpleidingen meegenomen. Een type “klein” en een type “groot”. We gebruiken deze 2 types omdat we nog niet precies van tevoren weten wat de nodige capaciteit is van de pijpleidingen. Afhankelijk hoeveel warmte er vervoerd moet worden door een pijpleiding kan het model nu kiezen uit een kleinere of een grotere capaciteit gegeven de bijbehorende kosten. We stellen dus niet vooraf vast welke pijpleiding waar komt te liggen maar laten dit door het model bepalen.

Type “klein” heeft een hoofdpijpleiding met een diameter van 400 mm (DN400) en een retourleiding met een diameter van 150 mm (DN150).

Type “groot” heeft een hoofdpijpleiding met een diameter van 600 mm (DN600) en een retourleiding met een diameter van 200 mm (DN200).

Beide types pijpleiding kunnen gebruikt worden voor vervoer van alle temperaturen restwarmte behalve restwarmte van 40°C, omdat we er daar van uit gaan dat het water na gebruik rond de 20°C zal zijn en dusdanig afgekoeld is dat het door het riool afgevoerd kan worden. Daarmee geldt in het geval van aanleg van een restwarmte 40°C netwerk dat alleen de hoofdpijpleiding aangelegd zou hoeven te worden en de retourleiding niet nodig is.

De kosten voor de pijpleiding bestaan uit kosten voor de pijp zelf en de kosten voor de aanleg van de pijpleiding. Voor de lengte van de benodigde pijp gaan we uit van mogelijke tracés langs bestaande wegen en nemen daar de lengte van. Deze lengte wordt daarna onderverdeeld in 3 mogelijke situaties:

- Standaard ondergronds: langs wegen binnen en buiten de bebouwde kom
- Doorpersing: onder wegen door
- Kanaalkruising: de afstand die onder het kanaal door afgelegd moet worden

Voor elk van de 3 situaties zijn typische kosten per kilometer vastgesteld en gebruikt voor de berekening van de kosten van stukken pijpleiding tracé. Zie verder hoofdstuk 4 voor toelichting op deze data.

Warmte technologie

Aan zowel warmte aanbieder kant als aan warmte afnemer kant wordt technologie gebruikt. Aan de aanbieder kant gaan we verder niet in op welke technologie er gebruikt wordt of waar de warmte precies vandaan komt. Aan de warmte afnemer kant (veelal huishoudens en bedrijven) is er onderscheid gemaakt tussen de volgende technologieën:

- CV ketels: Warmte wordt geleverd door gas (“grijs” gas of biogas) te verbranden.
- All electric: Warmte wordt geleverd door met elektriciteit een all-electric warmtepomp aan te drijven. Dit vergt verder geen warmtenet en kan als zelfstandige optie gebruikt worden.
- Warmtenet: Warm water wordt geleverd door aanbieders en door middel van pijpleidingen naar de afnemers getransporteerd. De warmte wordt overgebracht op het interne warmtesysteem in huis. In het geval van 40°C warmtenet is hierbij nog een extra warmtepomp nodig om de warmte verder op te schroeven naar 70°C. Bij hogere temperaturen warmtenet is dit niet noodzakelijk.

3 Methodologie

3.1 AANPAK

De probleemstelling kunnen we als volgt verwoorden:

Gegeven:

- Er zijn verschillende aanbieders van restwarmte, elk met hun eigen temperatuur.
- Er zijn huishoudens en bedrijven die warmte nodig hebben, met keuze uit technologieën: CV, All electric, warmtenet
- Mogelijke tracés voor pijpleidingen
- Kostenstructuur voor mogelijke inkoppelingen, uitkoppeling, pijpleidingen, (grijs/groene) elektriciteit, (grijs/bio) gas, CV-ketels, warmtepompen, CO₂ belasting

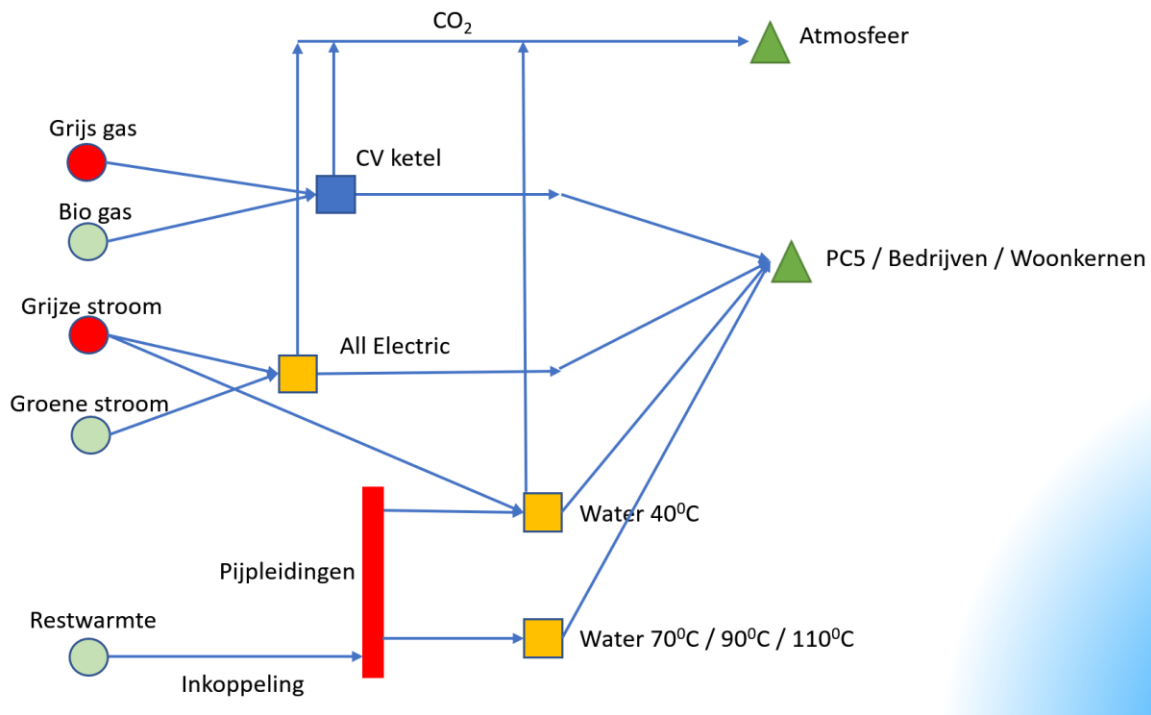
Vraag:

Welke mogelijkheden voor een warmtenet zijn er en hoe verhouden de kosten hiervan zich ten opzichte van de alternatieven binnen de gestelde scope?

In hoofdlijnen is de aanpak als volgt:

- Er is een warmtevraag in de bebouwde omgeving, welke gedifferentieerd is naar vraagpunten, bestaande uit wijken of woonkernen (zogenoemde PC5 gebieden, instellingen, bedrijven, kantoren e.d.).
- In de huidige situatie wordt deze warmte aangeleverd door CV ketels die gestookt kunnen worden op GrijsGas en/of BioGas. Bij het verbranden van deze gassen komt CO₂ vrij. De huidige situatie zullen we als referentie gebruiken om de kosten van een warmtenet de kunnen duiden.
- Via investeringen is het mogelijk per vraagpunt de warmte te laten leveren via de volgende warmteleveringstechnologieën:
 - door restwater uit de industrie van 70°C (NL) of 90°C/110°C (BE). Hiervoor moeten een heen- en retour-leidingen aangelegd worden.
 - door restwater uit de industrie van 40 graden. Hiervoor moeten alleen een heen leidingen aangelegd (het afvoer water gaat via het rioleringsysteem)
 - door elektrische apparaten. De keuze bestaat om gebruik te maken van Grijs of Groene elektriciteit. Bij gebruik van Grijs elektriciteit wordt de bijbehorende CO₂ emissie meegenomen.

Bovenstaande is gevisualiseerd in Figuur 2.



Figuur 2: Visualisatie van mogelijkheden voor het model

De kostenposten in het model kunnen als volgt gecategoriseerd worden:

- Kosten van de energiebronnen: Grijs Gas, Bio Gas, Grijze Elektriciteit, Groene Elektriciteit. Aanname is dat er voor restwarmte geen geld betaald hoeft te worden.
- Kosten voor de emissie van CO₂
- (Eenmalige) kosten van de investeringen voor levering van warmte, voor pijpleidingen en voor eventuele warmtepompen (CAPEX)
- Jaarlijkse vaste kosten voor warmte-aanlever-technologieën en pijpleidingen (Fixed Operating Expenditure, verder FOPEX genoemd in dit rapport)

Het is belangrijk om op te merken dat we in de aanpak geen opbrengsten meenemen. Oftewel, wat huishoudens of bedrijven uiteindelijk gaan betalen voor hun warmte is geen onderdeel van deze studie. Dit is uiteindelijk het resultaat van een vervolgonderzoek hoe de kosten afgedekt kunnen worden door de verschillende partijen die betrokken zijn in dit systeem, zijnde:

- Overheid (lokaal en nationaal) door middel van subsidies
- Bedrijven door middel van investeringen
- Huishoudens door middel van investeringen en/of betalingen voor warmtelevering

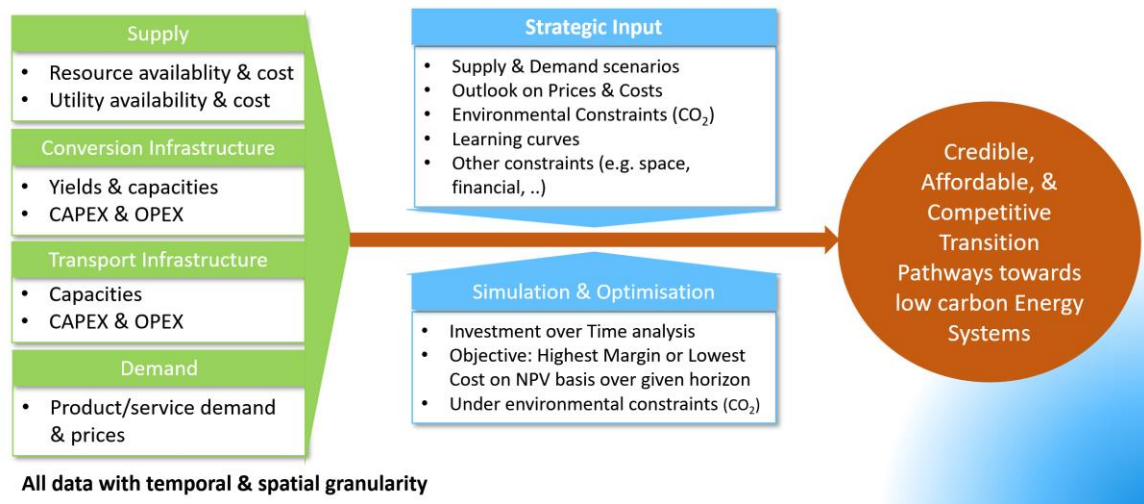
De mogelijkheden en kostenstructuur worden vervolgens als input gebruikt voor TEACOS, een strategisch netwerk optimalisatiemodel gebaseerd op Mixed-Integer Programming, een wiskundige optimalisatietechniek. Met dit model kunnen verschillende optimalisaties gedaan worden zodat de best mogelijke keuzes gemaakt kunnen worden.

Het model beschouwt de gehele scope als één systeem en minimaliseert de kosten van het gehele systeem. Dit kan tot effecten leiden dat voor individuele onderdelen van het systeem een onvoordelige keuze gemaakt wordt, ten einde van een beter resultaat voor het gehele systeem.

3.2 GEBRUIKT MODEL: TEACOS

Techno-Economic Analysis of Complex Option Spaces, of kortweg TEACOS is een door QuoMare in eigen beheer gemaakt wiskundig netwerk-optimalisatiemodel. Het heeft zich bewezen in verschillende energie-transitie studies alsmede een reeks aan meer traditionele supply chain optimalisatie vraagstukken.

Onderstaand Figuur 3 geeft een overzicht van de functionaliteit.



Figuur 3: Overzicht TEACOS model

Aangezien we niet kijken naar de opbrengsten in het systeem, is in deze warmtenet studie de doelstellingsfunctie van het TEACOS model de som van de verdisconteerde kosten per jaar. Dit wordt in het algemeen de Net Present Value (of NPV) genoemd (zie voor verdere referentie: https://en.wikipedia.org/wiki/Net_present_value).

Het TEACOS model zal uit alle mogelijke opties die samenstelling van opties bepalen die leiden tot de laagste (verdisconteerde) kosten.

4 Aannames en gebruikte data

4.1 AANNAMES

Het TEACOS model moet gevoed worden met consistente data. Een gedeelte van de data was afkomstig van de partners. Daarnaast is er nog algemene informatie nodig welke we hier in de aannames zullen opnemen.

Algemene aannames:

Algemeen			Bron
kWh--> GJ	277.8	1 GJ = 278 kWh	https://www.eenheden-omrekenen.info/eenhedenrekenmachine.php?type=energie
kJ --> kWh	3600	1 kWh = 3600 kJ	
Efficiency huidige CV-ketels	0.9		
Verbrandingswaarde Grijs Gas (onderwaarde)	31.65	MJ/m ³	https://nl.wikipedia.org/wiki/Verbrandingswarmte
Verbrandingswaarde Bio Gas (onderwaarde)	31.65	MJ/m ³	
Coefficient of Performance warmtepomp	3.5		https://warmtepompenadvies.nl/warmtepomp-rendement/
Elektriciteitsverbruik 40gr warmtepomp	0.115	TJ/a (4000 uur/jaar)	8 kW; 4000 uur/jaar
Energie nodig voor tapwater/koken gebruik	200		200 m ³ gas per jaar per woning
Efficiency Pijpleiding	0.85		
Gelijktijdigheidsfactor	0.6		
Pijpleidingkosten van transport netwerk naar vraagpunt	2.2	mln€/km	
CAPEX factor als er geen retourwaterleiding nodig is	0.75		
Fixed OPEX voor Aanbod & Pijpleiding investeringen	4%		
Kosten onderhoud gas net	0.152	€/m ³	<u>Netbeheer + vaste leveringskosten ~190€ per woning/jaar: Netwerk kosten Enduris</u>
Aantal huisjes Braakman	1450		
Gebruik Braakman	45.81	TJ/j	Aantal huisjes: 1450; gebruik per huisje: 1000 m ³ gas/jaar
Verdisconteringsfactor	0.05		
Kosten 40-->70 graden warmtepomp	2000	€	

Algemeen			Bron
Kosten AE warmtepomp	5000	€	https://www.warmtepomp-info.nl/kosten-warmtepomp/
Capaciteit kleine pijpleiding	609.81	TJ/Jaar	
Capaciteit grote pijpleiding	1372.1	TJ/Jaar	

CV ketel aannames:

CV ketels			Bron
gemiddelde levensduur	15	jaar	https://www.cvketel-weetjes.nl/cv-ketel-kopen/
gemiddelde aanschafprijs	1500	€	https://www.cvketel-weetjes.nl/cv-ketel-kopen/cv-ketel-ervangen/
gemiddeld gas gebruik per jaar	1250	m ³ /jr	
Efficiency	100%		Rendement in de periode 2020-2054
Afchrijving CV ketel	0.08	€/m ³	

Emissie factoren aannames:

Netto Emissie factoren			Bron
Grijs Gas	56.10	kg CO ₂ /GJ	https://www.rvo.nl/sites/default/files/2013/10/Vreuls%202005%20NL%20Energiedragerslijst.pdf
Bio Gas	5.61	kg CO ₂ /GJ	Niet alle uitstoot wordt weer 'opgevangen' en er is CO ₂ tijdens het oogsten/processen. Volgens ESME Data set is er nog zo'n 10% uitstoot
Grijze Elec.	127.50	kg CO ₂ /GJ	0,459 kgCO ₂ /kWh: CE Delft report
Groene Elec	0	kg CO ₂ /GJ	

4.2 GEBRUIKTE DATA

4.2.1 Tijdshorizon

Omdat er uitgegaan wordt van een technische levensduur van 30 jaar van de investeringsmogelijkheden en het 5 jaar kan duren voordat een warmtenet volledig operationeel kan zijn – als de beslissing nu genomen wordt – wordt in het model een tijdshorizon gemodelleerd van 2025-2054 waarbij in 2025 een gekozen (mix van) warmtenet opties operationeel kan zijn. Het model bestaat daarbij uit 30 periodes van 1 jaar.

4.2.2 Aanbod

De volgende energiebronnen worden in het model meegenomen:

- Aardgas (verder aangegeven als ‘Grijs Gas’) met een verbrandingswaarde (onderwaarde) van 31,65 MJ/m³; - geen beperkingen op aanbod
- Biogas met dezelfde verbrandingswaarde (onderwaarde) van 31,65 MJ/m³; - met de volgende beperkingen voor Zeeuws-Vlaanderen (geen beperking voor Oost-Vlaanderen):
 - 17 mln m³ in 2020
 - 34 mln m³ in 2022
 - 72 mln m³ in 2026
 - 80 mln m³ in 2027
- Grijs elektriciteit – geen beperkingen op aanbod
- Groene elektriciteit – geen beperkingen op aanbod
- Restwarmte: Hiervoor zijn de volgende mogelijkheden meegenomen, ieder met de temperatuur die door de aanbiedende partij is gemeld (Temp), de temperatuur die meegenomen is in het model (Model Temp), vermogen en benodigde CAPEX:

Voor Zeeuws-Vlaanderen:

Naam Aanbieder	Investeringsoptie	Temp (°C)	Model Temp (°C)	TJ/jaar	CAPEX (€)
Dow	Dow_water40	40	40	3,154	3,000,000
Dow	Koeler LHC3	70	70	1,577	3,000,000
Yara	Zwak zuur condensor F 609	90	70	788	3,500,000
Yara	Procenscondensaat koeling Ref C	90	70	63	500,000
Yara	Primaire reformer H 301 extra warmerecuperatie	90	70	158	1,100,000
Cargill	Drogers	70	70	246	1,300,000
Cargill	Warmte kracht installaties	70	70	244	1,400,000

Voor Oost-Vlaanderen:

Naam Aanbieder	Investeringsoptie	Temp (°C)	Model Temp (°C)	TJ/jaar	CAPEX (€)
Rodenhuize	CCU-hub	80	90	568	2,600,000
BEE - biomassacentrale		110	110	1892	7,000,000
Stora-Enso		140	110	788	3,500,000
Ivago		200	110	170	1,200,000
Arcelor-Mittal	Cokesfabriek	67	90	788	5,300,000
Arcelor-Mittal	HBO ₄	75	90	389	2,650,000

Zoals eerder gemeld hebben we een Fixed Operational Expenditure (FOPEX) waarbij wordt uitgegaan van een vast % van de CAPEX als jaarlijkse FOPEX.

4.2.3 Vraag

De warmtevraag in het Nederlandse gedeelte van het model kan verdeeld worden in warmtevraag voor woonhuizen, andere bestaande gebouwen (bedrijven, kantoren, Ziekenhuis, sporthal etc.) en nieuw te ontwikkelen vakantiepark Braakman. Al deze entiteiten worden in de rest van het rapport 'vraagpunten' genoemd.

De warmtevraag woonhuizen is gehaald uit een Excel bestand dat van bureau Over Morgen afkomstig is (bestand "Pand_output_pcbuurten_19feb2020P.xlsx") met daarin per postcode 6 informatie over bouwjaar, type woning, aantal woningen en gasgebruik. Van dit gasgebruik wordt $200 \text{ m}^3/\text{jaar}$ per woning afgetrokken voor tapwater/koken gebruik. Om te berekenen wat de warmtevraag is wordt op advies van bureau Over Morgen uitgegaan van een gemiddeld historisch rendement van een gasketel van 90%. Op deze manier is per postcode 6 de warmtevraag bepaald.

Voorbeeld: Gas gebruik is $1200 \text{ m}^3/\text{jaar}$. Gas voor warmte generatie = $1200 - 200 = 1000 \text{ m}^3$. Toepassing van historisch rendement van 90% en verbrandingswaarde van aardgas (onderwaarde) van $31,65 \text{ MJ}/\text{m}^3$ correspondeert 1000 m^3 aardgas met een warmtevraag van $1000 * 31,65 * 0,9 = 28485 \text{ MJ} = 28,485 \text{ GJ}$.

De informatie voor postcode6 wordt geaggregeerd naar postcode5 informatie.

De warmte vraag voor de andere bestaande gebouwen (bedrijven, kantoren, Ziekenhuis, sporthal etc.) is aangeleverd door gemeente Terneuzen

De warmte vraag voor het nieuw te ontwikkelen vakantiepark Braakman is aangeleverd door gemeente Terneuzen

De vraag voor Zeeuws-Vlaanderen is terug te vinden in Appendix B.

In Oost-Vlaanderen bestaat de vraag uit woonkernen en een aantal bedrijventerreinen. De vraaghoeveelheid voor de woonkernen was niet rechtstreeks beschikbaar en is op de volgende manier berekend:

1. Van de woonkernen is de gemiddelde leeftijd van de huizen en het aantal huizen bepaald
2. Vanuit de data voor Zeeuws-Vlaanderen zijn kentallen uitgerekend voor warmtevraag voor huizen uit iedere leeftijdsgroep.
3. Door het aantal huizen te vermenigvuldigen met de kentallen van de warmtevraag van de juiste leeftijdscategorie is de warmtevraag bepaald.

Voor de bedrijventerreinen was de warmtevraag wel rechtstreeks beschikbaar vanuit de warmteleverancier.

Voor de vraagpunten in Oost-Vlaanderen is een temperatuur gegeven die niet altijd overeenkwam met de gekozen temperaturen voor Oost-Vlaanderen. Voor het vraaggebied Hogeweg gaan we in deze studie uit van een aanlevertemperatuur van 90°C in plaats van 70°C. Ook nemen we aan dat Luminus gevoed kan worden met ongeveer 110°C in plaats van 130°C graden.

De details en data voor de vraag voor Oost-Vlaanderen is terug te vinden in Appendix C.

4.2.4 Warmtegeneratie technologieën

Voor Zeeuws-Vlaanderen worden de volgende warmtegeneratie technologieën meegenomen in het model:

- Het blijven gebruiken van CV ketels
- Gebruik van elektriciteit (Afkorting: AE = alles elektriciteit; Bij AE wordt per woning een individuele warmtepomp (lucht-water) geïnstalleerd)
- Gebruik van water van 70°C (afkorting: water70)
- Gebruik van water van 40°C (afkorting: water40)

Kosten

- Het blijven gebruiken van CV ketels: Hiervoor wordt uitgegaan dat over de tijdsperiode 2020-2054 CV ketels gebruikt kunnen blijven worden. Omdat deze ketels over de periode vervangen moeten blijven worden is de volgende toeslag op gas meegenomen gebaseerd op de gemiddelde levensduur, gemiddelde aanschafprijs en gemiddeld gasgebruik van een CV ketel. Dit levert een toeslag op van 8€ct/m³
- Overstappen naar water van 70°C en water van 40°C: De kosten zijn opgebouwd uit de volgende componenten:
 1. Investeringskosten aardgasvrij per woning
 2. Kosten voor isoleren, ventileren en elektrisch koken
 3. Investeringskosten aanschaf water/water warmtepomp

Rond de kosten voor 1. en 2. zit onzekerheid, voor 3. is wel een eenduidig bedrag te vinden. Vanwege de onzekerheid werken we met 4 verschillende scenario's:

- I. Geen isolatie kosten: de isolatiekosten bedragen een relatief groot gedeelte van de totale kosten. Vanuit de stuurgroep was de wens om inzicht te krijgen in de totale kosten indien er niet extra geïsoleerd hoeft te worden indien er overgestapt wordt naar een warmtenet.
- II. Lage kosten: bij alle kosten waar onzekerheid zit, gaan we aan de lage kant zitten
- III. Gemiddelde kosten: bij alle kosten waar onzekerheid zit, gaan we in het midden zitten van de hoge en lage kosten
- IV. Hoge kosten: bij alle kosten waar onzekerheid zit, gaan we aan de hoge kant zitten

De volgende kostengetallen worden in het model meegenomen:

1. Investeringskosten aardgasvrij per woning inclusief afsluitkosten gas. De onzekerheid varieert tussen de €4000 en €6000 per woning. We rekenen €5000 per woning voor het gemiddelde scenario en het geen isolatie scenario, €6000 per woning gerekend voor het 'hoge kosten' scenario en €4000 voor het 'lage kosten' scenario.
2. Investeringskosten per woning voor isoleren, ventileren en elektrisch koken. Bureau Over Morgen heeft hier 2 tabellen voor (zie het rapport: 200211_Warmtetransitiemodel_v 2.0 DEFINITIEF.pdf, bijlage 1: een tabel voor het basis niveau en een voor het minimum niveau; pagina 19). Voor het 'geen isolatie kosten' scenario tellen we alleen de kosten voor ventilatie en elektrisch koken. Voor de overige scenario's is het wat complexer. Hoewel voor elk type huis en leeftijdscategorie een minimaal en maximaal kostenniveau voor isolatie is gegeven, is het nemen van deze minimale en maximale niveaus als indicatie voor lage en hoge kosten niet realistisch. Immers, dit geeft de spreiding aan die er zit in de gehele populatie van huizen van desbetreffende type en leeftijdscategorie. In overleg met een expert is gekozen om voor het 'gemiddelde kosten' scenario het midden te nemen van het interval tussen minimale en maximale kosten. Voor het 'lage kosten' scenario halen we 20% van het interval tussen minimale en maximale kosten af van de gemiddelde kosten. Voor het 'hoge kosten' scenario voegen we 20% van het interval tussen minimale en maximale kosten toe bij de gemiddelde kosten. Verder tellen we er dan de kosten voor ventileren en elektrisch koken bij op.
3. Investeringskosten aanschaf water/water warmtepomp. Bij overstappen naar water 40° van moet er per woning/kantoor/bedrijf een water/water warmtepomp aangeschaft worden. Hiervoor wordt een bedrag berekend van €2000 per woning/kantoor/bedrijf

- Overstappen op gebruik van elektriciteit

Hiervoor worden dezelfde 2 scenario's gedefinieerd: Een hoge kosten schatting (max) en een lage kosten schatting (min). De kosten zijn opgebouwd uit 2 componenten:

1. Investeringskosten per woning voor isoleren, ventileren en elektrisch koken. Bureau Over Morgen heeft hier 2 tabellen voor (zie het rapport: 200211_Warmtetransitiemodel_v 2.0 DEFINITIEF.pdf, bijlage 1: een tabel voor het basis niveau en een voor het minimum niveau; pagina 19). Voor het gebruik van de 'Alles Elektriciteit' worden de kosten voor het basisniveau gebruikt.

Voor de 'Alles Elektriciteit' optie komen daarbij nog de kosten voor aardgasvrij maken van de woningen en verzwaring van het elektriciteitsnet (zie het rapport: 200211_Warmtetransitiemodel_v 2.0 DEFINITIEF.pdf, bijlage 1: pagina 20; kolommen 'All electric').

Voor 'Vliegende Vaart', 'Zorgzaam' en 'Scheldorado' zijn investeringsgetallen ontvangen van de gemeente Terneuzen. Echter alleen voor de water70 optie. Overstappen op water40 of elektriciteit is niet meegenomen in dit model.

Omdat voor de andere gebouwen (bedrijven, kantoren, e.d.) geen gegevens over type en bouwjaar bekend zijn, zijn gemiddelden gebruikt. Per optie (water40, water70 en AE) en per wijk (PC5 gebied) wordt bepaald wat de investeringskosten zijn gedeeld door de warmte vraag. Daarna wordt het gemiddelde genomen over de PC5 gebieden. Dit gemiddelde (uitgedrukt in €/TJ) wordt dan vermenigvuldigd met het TJ gebruik van de kantoren/bedrijven e.d. om te komen tot investeringskosten voor water40, water70 en AE.

Fixed OPEX: Omdat de investeringskosten om over te stappen vrijwel volledig uit isolatie/eenmalige aanpassing bestaat worden hiervoor geen Fixed OPEX bedragen meegenomen in het model.

Voor Oost-Vlaanderen gebruiken we dezelfde warmtegeneratie technologieën, enkel de temperaturen van het water zijn hoger.

- Het blijven gebruik van CV ketels: Voor het gebruik van CV- ketels gebruiken we de gasprijs, inclusief een toeslag van 0.13 ct/m³ voor afschrijving
- Overstappen op water van 110°C en 90°C: Voor het overstappen op water van 110°C en 90°C gebruiken we een hoog en laag kosten scenario. Ook maken we hier onderscheid tussen bedrijven en woningen:

Kosten per woning:

- Aansluitkosten gelijk aan Nederland, min = €4000, max = €6000
- Investeringskosten voor elektrisch koken. Isolatie is niet nodig bij deze temperaturen
 - Min = €1000
 - Max = €2000

Kosten bedrijventerreinen: Voor bedrijventerreinen kijken we naar het verbruik om de kosten te berekenen. In de data voor Nederland hebben we de volgende gemiddelde investeringskosten uitgerekend per TJ.

- Min = € 103,632.85
- Max = € 155,449.27

Omdat de data voor Oost-Vlaanderen niet beschikbaar was hebben we de data van Zeeuws-Vlaanderen geëxtrapoleerd naar de bedrijventerreinen in België, en hebben we bovengenoemde bedragen vermenigvuldigd de vraag in TJ van de bedrijventerreinen.

- Overstappen op elektriciteit (All Electric)
De schatting voor de kosten om warmtepompen in de woning te installeren is gebaseerd op de kosten in Nederland voor een rijwoning. Dit is inclusief isoleren, ventileren, elektrisch koken, verzwarende elektriciteitsnet en aanschaf warmtepomp. Dit geeft de volgende kosten per woning:

Bouwjaar	AE_Min	AE_Max
1970	€ 37,800.00	€ 50,200.00
1980	€ 34,850.00	€ 48,650.00
1985	€ 34,850.00	€ 48,650.00
2020	€ 19,000.00	€ 27,000.00

Deze mogelijkheid nemen we niet mee voor bedrijventerreinen.

De totale investeringskosten aan de vraagzijde zijn gegeven in Appendix A.

Verbruik

- CV ketels:
Hiervoor wordt uitgegaan dat de efficiëntie van de CV ketels in de periode 2020-2054 100% is. 1 TJ grijs gas en bio gas leveren dus 1 TJ warmte.
- Gebruik van elektriciteit.
Hier wordt uitgegaan van een rendement (CoP=Coëfficiënt of Performance) van 3,5. 1TJ elektriciteit levert dus 3,5 TJ warmte.
- Gebruik van water van 70°.
In principe levert 1 TJ water70 1 TJ warmte.
- Gebruik van water van 40°.
In principe levert 1 TJ water70 1 TJ warmte. Hierbij komt nog het gebruik van elektriciteit. Aanname is een benodigd vermogen van 8kW en een gebruik van 4000 uur per jaar.

Gelijktijdigheid

In het model wordt uitgegaan van een totale warmtevraag voor 1 jaar. Er treden echter fluctuaties op over het jaar, in de winter is de vraag per uur/dag groter dan in de zomer. Hierdoor zal er rekening mee gehouden moeten worden dat de geïnstalleerde vermogens groter moeten zijn dan het gemiddelde.

Bij CV ketels en de 'alles elektriciteit' opties wordt er vanuit uitgegaan dat de installaties voldoende vermogens hebben.

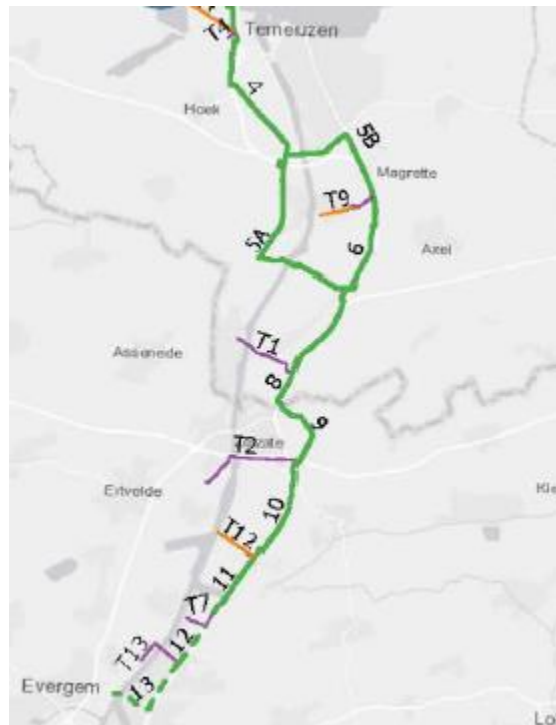
Bij de 'water' opties wordt de zogenoemde 'Gelijktijdigheidsfactor' toegepast, d.w.z. dat er meer water nodig is. Dit is nodig om ervoor te zorgen dat de pijpleidingen en de aanbieders voldoende capaciteit hebben. In het model wordt dit gedaan door het benodigde water in de technologie te delen door de gelijktijdigheidsfactor. Het verbruik neemt hierdoor toe waardoor de pijpleidingen en de aanbieders voldoende capaciteit hebben voor de (op momenten) verhoogde vraag.

Neem als voorbeeld een gebruiker met een warmtevraag heeft van 1 TJ verdeeld over 5000 uur per jaar. Dit is 57% van de tijd, de gelijktijdigheidsfactor is in dit geval 0.57. In dit geval wordt er per uur 0.2 GJ gevraagd. Vanwege het feit dat de leverancier continu levert (8760 uur) hebben we een levering nodig van $8760 \cdot 0.2 = 1752$ GJ = 1.752 TJ. Deze gelijktijdigheidsfactor zorgt er dus voor dat een aanbieder meer levert dan er gevraagd wordt.

4.2.5 Pijpleidingen

Tracé restwarmte transport netwerk & aansluitingen bedrijven

Voor de mogelijkheid om een restwarmte transport netwerk aan te leggen is gebruik gemaakt van de informatie aangeleverd door de CUST-studie ([CUST rapportage](#)). Hierbij zijn de mogelijke tracés zoals weergegeven in figuur 3.5 op pagina 64 gebruikt (groen voor de transport netwerk en oranje voor aansluitingen van de bedrijven) om de mogelijke transport netwerk pijpleidingen in het TEACOS model mee te nemen:



Figuur 4 Tracés uit CUST rapportage

Dit is meegenomen in het uiteindelijke netwerkplaatje dat ook in Figuur 1 is getoond.

Om een kostenschatting te maken voor de aansluiting van de vraagpunten op het transport netwerk is uitgegaan dat dit loodrecht op het transport netwerk gebeurt. De afstanden hiervoor zijn bepaald en hiermee zijn de kosten uitgerekend. Zie Appendix D voor de afstanden van elk van de relevante vraagpunten tot het transport netwerk.

Kosten

Voor de pijpleiding kosten wordt onderscheid gemaakt tussen pijpleiding voor het transport netwerk en voor het laatste stukje van transport netwerk naar de vraagpunten toe, wat we distributie netwerk noemen.

Transport netwerk

Om de kosten van een pijpleiding te berekenen is uitgegaan van de aanleg van een 'heen-' en een 'terug-leiding' voor water van 70 graden heen en water van 55 graden terug. In het geval van water van 40 graden is de aanname dat er geen terug-leiding nodig is. Er wordt dan een verdisconteringsfactor toegepast, zoals gespecificeerd in het tabblad 'Aannames': "CAPEX factor als er geen retourwaterleiding nodig is".

Voor ieder 'lijntje' tussen twee merktekens is de afstand bekend en of er wel of geen kanaal oversteek plaatsvindt. Voor het 'niet kanaaloversteek'-gedeelte wordt aangenomen dat voor 5% van het tracé doorpersing nodig is en voor 95% het standaard ondergronds tarief toegepast mag worden.

Verder is de mogelijkheid gemodelleerd voor een grote capaciteit leidingstelsel (DIN600 heen DIN200 retour) en een met een lagere capaciteit (DIN400 heen; DIN 150 retour).

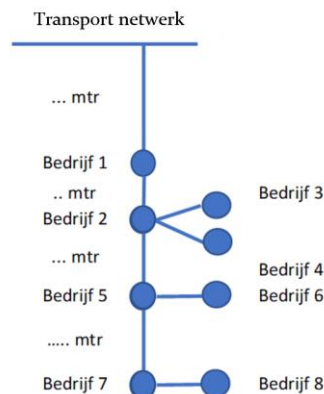
Aannames voor de tarieven zijn (bron Visser-Smit-Hanab):

Naam	Grootte	Totaalkosten (€/km)	
Standaard ondergronds	DN400+DN150	€	1,650,000
Standaard ondergronds	DN600+DN200	€	2,400,000
Standaard ondergronds Doorpersing	DN400+DN150	€	4,950,000
Standaard ondergronds Doorpersing	DN600+DN200	€	6,763,636
Kanaaloversteek	DN400+DN150	€	3,300,000
Kanaaloversteek	DN600+DN200	€	4,254,545

Distributie netwerk

De aansluitkosten voor het bedrijventerrein bij de Guido Gezellestraat (van zo'n 8ha met ongeveer 80 bedrijven met een gemiddeld gasverbruik van 9000 m³/jaar) zijn als volgt gemodelleerd:

- 7 groepjes van 10 kantoren: 10kantoren1_Gezellestraat t/m 10kantoren7_Gezellestraat. Deze liggen zo dicht bij het transportnetwerk dat hier geen extra aansluitpijpleidingkosten voor meegenomen hoeven worden.
- De volgende afzonderlijke bedrijven, gesorteerd op afstand tot het distributie netwerk:



Waarbij bijvoorbeeld Bedrijf 3 alleen aangesloten mag worden als Bedrijf 2 ook aangesloten wordt.

Voor de kosten per kilometer wordt uitgegaan van 2,2 mln€ (zoals gespecificeerd in paragraaf 4.1 Aannames: "Pijpleidingkosten van transport netwerk naar vraagpunt").

In de TEACOS input data zijn de kosten van de pijpleidingen aansluitingen van het distributie netwerk naar de vraagpunten opgeteld bij de water technologie kosten.

Bij gebruik van water van 40° is er geen retourleiding nodig. Het afgekoelde water gaat dan 'het riool in'. De kosten worden lager met een factor genaamd 'CAPEX factor als er geen retourwaterleiding nodig is', die in het Aannames werkblad gedefinieerd is.

Er wordt uitgegaan van een vast % van de CAPEX als jaarlijkse fixed OPEX (zie 'Fixed OPEX voor Aanbod & Pijpleiding investeringen' in 'Aannames')

De kosten voor de aanleg per km zijn voor Oost-Vlaanderen gelijk aan de kosten van aanleg in Nederland. Tussen twee punten nemen we 5 % extra afstand t.o.v. de hemelsbrede afstand. Dit om te compenseren voor het feit dat niet alles in een rechte lijn kan worden aangelegd. Ook gaan we er weer vanuit dat voor 5% van de lengte doorpersing benodigd is.

Capaciteit

Tijdens het transport van water gaat warmte verloren. Omdat in het model als eenheid voor het transport van water TJ gebruikt wordt moet ervoor gezorgd worden dat - voor de keuze kleine of grote pijpleiding - de capaciteit groot genoeg is om de verhoogde hoeveelheid warmte aan het begin van de pijpleiding te accommoderen. Dit wordt gedaan de efficiency van de pijpleiding op te geven (zie 'Efficiency Pijpleiding' in werkblad 'Aannames'). Bijvoorbeeld: Capaciteit kleine pijpleiding is 609,8 TJ/jaar. Met een efficiency van 85% wordt dit omgerekend naar 518 TJ/jaar. D.w.z. dat als de energievraag bijv. 550TJ is er een grotere pijpleiding gekozen moet worden omdat er aan de 'ingang' voor de 550TJ, 747 TJ energie in moet gaan (550/85%).

Voor de berekening van de capaciteit, zie Appendix E.

4.2.6 Kosten energiebronnen

De volgende energiebronnen worden meegenomen in het model:

- Grijs gas
- Biogas
- Grijs en Groene Elektriciteit
- Water van 40° en 70°

Voor Zeeuws-Vlaanderen geldt:

Kosten Grijs gas en Biogas

Deze zijn gegeven in €/m³ en worden met behulp van de verbrandingswaarde van grijs gas en bio gas (onderwaarde) omgerekend naar €/GJ. Daarbij wordt nog de kostenpost voor afschrijving van de CV ketel opgeteld.

Naast kosten voor het gas worden ook nog vaste leveringskosten en netbeheer kosten per woning in rekening gebracht van ca. 190€/jr/woning ([Netwerk kosten Enduris](#)). Uitgaande van een gemiddeld jaarverbruik van 1250 m³gas/jaar is dit ca. 0,15 €/m³. Deze kosten "onderhoud gasnet" worden bij de 'kale kosten' van het gas opgeteld.

Kosten Grijs en Groene elektriciteit

Deze zijn gegeven in €/kWh en worden omgerekend naar €/GJ. Kosten verzwaring van het elektriciteit netwerk zijn in de investeringskosten van de 'Alles Elektriciteit' optie meegenomen.

Als vergoedingen voor de levering van warmte via water worden geen kosten (per GJ en/of vastrecht) in rekening gebracht.

Voor Oost-Vlaanderen geldt het volgende:

Kosten Grijs gas en biogas

De kosten voor gas bestaan uit de afschrijving van de cv-ketel, (€0.13 /GJ) en de kostprijs van gas.

Kosten Grijs en Groene elektriciteit

De kosten van elektriciteit bestaan enkel uit de kostprijs. Bij het investeren in een All Electric oplossing wordt de verzwaring van het elektriciteitsnetwerk meegenomen. Bij het opwarmen van water zit dit niet in de kosten verwerkt.

Kosten water

Voor de levering van water worden geen kosten meegenomen.

CO₂ tax.

Op uitgestoten CO₂ wordt een belasting geheven, deze is te vinden in Appendix F: Kosten energiebronnen.

4.2.7 CO₂ emissie

- Voor Grijsgas geldt een CO₂ emissie factor van 56 kg/GJ (bron: [RVO energiedragerslijst](#))
- Voor BioGas wordt een CO₂ emissie factor van 5,6 kg/GJ toegepast. Volgens ETI's ESME dataset 4.4 (www.eti.co.uk/programmes/strategy/esme) wordt niet alle door biomassa uitgestoten CO₂ weer opgevangen en is er emissie bij 'oogsten/processen/transporteren'. ETI gaat uit van een 10% emissie
- Voor Grijs elektriciteit is de aanname 127,5 kg/GJ (0,459 kg/kWh; bron: [CE Delft report](#))
- Voor Groene elektriciteit is de aanname 0 kg/GJ

5 Resultaten

De resultaten zijn uitgesplitst per geografisch gebied: Zeeuws-Vlaanderen, Oost-Vlaanderen en het geheel van de Kanaalzone in Nederland en België samen.

Een belangrijk aspect in de resultaten is de term “robuustheid” van het netwerk. Deze term geldt alleen in de context van een warmtenet. Er wordt mee bedoeld dat er meerdere aanbieders aangesloten zijn op het warmtenet zodat in het geval uitval van één van hen, de andere(n) betrokken partij(en) nog steeds voldoende capaciteit hebben om aan de gehele vraag te voldoen. Dit is niet alleen vanuit vraagpunten belangrijk (zekerheid dat je niet in de kou komt te zitten indien er een aanbieder een probleem heeft) maar ook voor de aanbiederende partijen in verband met aansprakelijkheidsrisico en het doen van groot periodiek onderhoud.

Noot: de berekeningen voor alleen Zeeuws-Vlaanderen houden geen rekening met vraag en beschikbaarheid vanuit Oost-Vlaanderen en vice versa. In het geval dat de gehele Kanaalzone wordt bekeken wordt wél rekening met elkaar gehouden.

5.1 ZEEUWS-VLAANDEREN

5.1.1 Scenario's

We definiëren de volgende scenario's voor Zeeuws-Vlaanderen:

- 1. Referentiecasse (Niets doen)**
Fictieve situatie waarbij de huidige situatie tot 2054 voort wordt gezet. Er is dus geen CO₂ besparing ten opzichte van de huidige situatie. We gebruiken dit scenario voornamelijk om de relatieve aantrekkelijkheid van andere scenario's te duiden ten opzichte van de huidige situatie en omdat op dit moment uitgegaan wordt over kosten neutraliteit voor bewoners, is het goed deze referentie te nemen.
- 2. BioGas**
Scenario waarbij BioGas gebruikt kan worden als vervanging van huidig gebruikt gas. Hierbij dient opgemerkt te worden dat BioGas wordt gezien als sluitstuk van de energietransitie, dat enkel daar en op kleine schaal zal worden ingezet waar alternatieve verduurzamingsstrategieën technisch of economisch niet haalbaar zijn (Referentie: [Biomassa in balans Een duurzaamheidskader voor hoogwaardige inzet van biogrondstoffen | Rapport | Rijksoverheid.nl](#)). Daarmee is het niet realistisch dat BioGas een écht alternatief is voor huidige (grijs) gas.
- 3. Alles Restwarmte 40°C**
Scenario waarbij alle vraagpunten in Zeeuws-Vlaanderen op een warmtenet van 40°C restwarmte worden aangesloten. Omdat in Zeeuws-Vlaanderen alleen Dow Terneuzen een aanbieder is van 40°C restwarmte, is dit geen robuuste oplossing.
- 4. Alles Restwarmte 70°C**
Scenario waarbij alle vraagpunten in Zeeuws-Vlaanderen op een warmtenet van 70°C restwarmte worden aangesloten. De gepresenteerde oplossing is wél robuust. Er zijn meerdere aanbieders aangesloten die in combinatie altijd voldoende warmte kunnen leveren in het geval er één partij tijdelijk uitvalt.

5. **Alles Elektriciteit Grijs**

Overall waar elektriciteit gebruikt kan worden in plaats van gas (All Electric optie), gebeurt dat ook; alleen mogelijkheid voor "grijze" elektriciteit.

6. **Alles Elektriciteit Groen**

Overall waar elektriciteit gebruikt kan worden in plaats van gas (All Electric optie), gebeurt dat ook; alleen mogelijkheid voor "groene" elektriciteit.

7. **Geen Gas**

We forceren dat er geen gas gebruikt mag worden, verder mag het model zelf bepalen welke optie voor ieder vraagpunt het beste is. Indien een warmtenet wordt gekozen moet het wel robuust zijn, dus dan meerdere aanbieders van dezelfde temperatuur voor ieder vraagpunt dat aangesloten wordt. We gebruiken hier dus de kracht van het optimalisatiemodel om vast te stellen dat gegeven dat er geen gas meer gebruikt mag worden, welke optie of opties gecombineerd het beste (financiële) resultaat zouden geven.

5.1.2 Financiële resultaten

Zoals in paragraaf 4.2.4 aangegeven hebben we, voornamelijk vanwege de onzekerheid omtrent de isolatiekosten, 4 verschillende kosten niveaus:

- Geen isolatiekosten
- Gemiddelde kosten
- Lage kosten
- Hoge kosten

We kiezen voor de "gemiddelde kosten" als basis variant die we in meer detail uitsplitsen. De opdeling bestaat uit:

- CAPEX: Som van alle verdisconteerde investeringskosten
- FOPEX: Som van de verdisconteerde Fixed OPEX
- Kosten voor Gas en Elektriciteit
- Totale belasting voor CO₂

Samen vormen deze kosten de totale kosten af die we in het systeem hebben.

Voor de 3 andere kosten niveaus (geen isolatiekosten, lage kosten en hoge kosten) geven we niet de volledige uitsplitsing in de 4 categorieën, maar volstaan we met alleen de totale kosten om aan te geven hoe de totale kosten variëren bij de verschillende kostenniveaus. De financiële resultaten staan vermeld in de tabel van figuur 5.

Case naam	Gemiddelde kosten					Geen Iso	Laag	Hoog
	CAPEX [mln€]	FOPEX [mln€]	Gas/Elekt [mln€]	CO2 belasting [mln€]	Totale kosten [mln€]	Totale kosten [mln€]	Totale kosten [mln€]	Totale kosten [mln€]
Referentiecasi (Niets doen)	0	0	381	91	471	471	471	471
BioGas	0	0	399	9	408	408	408	408
Alles Restwarmte 40°C	461	36	154	4	655	434	593	716
Alles Restwarmte 70°C	477	55	0	0	532	311	469	595
Alles Elektriciteit Grijs	748	0	351	60	1,159		1,053	1,265
Alles Elektriciteit Groen	748	0	359	4	1,111		1,005	1,217
Geen Gas	477	55	0	0	532	311	469	595

Figuur 5: Financiële resultaten Zeeuws-Vlaanderen

5.1.3 Bevindingen

We lopen de scenario's langs om bevindingen te melden.

Referentiecasi (Niets doen):

Er zijn in de huidige situatie alleen kosten voor Gas en de daarbij horende kosten aan CO₂ belasting. Verdisconteerd vanaf 2025 tot en met 2054 komt dit in totaal neer op 471 miljoen Euro. Hoewel dit scenario dus niet realistisch is met het oog op geen CO₂ besparing, dient dit bedrag ter referentie om de andere scenario's te duiden. Aangezien er in dit scenario niets met investeringen wordt gedaan zijn de resultaten niet afhankelijk van kosten niveaus.

BioGas:

In de prijsstelling zijn de kosten van BioGas hoger dan van normaal gas, echter met de voorziene stijging van de CO₂ belasting is na een paar jaar BioGas effectief goedkoper dan normaal grijs gas. De CO₂ belasting gaat niet helemaal naar 0 omdat ook bij BioGas er nog steeds CO₂ wordt uitgestoten. Hiermee komen de totale kosten met 408 miljoen Euro een stukje lager uit dan het referentiescenario. Bij deze wijzen we er nogmaals op dat dit scenario niet realistisch is gezien de rol van BioGas als sluitstuk van de energietransitie. Aangezien er in dit scenario niets met investeringen wordt gedaan zijn de resultaten niet afhankelijk van kosten niveaus.

Alles Restwarmte 40°C:

Bij dit scenario zijn grote verschillen zichtbaar met de referentiecasi. Ten eerste zijn nu investeringen (CAPEX) zichtbaar die een groot deel van de totale kosten beslaan. Dit zijn de kosten voor aanleg van het warmtenet (inkoppeling aanbieders en pijpleidingen) en kosten voor aanpassingen in de huizen (isolatie en zaken als omschakelen naar elektrisch koken). De FOPEX zien we nu ook verschijnen. Daarentegen zijn de kosten van gas en elektriciteit een stuk lager. Voor dit scenario zijn dit alleen de kosten voor elektriciteit die nodig is om het water van 40°C op te waarden naar water van 70°C door middel van een elektrische warmtepomp. De kosten van dit systeem liggen tussen de 593 miljoen Euro en 716 miljoen Euro met een

verwachte waarde van 655 miljoen Euro. In het geval dat er na onderzoek zou blijken dat er toch geen extra isolatie noodzakelijk zou zijn, dalen de kosten zelfs naar 434 miljoen Euro.

Alles Restwarmte 70°C:

Bij dit scenario zijn de verschillen vergelijkbaar met de referentiecasse als de vorige case. De investeringen (CAPEX) zijn iets hoger in vergelijking met een warmtenet 40°C vanwege de iets duurdere pijpleidingen voor 70°C water. Hierdoor is er ook iets meer FOPEX. De kosten voor gas en elektriciteit dalen hier echter naar 0 omdat er geen gas meer gebruikt wordt en er geen elektriciteit gebruikt wordt voor verwarming van huizen. Er zijn logischerwijze ook geen kosten voor CO₂ belasting. Met een range van 469 miljoen Euro (laag) tot 595 miljoen Euro (hoog) en een gemiddeld kosten niveau van 532 miljoen zijn de kosten ten eerste een stuk lager dan die van het 40°C warmtenet (gemiddeld 655 miljoen Euro), maar ook nog eens erg competitief ten opzichte van de referentiecasse (471 miljoen Euro). In het geval dat er na onderzoek zou blijken dat er toch geen extra isolatie noodzakelijk zou zijn, dalen de kosten zelfs naar 311 miljoen Euro.

Alles Elektriciteit Grijs:

In het geval van de All Electric opties zien we dat de investeringen fors toenemen en daarnaast ook nog eens behoorlijke kosten gemaakt worden aan elektriciteit die vervolgens in het geval van grijze stroom ook nog een CO₂ penalty met zich meeneemt. Er zou ten opzichte van de gebruikte kosten een behoorlijke reductie moeten plaatsvinden om de all electric optie op grote schaal interessant te laten zijn.

Alles Elektriciteit Groen:

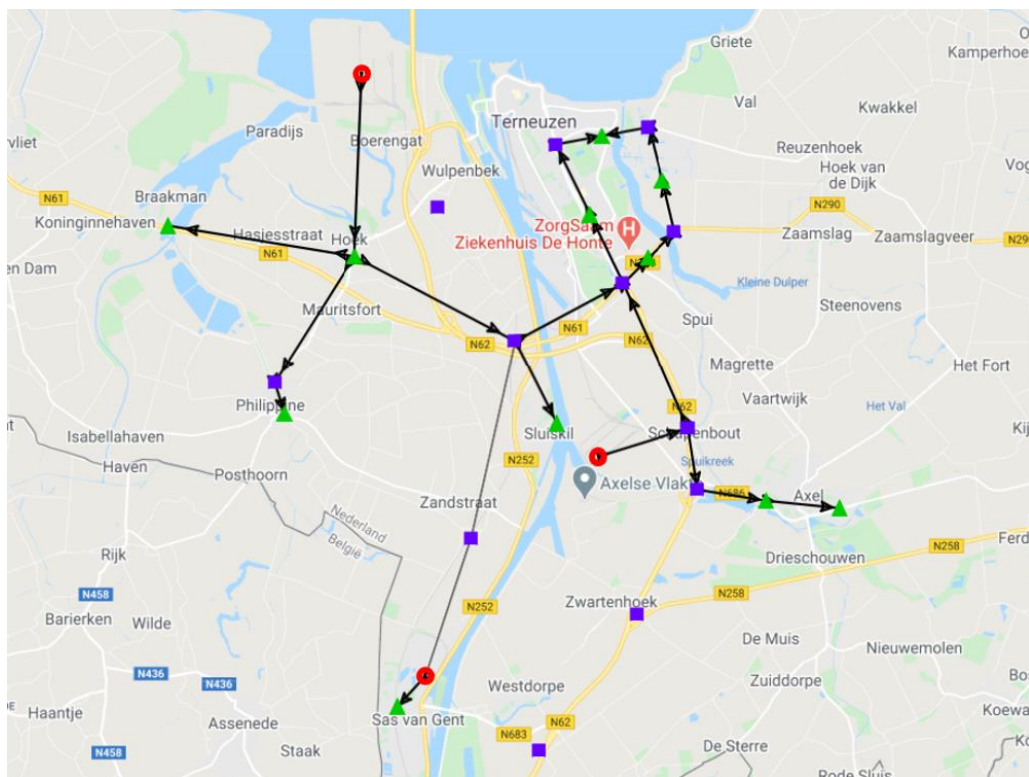
De bevindingen zijn bijna gelijk aan die van de vorige case met dat verschil dat bij groene elektriciteit de kosten van elektriciteit iets hoger zijn, maar er wel veel minder CO₂ belasting betaald hoeft te worden. Daardoor is deze iets goedkoper dan het vorige scenario maar nog steeds significant duurder dan de warmtenet opties en de referentiecasse.

Geen Gas:

Na optimalisatie van het systeem waarbij elk vraagpunt mag kiezen tussen all electric, of een warmtenet van 40°C of 70°C, zien we dat voor elk vraagpunt wordt gekozen voor een warmtenet van 70°C. De kosten van deze case zijn dan ook precies gelijk aan de case “Alles restwarmte 70°C”. Alle beslissingen tussen beide cases komen overeen, ongeacht het kostenniveau. Dit geeft aan dat van alle opties die er zijn voor Zeeuws-Vlaanderen, gegeven dat je geen gas meer gaat gebruiken, het warmtenet van 70°C dominant is.

Netwerk

Het netwerkplaatje behorende bij het “Geen Gas” en dus ook het “Alles restwarmte 70°C” scenario is gegeven in figuur 6. Cargill levert in basis Sas van Gent maar heeft ook een verbinding met het Noordelijke gebied vanwege de benodigde robuustheid. Deze verbinding wordt in basis niet gebruikt tenzij er een leverancier uit valt. Dow levert warmte aan Hoek, Braakman, Philippine en Sluiskil, Yara levert aan Axel en Dow en Yara leveren samen aan Terneuzen. Opgemerkt dient te worden dat indien een netwerk eenmaal in plaats zou zijn dat het voor de kosten niet meer zoveel uitmaakt welke leverancier er precies welke woonkern levert aangezien aan de levering van warmte evenals aan het gebruik van de pijpleidingen op dit moment verder geen kosten zijn toebedeeld.



Figuur 6: Grafische representatie van gekozen pijpleiding verbindingen in Geen Gas scenario

CO₂ besparing

In figuur 7 staat informatie over de CO₂ uitstoot van de verschillende scenario's.

	Totale kosten	Totale kosten zonder CO ₂ belasting	CO ₂ emissie per jaar	Vermeden CO ₂	Kosten vermeden CO ₂
Case naam	[mln€]	[mln€]	[kTon CO ₂]/[jaar]	[kTon CO ₂]	[€]/[Ton CO ₂]
Referentiecasi (Niets doen)	471	381	40	0	0
BioGas	408	399	4	1,088	17
Alles Restwarmte 40°C	655	651	2	1,158	233
Alles Restwarmte 70°C	532	532	0	1,209	125
Alles Elektriciteit Grijs	1,159	1,099	27	406	1,768
Alles Elektriciteit Groen	1,111	1,107	2	1,158	627
Geen Gas	532	532	0	1,209	125

Figuur 7: CO₂ besparingen per scenario

In de huidige situatie is er 40 kTon CO₂ per jaar geassocieerd met de verwarming van het gemodelleerde gedeelte van Zeeuws-Vlaanderen. In het "Geen Gas" scenario is de CO₂ uitstoot per jaar terug naar 0. Over 30 jaar gezien levert dit een besparing op van 1,209 kTon CO₂ uitstoot. Als we kijken wat we bij een gemiddeld kosten niveau hiervoor moeten betalen ten opzichte van de referentiecasi moeten we de totale kosten wel corrigeren met de CO₂ belasting, anders zouden we de CO₂ dubbel belasten. We vergelijken dan de totale kosten zonder CO₂ belasting en delen door het aantal Ton vermeden CO₂. Voor het "Geen Gas" scenario resulteert dit bij gemiddelde kosten in 125 euro per ton vermeden CO₂.

5.2 OOST-VLAANDEREN

5.2.1 Scenario's

We definiëren de volgende scenario's voor Oost-Vlaanderen:

1. **Referentiecasse (Niets doen)**
Fictieve situatie waarbij de huidige situatie tot 2054 voort wordt gezet. Er is dus geen CO₂ besparing ten opzichte van de huidige situatie. We gebruiken dit scenario voornamelijk om de relatieve aantrekkelijkheid van andere scenario's te duiden ten opzichte van de huidige situatie.
2. **BioGas**
Scenario waarbij BioGas gebruikt kan worden als vervanging van huidig gebruikt gas. Hierbij dient opgemerkt te worden dat BioGas wordt gezien als sluitstuk van de energietransitie, dat enkel daar zal worden ingezet waar alternatieve verduurzamingsstrategieën technisch of economisch niet haalbaar zijn. Daarmee is het niet realistisch dat BioGas een écht alternatief is voor huidige (grijs) gas.
3. **Alles Restwarmte 90°C**
Scenario waarbij alle vraagpunten in Oost-Vlaanderen op een warmtenet van 90°C restwarmte worden aangesloten. De gepresenteerde oplossing is robuust.
4. **Alles Restwarmte 110°C**
Scenario waarbij alle vraagpunten in Oost -Vlaanderen op een warmtenet van 110°C restwarmte worden aangesloten. De gepresenteerde oplossing is robuust.
5. **Alles Elektriciteit Grijs**
Overall waar elektriciteit gebruikt kan worden in plaats van gas (All Electric optie), gebeurt dat ook; alleen mogelijkheid voor "grijze" elektriciteit.
6. **Alles Elektriciteit Groen**
Overall waar elektriciteit gebruikt kan worden in plaats van gas (All Electric optie), gebeurt dat ook; alleen mogelijkheid voor "groene" elektriciteit.
7. **Geen Gas**
We forceren dat er geen gas gebruikt mag worden, verder mag het model zelf bepalen welke optie voor ieder vraagpunt het beste is. Indien een warmtenet wordt gekozen moet het wel robuust zijn, dus dan meerdere aanbieders van dezelfde temperatuur voor ieder vraagpunt dat aangesloten wordt. We gebruiken hier dus de kracht van het optimalisatiemodel om vast te stellen dat gegeven dat er geen gas meer gebruikt mag worden, welke optie of opties gecombineerd het beste (financiële) resultaat zouden geven.

5.2.2 Financiële resultaten

In Oost-Vlaanderen beschouwen we maar 3 kostenniveaus.

- Gemiddelde kosten
- Lage kosten
- Hoge kosten

In Oost-Vlaanderen zijn de temperaturen van de warmtenetten dusdanig dat dit niet zal leiden tot extra investeringen in isolatie. Bij all electric opties is het niet reëel om te veronderstellen dat deze zonder isolatie gerealiseerd kunnen worden. Daarmee is het geen isolatiekosten niveau is niet van toepassing in Oost-Vlaanderen. De spreiding tussen gemiddelde kosten, lage kosten en hoge kosten zit dan alleen nog in de onzekerheid rondom de investeringskosten voor het aardgasvrij maken van de woningen.

In Zeeuws-Vlaanderen zit een groot deel van de kosten van warmtenetten in isolatie. Aangezien de onzekerheid rond isolatie voor Oost-Vlaanderen niet ter zake doet, ligt de spreiding tussen laag en hoog kostenniveau in Oost-Vlaanderen een stuk dichterbij elkaar dan in Zeeuws-Vlaanderen.

Figuur 8 geeft de financiële resultaten weer van de beschreven scenario's.

Case naam	Gemiddelde kosten					Laag	Hoog
	CAPEX [mln€]	FOPEX [mln€]	Gas/Elekt [mln€]	CO2 belasting [mln€]	Totale kosten [mln€]	Totale kosten [mln€]	Totale kosten [mln€]
Referentiecasi (Niets doen)	0	0	303	68	371	371	371
BioGas	0	0	267	7	274	274	274
Alles Restwarmte 90°C	210	74	408	49	740	722	759
Alles Restwarmte 110°C	213	76	199	24	512	493	530
Alles Elektriciteit Grijs	109	0	329	65	503	485	521
Alles Elektriciteit Groen	109	0	333	55	498	480	515
Geen Gas	186	59	110	13	369	350	387

Figuur 8: Financiële resultaten Oost-Vlaanderen

5.2.3 Bevindingen

Referentiecasse (Niets doen):

Er zijn in de huidige situatie alleen kosten voor Gas en de daarbij horende kosten aan CO₂ belasting. Verdisconteerd vanaf 2025 tot en met 2054 komt dit in totaal neer op 371 miljoen Euro. Hoewel dit scenario dus niet realistisch is met het oog op geen CO₂ besparing, dient dit bedrag ter referentie om de andere scenario's te duiden. Aangezien er in dit scenario niets met investeringen wordt gedaan zijn de resultaten niet afhankelijk van kosten niveaus.

BioGas:

In de prijsstelling voor België zijn de kosten van BioGas in het begin gelijk aan normaal gas en op termijn zelfs lager. Neem daarbij de besparing op CO₂ belasting mee en BioGas wordt effectief een stuk goedkoper dan normaal grijs gas. De CO₂ belasting gaat niet helemaal naar o omdat ook bij BioGas er nog steeds CO₂ wordt uitgestoten. Hiermee komen de totale kosten met 274 miljoen Euro een heel stuk lager uit dan het referentiescenario. Bij deze wijzen we er nogmaals op dat dit scenario niet realistisch is gezien de rol van BioGas als sluitstuk van de energietransitie. Aangezien er in dit scenario niets met investeringen wordt gedaan zijn de resultaten niet afhankelijk van kosten niveaus.

Alles Restwarmte 90°C:

Bij dit warmtenet 90°C scenario wordt door het gehele systeem alleen 90°C water vervoerd. Dit betekent dat voor de vraagpunten die 110°C water moeten hebben, dat dit opgewarmd moet worden. Hiervoor zijn installaties nodig en elektriciteit. Al met al maakt dit het systeem erg inefficiënt met investeringen en een behoorlijke component aan elektriciteitskosten. De totale kosten kom in de range van 670 tot 707 miljoen Euro uit met totale kosten op een gemiddeld kostenniveau van 688 miljoen Euro.

Alles Restwarmte 110°C:

Ten opzichte van het 90°C scenario, komt dit scenario er voordeliger uit. Dit komt voornamelijk dat door de aanleg van een 110°C netwerk er minder kosten zijn aan elektriciteit omdat er niet opgewarmd hoeft te worden. De investeringskosten zijn vergelijkbaar maar door de sterke reductie in elektriciteitskosten komen de totale kosten in de range van 417 tot 454 miljoen Euro uit met totale kosten op een gemiddeld kostenniveau van 435 miljoen Euro.

Alles Elektriciteit Grijs:

In het geval van de All Electric opties voor Oost-Vlaanderen zien we een ander beeld dat in Zeeuws-Vlaanderen. Dit komt doordat de all electric opties een mogelijkheid zijn voor slechts een klein gedeelte van de warmtevraag. Voor bedrijven is aangegeven dat all electric geen mogelijkheid is. Daarmee geeft dit scenario ten opzichte van de referentiecasse maar een beperkte CO₂ reductie. Ondanks dat de all electric maar op een klein gedeelte van de warmtevraag van toepassing is, stijgen de kosten nog steeds aanzienlijk ten opzichte van de referentiecasse. Daarmee wordt het beeld bevestigd dat het toepassen van all electric op grotere schaal nog steeds een (te) dure optie is op basis van de verkregen kostenindicaties.

Alles Elektriciteit Groen:

De bevindingen zijn bijna gelijk aan die van de vorige case met dat verschil dat bij groene elektriciteit de kosten van elektriciteit iets lager zijn omdat de groene elektriciteit een lager prijsniveau heeft, en er wel minder CO₂ belasting betaald hoeft te worden. Daardoor is deze iets goedkoper dan het vorige scenario maar gezien de nog steeds beperkte CO₂ besparing, nog geen relevante mogelijkheid om de CO₂ uitstoot naar beneden te krijgen.

Geen Gas

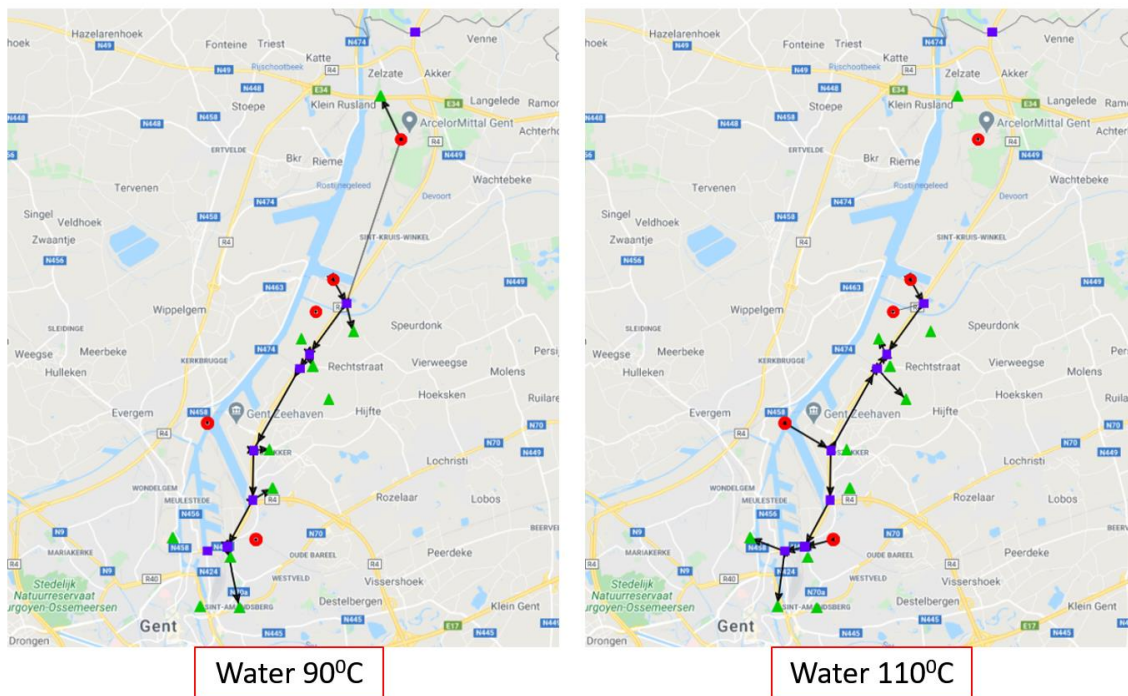
Na optimalisatie van het systeem waarbij elk vraagpunt mag kiezen tussen all electric, of een warmtenet van 90°C of 110°C, zien we dat in Oost-Vlaanderen een gecombineerd of zelfs gedeeltelijk dubbel warmtenet wordt aangelegd van 90°C en 110°C. Dit genereert wel hogere CAPEX en FOPEX kosten maar bespaart een flink stuk op de elektriciteitskosten die nodig waren bij netwerken met maar één temperatuur. Uiteindelijk komen de kosten van dit scenario uit in de range van 350 tot 387 miljoen Euro uit met totale kosten op een gemiddelde kostenniveau van 369 miljoen Euro, hetgeen zeer competitief is met de referentiecasse.

Netwerk

Het netwerk behorende bij het “Geen Gas” scenario voor Oost-Vlaanderen zijn eigenlijk 2 netwerken gegeven dat er gekozen wordt voor 2 temperaturen. De netwerken van beide temperaturen zijn afgebeeld in figuur 9.

In het Noorden levert Arcelor Mittal Gent aan Zelzate op 90°C, Vanwege de robuustheid wordt dit gedeelte ook verbonden met het meer Zuidelijke 90°C gedeelte. Rodenhuize levert in basis het Zuidelijke stuk van het 90°C netwerk.

De overige aanbieders leveren aan het 110°C netwerk wat onder andere ook het Luminus netwerk in Gent bedient. De BEE Biomassacentrale is aangekoppeld voor de robuustheid van het netwerk maar wordt bij normale omstandigheden niet gebruikt.



Figuur 9: Grafische representatie van gekozen pijpleiding verbindingen in Geen Gas scenario

CO₂ besparing

Overeenkomstig aan Zeeuws-Vlaanderen zijn in figuur 10 de CO₂ besparingen opgenomen. Ook hier is uitgegaan van het gemiddelde kostenniveau.

	Totale kosten	Totale kosten zonder CO ₂ bel.	CO ₂ emissie per jaar	Vermeden CO ₂	Kosten vermeden CO ₂
Case naam	[mln€]	[mln€]	[kTon CO ₂]/[jaar]	[kTon CO ₂]	[€]/[Ton CO ₂]
Referentiecasi (Niets doen)	371	303	54	0	0
BioGas	274	267	5	1453	-25
Alles Restwarmte 90°C	740	691	39	448	868
Alles Restwarmte 110°C	512	488	19	1046	177
Alles Elektriciteit Grijs	503	438	52	65	2087
Alles Elektriciteit Groen	498	442	44	300	465
Geen Gas	369	356	11	1299	41

Figuur 10: CO₂ besparingen per scenario

5.3 GEHELE KANAALZONE

5.3.1 Scenario's

Als we naar de gecombineerde Kanaalzone kijken beperkingen we ons tot maar 3 scenario's.

1. Referentiecasi (Niets doen)

Fictieve situatie waarbij de huidige situatie tot 2054 voort wordt gezet voor de gehele Kanaalzone. Er is dus geen CO₂ besparing ten opzichte van de huidige situatie. We gebruiken dit scenario voornamelijk om de relatieve aantrekkelijkheid van andere scenario's te duiden ten opzichte van de huidige situatie. Praktisch gezien betekent dit de optelling van de referentiecasi van Zeeuws-Vlaanderen met die van Oost-Vlaanderen.

2. Geen Gas

We forceren dat er geen gas gebruikt mag worden, verder mag het model zelf bepalen welke optie voor ieder vraagpunt gekozen wordt. Het is mogelijk voor het model om hierbij over de grens tussen Nederland en België te gaan en de netwerken aan elkaar te koppelen. De gekozen warmtenetten moeten wel robuust zijn maar robuustheid mag gerealiseerd worden met een aanbieder van over de grens.

3. Geen Gas met grensoverschrijding

Als Geen Gas scenario maar dan met een verplichte koppeling over de grens.

5.3.2 Financiële resultaten

Voor de gehele Kanaalzone beschouwen we de 3 eerder genoemde kostenniveaus die in beide deelgebieden ter zake zijn: laag, gemiddeld en hoog.

Figuur 11 geeft de financiële resultaten voor de gehele Kanaalzone voor zover deze binnen de scope van de studie viel.

Case naam	Gemiddelde kosten					Laag	Hoog
	CAPEX [mln€]	FOPEX [mln€]	Gas/Elekt [mln€]	CO2 belasting [mln€]	Totale kosten [mln€]	Totale kosten [mln€]	Totale kosten [mln€]
Referentiecasi (Niets doen)	0	0	684	159	842	842	842
Geen Gas	663	114	110	13	901	819	982
Geen Gas + grensoverschrijding	677	123	110	13	924	842	1,005

Figuur 11: Financiële resultaten Kanaalzone

5.3.3 Bevindingen

Referentiecasi (Niets doen):

Zoals gemeld is dit de som van de referentiecasi voor de afzonderlijke gebieden Zeeuws-Vlaanderen en Oost-Vlaanderen.

Geen Gas

In de gecombineerde Kanaalzone zien we bij optimalisatie van de gehele zone dat de keuzes van de afzonderlijke gedeeltes overeind blijven. Feitelijk is dit dan ook de som van de Geen Gas scenario's van de 2 deelgebieden. Het model kiest er dus niet voor om de netwerken van Zeeuws- en Oost-Vlaanderen aan elkaar te koppelen. Voor deze situatie is het bekijken van de gecombineerde kosten niet zinvol en kan men beter de financiële vergelijking van de individuele delen bekijken.

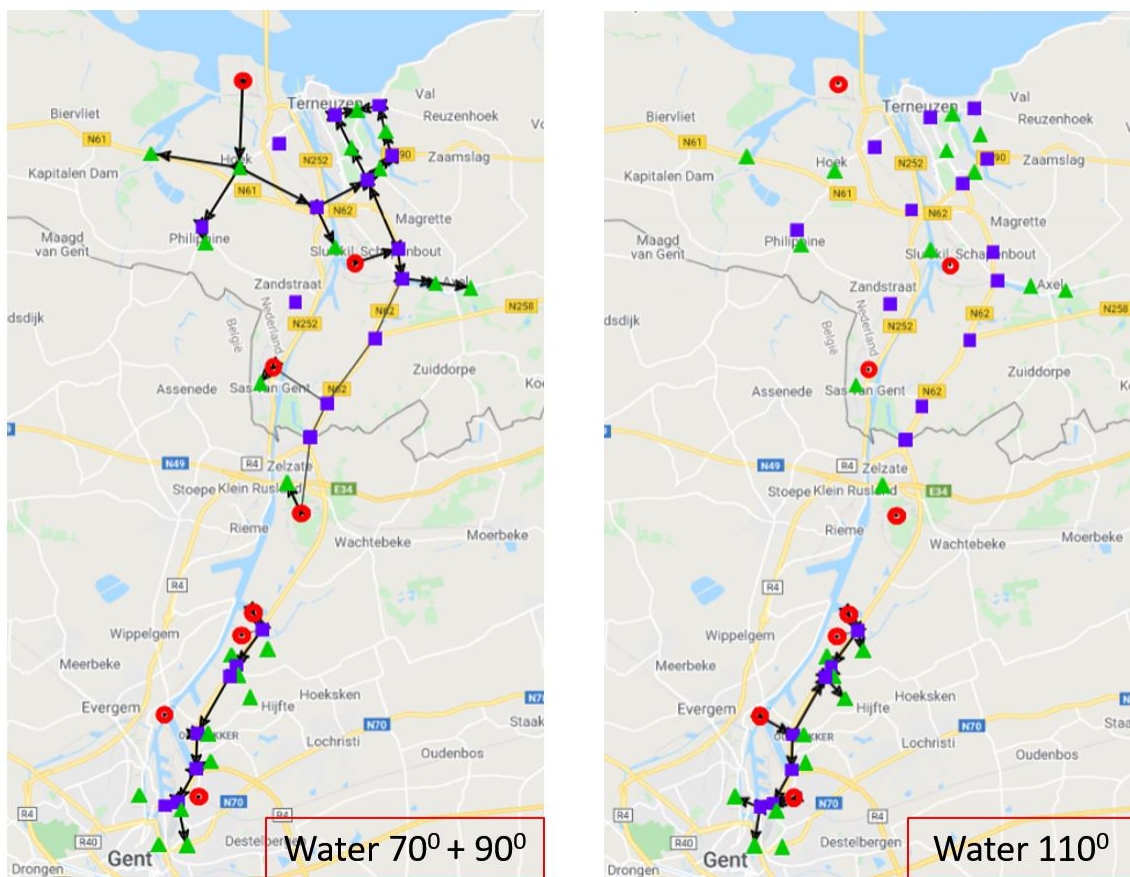
Geen Gas met grensoverschrijding

In dit scenario zien we nu wat een verplichte grensoverschrijding extra aan kosten met zich mee zou brengen. Aangezien het gewone Geen Gas scenario geen grensoverschrijding doet is het niet verbazend dat dit scenario duurder uitvalt. Het forceren van de grensovergang levert in totaal 23 miljoen aan extra kosten met zich mee ten opzichte van het Geen Gas scenario waar we geen grensoverschrijding forceren. Deze kosten zitten voornamelijk in hogere investeringskosten voor pijpleidingen en daarmee geassocieerde FOPEX.

Noot: Hoewel het in dit specifieke geval geen voordeel oplevert, is het goed mogelijk dat in bepaalde situaties die buiten de scope van deze studie vallen een samenwerking over de grens wél een voordeel op zou leveren.

Netwerk

Voor de volledigheid nemen we hier de netwerken op voor de gehele Kanaalzone in het geval van de geforceerde grensoverschrijding. In het Nederlandse gedeelte bestaat dit uit het 70°C warmtenet en in het Oost-Vlaanderen gedeelte het gecombineerde 90°C en 110°C warmtenet. We zien nu in figuur 12 dat Arcelor Mittal Gent gekoppeld wordt aan het Nederlandse 70°C netwerk en daarmee robuustheid garandeert. In het Zuidelijke stuk van Oost-Vlaanderen moet daardoor wel de BEE Biomassa centrale aangeschakeld worden om voor dat stuk robuustheid te garanderen. Zoals gemeld is deze optie 23 miljoen Euro duurder, dan de afzonderlijke netwerken in Zeeuws- en Oost-Vlaanderen.



Figuur 12: Grafische representatie van gekozen pijpleiding verbindingen in Geen Gas met grensoverschrijding scenario

6 Conclusies

Overeenkomstig de resultaten zijn de volgende conclusies te trekken voor de verschillende geografische opdelingen Zeeuws-Vlaanderen, Oost-Vlaanderen en de gecombineerde Kanaalzone.

Conclusies voor Zeeuws-Vlaanderen

1. In Zeeuws-Vlaanderen is er duidelijk voorkeur voor een 70°C warmtenet als alternatief voor gas.
2. Het resulterende netwerk is financieel competitief ten opzichte van Referentiecasi (niets doen) met variatie daar omheen vanwege het isolatievraagstuk. In het beste geval (geen isolatie-investeringen nodig) kan dit zelfs goedkoper uitvallen dan de referentiecasi.
3. Kosten voor All Electric (zowel Elektriciteit als aanschafkosten) zijn vooralsnog te hoog.
4. De structuur van het door het model voor gestelde pijpleidingennetwerk voor het 70°C warmtenet is erg stabiel en verandert niet over de verschillende kostenniveaus.

Conclusies voor Oost-Vlaanderen

1. In Oost-Vlaanderen is er duidelijk voorkeur voor een gecombineerd 90°C en 110°C warmtenet als alternatief voor gas.
2. Het resulterende netwerk is financieel competitief ten opzichte van Referentiecasi (niets doen).
3. Door de hogere temperatuur van de warmtenetten in Oost-Vlaanderen speelt de onzekerheid rond de isolatie niet.
4. Kosten voor All Electric (zowel Elektriciteit als aanschafkosten) zijn ook in Oost-Vlaanderen vooralsnog te hoog en leveren binnen Oost-Vlaanderen maar zeer beperkt CO₂ besparingen.
5. De structuur van het door het model voor gestelde pijpleidingennetwerk voor het gecombineerde 90°C en 110°C warmtenet is erg stabiel en verandert nauwelijks over de verschillende kostenniveaus.

Conclusies voor de gecombineerde Kanaalzone

1. Netwerken Zeeuws-Vlaanderen en Oost-Vlaanderen blijven in basis gescheiden vanwege “dure” grens overgang in deze scope. Er zijn wel andere grensoverschrijdende mogelijkheden geïdentificeerd welke onderzocht zouden kunnen worden.

Appendix A Investeringskosten vraagzijde Oost-Vlaanderen

Warmtenet TEACOS model BE 4.32/Vraag

	Vraag TJ	bouwjaar	woningen	AE min	AE max	Water90 min Water110 min	Water90 max Water110max
Desteldonk	7.2	1970	70	€ 2,646,000	€ 3,514,000	€ 350,000	€ 560,000
Energiestraat Desteldonk	187.2		Bedrijven terrein			€ 19,601,524	€ 29,402,380
Hogeweg	10.8	2020	330	€ 6,270,000	€ 8,910,000	€ 1,650,000	€ 2,640,000
Hulsdonk	158.4		Bedrijven Terrein			€ 16,585,905	€ 24,878,937
Luminus	288		Bedrijven Terrein			€ 30,156,192	€ 45,234,432
Oostakker	50.4	1985	500	€ 17,425,000	€ 24,325,000	€ 2,500,000	€ 4,000,000
Sint Amandsberg	50.4	1980	500	€ 17,425,000	€ 24,325,000	€ 2,500,000	€ 4,000,000
Skaldenpark	158.4		Bedrijven Terrein			€ 16,585,90	€ 24,878,937
Wiedauwkaai	25.2		Bedrijven terrein			€ 2,638,666	€ 3,958,012
Wolfput	10.8	2020	350	€ 6,650,000	€ 9,450,000	€ 1,750,000	€ 2,800,000
Zelzate	48.6	1980	1100	€ 38,335,000	€ 53,515,000	€ 5,500,000	€ 8,800,000

De kosten voor water 110°C en water 90°C zijn aan de vraagzijde gelijk. Dit heeft te maken met het feit dat in beide gevallen geen isolatie en enkel aansluiting nodig is.

Appendix B Warmtevraag Zeeuws-Vlaanderen

Vraagpunt	Warmtevraag (TJ)
4532B	10.84
4532C	10.57
4532E	9.71
4532G	15.32
4532H	9.41
4532J	11.93
4532K	14.05
4532L	14.18
4532M	11.37
4533A	13.23
4533B	5.15
4533D	5.51
4533E	6.48
4533G	3.07
4533H	3.99
4533J	3.86
4533R	2.86
4535A	8.48
4535B	19.69
4535C	15.03
4535E	10.34
4535G	12.85
4535H	5.36
4535J	9.21
4536A	12.42
4536B	6.82
4536C	8.34
4536E	9.97
4536G	11.75
4537C	14.42
4537D	4.24
4537R	12.30
4537S	5.17
4537T	4.29
4537V	4.23
4537X	8.40
4538A	2.27

Vraagpunt	Warmtevraag (TJ)
4541A	15.24
4541B	7.06
4541E	15.60
4542A	18.06
4542C	10.88
4542E	6.77
4542G	45.81
4551A	13.08
4551G	8.71
4551H	13.83
4551T	5.65
4551V	17.03
4553B	10.98
4553C	14.56
4553E	7.00
4571A	17.61
4571B	8.22
4571C	11.37
4571E	11.68
4571G	10.32
4571H	5.24
4571J	20.23
4571K	3.17
4571L	10.91
4571M	9.32
4571T	4.11
4571V	14.83
4571X	11.00

Vraagpunt	Warmtevraag (TJ)
Vliegende Vaart	7.43
Zorgzaam	1.14
Scheldorado	3.70
Boerenbond	0.48
Autogarage nr 20	0.25
Begrafenis ondernemer	0.32
kantoor nr 1	0.30
kantoor nr 8	0.56
kantoor nr 6	0.42
Linde	0.32
kantoor nr 25	0.11
10kantoren1_Gezellestraat	2.56
10kantoren2_Gezellestraat	2.56
10kantoren3_Gezellestraat	2.56
10kantoren4_Gezellestraat	2.56
10kantoren5_Gezellestraat	2.56
10kantoren6_Gezellestraat	2.56
10kantoren7_Gezellestraat	2.56

Appendix C Warmtevraag Oost-Vlaanderen

Naam vraaggebied	Gegeven Temp (°C)	Gebruikte Temp (°C)	Vraag TJ
Desteldonk	110	110	12
Energiestraat_Desteldonk	110	110	312
HogeWeg	70	90	18
Hulsdonk	110	110	264
Luminus	130	110	420
Oostakker	90	90	84
Sint_Amandsberg	90	90	84
Skaldenpark	110	110	264
Wiedauwkaai	110	110	42
Wolfput	90	90	18
Zelzate	90	90	81

Appendix D Afstanden vraagpunten tot transportnetwerk

Vraagpunt	Afstand [mtr]
4532B	285
4532C	28
4532E	136
4532G	27
4532H	182
4532J	208
4532K	259
4532L	249
4532M	717
4533A	85
4533B	335
4533D	196
4533E	195
4533G	105
4533H	172
4533J	190
4533R	352
4535A	519
4535B	44
4535C	563
4535E	142
4535G	87
4535H	392
4535J	282
4536A	23
4536B	191
4536C	392
4536E	300
4536G	2
4537C	193
4537D	561
4537R	275
4537S	516
4537T	305

Vraagpunt	Afstand [mtr]
4537V	511
4537X	228
4538A	599
4541A	248
4541B	447
4541E	2
4542A	350
4542C	522
4542E	510
4542G	212
4551A	323
4551G	451
4551H	329
4551T	312
4551V	717
4553B	80
4553C	704
4553E	130
4571A	248
4571B	142
4571C	307
4571E	845
4571G	580
4571H	33
4571J	324
4571K	383
4571L	1180
4571M	620
4571T	1059
4571V	419
4571X	88
Scheldorado	710
Zorgzaam	241
Vliegende Vaart	171

Appendix E Capaciteitsberekening pijpleiding

Voor de berekening van de pijpleidingcapaciteit gebruiken we de volgende formule:

$$\text{flow} = P / (\rho * c * \Delta T)$$

P = het te transporteren vermogen in Watt;

ρ = de soortelijke dichtheid van water in kg/m³;

c = de soortelijke warmte van water in °C;

ΔT = het temperatuursverschil van aanvoer en retour water in Kelvin.

Flow = M³ water per seconde

Waarbij we P nodig hebben

$$P = \text{flow} * (\rho * c * \Delta T)$$

Flow = (diameter/2)² * π * stroomsnelheid.

We gebruiken de diameters 0.4 en 0.6, we nemen aan dat de stroomsnelheid 2.5 m/s is.

$$\rho = 977$$

$$c = 4.2$$

$$\Delta T = 15$$

Diameter	Flow (m ³ /s)	P (watt)	Capaciteit (TJ/Jaar)
0.4	0.31415	19336.82	609.81
0.6	0.70685	43507.84	1372.06

Appendix F Kosten energiebronnen

Nederland:

Prijsscenario's											
	Grijs Gas			Bio Gas			Grijze Elec.		Groene Elec		CO2 tak
	gas: €/m ³	afschrijving+onderhoud [€/m ³]	€/GJ	Biogas €/m ³	afschrijving+onderhoud [€/m ³]	€/GJ	€/kWh	€/GJ	€/kWh	€/GJ	
2020	0.65	0.23	27.80	0.70	0.23	29.38	0.22	61.11	0.23	63.89	30.00
2021	0.66	0.23	28.12	0.71	0.23	29.70	0.23	63.89	0.24	66.67	42.00
2022	0.67	0.23	28.44	0.72	0.23	30.02	0.24	66.67	0.25	69.44	54.00
2023	0.68	0.23	28.75	0.73	0.23	30.33	0.25	69.44	0.26	72.22	66.00
2024	0.69	0.23	29.07	0.74	0.23	30.65	0.26	72.22	0.27	75.00	78.00
2025	0.70	0.23	29.38	0.75	0.23	30.96	0.27	75.00	0.28	77.78	90.00
2026	0.71	0.23	29.70	0.76	0.23	31.28	0.28	77.78	0.29	80.56	102.00
2027	0.72	0.23	30.02	0.77	0.23	31.60	0.29	80.56	0.30	83.33	114.00
2028	0.73	0.23	30.33	0.78	0.23	31.91	0.30	83.33	0.31	86.11	126.00
2029	0.74	0.23	30.65	0.79	0.23	32.23	0.31	86.11	0.32	88.89	138.00
2030	0.75	0.23	30.96	0.80	0.23	32.54	0.32	88.89	0.33	91.67	150.00
2031	0.76	0.23	31.28	0.81	0.23	32.86	0.33	91.67	0.34	94.44	150.00
2032	0.77	0.23	31.60	0.82	0.23	33.18	0.34	94.44	0.35	97.22	150.00
2033	0.78	0.23	31.91	0.83	0.23	33.49	0.35	97.22	0.36	100.00	150.00
2034	0.79	0.23	32.23	0.84	0.23	33.81	0.36	100.00	0.37	102.78	150.00
2035	0.80	0.23	32.54	0.85	0.23	34.12	0.37	102.78	0.38	105.56	150.00
2036	0.81	0.23	32.86	0.86	0.23	34.44	0.38	105.56	0.39	108.33	150.00
2037	0.82	0.23	33.18	0.87	0.23	34.76	0.39	108.33	0.40	111.11	150.00
2038	0.83	0.23	33.49	0.88	0.23	35.07	0.40	111.11	0.41	113.89	150.00
2039	0.84	0.23	33.81	0.89	0.23	35.39	0.41	113.89	0.42	116.67	150.00
2040	0.85	0.23	34.12	0.90	0.23	35.70	0.42	116.67	0.43	119.44	150.00
2041	0.86	0.23	34.44	0.91	0.23	36.02	0.43	119.44	0.44	122.22	150.00
2042	0.87	0.23	34.76	0.92	0.23	36.33	0.44	122.22	0.45	125.00	150.00
2043	0.88	0.23	35.07	0.93	0.23	36.65	0.45	125.00	0.46	127.78	150.00
2044	0.89	0.23	35.39	0.94	0.23	36.97	0.46	127.78	0.47	130.56	150.00
2045	0.90	0.23	35.70	0.95	0.23	37.28	0.47	130.56	0.48	133.33	150.00
2046	0.91	0.23	36.02	0.96	0.23	37.60	0.48	133.33	0.49	136.11	150.00
2047	0.92	0.23	36.33	0.97	0.23	37.91	0.49	136.11	0.50	138.89	150.00
2048	0.93	0.23	36.65	0.98	0.23	38.23	0.50	138.89	0.51	141.67	150.00
2049	0.94	0.23	36.97	0.99	0.23	38.55	0.51	141.67	0.52	144.44	150.00
2050	0.95	0.23	37.28	1.00	0.23	38.86	0.52	144.44	0.53	147.22	150.00
2051	0.96	0.23	37.60	1.01	0.23	39.18	0.53	147.22	0.54	150.00	150.00
2052	0.97	0.23	37.91	1.02	0.23	39.49	0.54	150.00	0.55	152.78	150.00
2053	0.98	0.23	38.23	1.03	0.23	39.81	0.55	152.78	0.56	155.56	150.00
2054	0.99	0.23	38.55	1.04	0.23	40.13	0.56	155.56	0.57	158.33	150.00

Hoeveelheden				
Bio Gas				
	Min	Max	Min	Max
	mln m3	mln m3	TJ	TJ
2020	0.0001	17	0.0001	538
2021	0.0001	17	0.0001	538
2022	0.0001	34	0.0001	1076
2023	0.0001	34	0.0001	1076
2024	0.0001	34	0.0001	1076
2025	0.0001	34	0.0001	1076
2026	0.0001	72	0.0001	2279
2027	0.0001	80	0.0001	2532
2028	0.0001	80	0.0001	2532
2029	0.0001	80	0.0001	2532
2030	0.0001	80	0.0001	2532
2031	0.0001	80	0.0001	2532
2032	0.0001	80	0.0001	2532
2033	0.0001	80	0.0001	2532
2034	0.0001	80	0.0001	2532
2035	0.0001	80	0.0001	2532
2036	0.0001	80	0.0001	2532
2037	0.0001	80	0.0001	2532
2038	0.0001	80	0.0001	2532
2039	0.0001	80	0.0001	2532
2040	0.0001	80	0.0001	2532
2041	0.0001	80	0.0001	2532
2042	0.0001	80	0.0001	2532
2043	0.0001	80	0.0001	2532
2044	0.0001	80	0.0001	2532
2045	0.0001	80	0.0001	2532
2046	0.0001	80	0.0001	2532
2047	0.0001	80	0.0001	2532
2048	0.0001	80	0.0001	2532
2049	0.0001	80	0.0001	2532
2050	0.0001	80	0.0001	2532
2051	0.0001	80	0.0001	2532
2052	0.0001	80	0.0001	2532
2053	0.0001	80	0.0001	2532
2054	0.0001	80	0.0001	2532

België:

Prijsscenario's											
	Grijs Gas			Bio Gas			Grijze Elec.		Groene Elec		CO2 taks
	Gas: €/m3	afschrijving+onderho ud [€/m3]	€/GJ	Biogas €/m3	afschrijving+onderh oud [€/m3]	€/GJ	€/kWh	€/GJ	€/kWh	€/GJ	€/ton
2020	0.42	0.13	17.25	0.42	0.13	17.25	0.25	69.50	0.27	75.06	0.00
2021	0.42	0.13	17.25	0.42	0.13	17.25	0.25	69.50	0.27	75.06	0.00
2022	0.42	0.13	17.25	0.42	0.13	17.25	0.25	69.50	0.27	75.06	0.00
2023	0.42	0.13	17.25	0.42	0.13	17.25	0.25	69.50	0.27	75.06	0.00
2024	0.42	0.13	17.25	0.42	0.13	17.25	0.25	69.50	0.27	75.06	0.00
2025	0.42	0.13	17.25	0.42	0.13	17.25	0.25	69.50	0.27	75.06	10.00
2026	0.42	0.13	17.25	0.42	0.13	17.25	0.26	72.28	0.28	77.84	12.40
2027	0.42	0.13	17.25	0.42	0.13	17.25	0.27	75.06	0.29	80.62	15.38
2028	0.42	0.13	17.25	0.42	0.13	17.25	0.28	77.84	0.30	83.40	19.07
2029	0.42	0.13	17.25	0.42	0.13	17.25	0.29	80.62	0.31	86.18	23.64
2030	0.43	0.13	17.52	0.42	0.13	17.25	0.30	83.40	0.32	88.96	29.32
2031	0.44	0.13	17.79	0.42	0.13	17.25	0.31	86.18	0.33	91.74	36.35
2032	0.44	0.13	18.06	0.42	0.13	17.25	0.32	88.96	0.34	94.52	45.08
2033	0.45	0.13	18.34	0.42	0.13	17.25	0.33	91.74	0.35	97.30	55.90
2034	0.46	0.13	18.63	0.42	0.13	17.25	0.34	94.52	0.36	100.08	69.31
2035	0.47	0.13	18.92	0.42	0.13	17.25	0.35	97.30	0.37	102.86	70.00
2036	0.48	0.13	19.22	0.42	0.13	17.25	0.36	100.08	0.38	105.64	74.83
2037	0.49	0.13	19.52	0.42	0.13	17.25	0.37	102.86	0.39	108.42	79.99
2038	0.50	0.13	19.83	0.42	0.13	17.25	0.38	105.64	0.40	111.20	85.51
2039	0.51	0.13	20.15	0.42	0.13	17.25	0.39	108.42	0.41	113.98	91.41
2040	0.52	0.13	20.47	0.42	0.13	17.25	0.40	111.20	0.42	116.76	97.72
2041	0.53	0.13	20.80	0.42	0.13	17.25	0.41	113.98	0.43	119.54	104.46
2042	0.54	0.13	21.13	0.42	0.13	17.25	0.42	116.76	0.44	122.32	111.67
2043	0.55	0.13	21.48	0.42	0.13	17.25	0.43	119.54	0.45	125.10	119.38
2044	0.56	0.13	21.83	0.42	0.13	17.25	0.44	122.32	0.46	127.88	127.61
2045	0.57	0.13	22.18	0.42	0.13	17.25	0.45	125.10	0.47	130.66	136.42
2046	0.59	0.13	22.54	0.42	0.13	17.25	0.46	127.88	0.48	133.44	145.83
2047	0.60	0.13	22.91	0.42	0.13	17.25	0.47	130.66	0.49	136.22	155.89
2048	0.61	0.13	23.29	0.42	0.13	17.25	0.48	133.44	0.50	139.00	166.65
2049	0.62	0.13	23.68	0.42	0.13	17.25	0.49	136.22	0.51	141.78	178.15
2050	0.63	0.13	24.07	0.42	0.13	17.25	0.50	139.00	0.52	144.56	190.44
2051	0.65	0.13	24.47	0.42	0.13	17.25	0.51	141.78	0.53	147.34	203.58
2052	0.66	0.13	24.88	0.42	0.13	17.25	0.52	144.56	0.54	150.12	217.63
2053	0.67	0.13	25.30	0.42	0.13	17.25	0.53	147.34	0.55	152.90	232.65
2054	0.69	0.13	25.72	0.42	0.13	17.25	0.54	150.12	0.56	155.68	248.70