

**Datum**

11 november 2021

Versie

definitief

5e generatie warmtenet KNSM-eiland

Technisch en financieel haalbaarheidsonderzoek

ir. Stefan Mol

1 Inhoud

1	Inhoud	3
1.	Uitgangspunten	5
1.1	Inleiding	5
1.2	Beoogd resultaat	5
1.3	Demarcatie	5
1.4	Huidige warmte- en elektriciteitsvraag	6
1.5	Huidige vermogensvraag	6
1.6	CO ₂ -uitstoot elektriciteit	7
1.7	Financiële parameters	7
2	Technieken en methode	9
2.1	TEO	9
2.2	WKO-systemen	9
2.3	Warmtepompen	10
2.4	TCO-model	10
3	Warmte-scenario's	11
3.1	Scenario 1: TEO - 5G net - 65 C of 55 C + booster WP	12
3.2	Scenario 2: TEO – 70 C warmtenet	13
3.3	Scenario 3: TEO - 5G net - 65 C of 55 C + TE booster	13
3.4	Scenario 4: TEO - 5G net - 65 C	14
4	Warmteketen-berekeningen	15
4.1	Algemeen	15
4.2	Opzet	15
4.3	Uitkomsten	15
4.4	Warmte-beschikbaarheid	16
5	Kostenramingen	17
5.1	Algemeen	17
5.2	Belangrijke kentallen	17
6	Betaalbaarheid	18
6.1	Netto Contante Waarde	18
6.2	Saldo eindwaarde	19
6.3	Gevoeligheidsanalyse	19
6.3.1	Lagere warmtevraag	20
6.3.2	Indexering gas hoger	20
6.3.3	Investeringskosten warmtenet lager	21
6.3.4	Subsidie 5 miljoen Euro	21
6.3.5	Kortere evaluatieperiode	22
6.4	Optimalisaties	22
6.5	Tarieven	23
7	CO2 uitstoot	24
8	Ruimtelijke inpassing	25
8.1	TEO + WKO	25

8.2	Inpassing in gebouwen	25
8.3	Omgevingsonderzoek en vergunningen	27
9	Conclusies	28
9.1	Warmte-scenario's	28
9.2	Ruimtelijke inpassing	28
9.3	Financieel	28
9.4	Duurzaamheid	28
9.5	Organiseerbaarheid	28
10	Aanbevelingen	29
10.1	Afweging publiek / privaat	29
10.2	Gemeentelijke afwegingen	30
10.3	Bewoners-afwegingen	31
11	Bijlagen	32
11.1	Investeringsraming scenario 1	32
11.2	Investeringsraming scenario 2	33
11.3	Investeringsraming scenario 3	34
11.4	Investeringsraming scenario 4	35
11.5	Investeringsraming scenario 5	36
11.6	Beschrijving TCO model	37

1. Uitgangspunten

1.1 Inleiding

De energiecommissie Oostelijk Haven Gebied (OHG) heeft behoefte aan inzicht in de mogelijkheden van een 5^e generatie (zeer-lage-temperatuur) warmtenet met oppervlaktewater als lage-temperatuur warmtebron voor het KNSM-eiland. De energiecommissie heeft opdracht verstrekt aan Waternet om een haalbaarheidsonderzoek uit te voeren.

Het haalbaarheidsonderzoek is een deelresultaat van het project 'Bouwstenen voor een duurzaam warmtenet in het Oostelijk Haven Gebied' van de Energiecommissie OHG.

Het haalbaarheidsonderzoek is input voor de studie van Resourcefully naar flexibiliteit, om de impact van de energietransitie op het elektriciteitsnet zo klein mogelijk te houden.

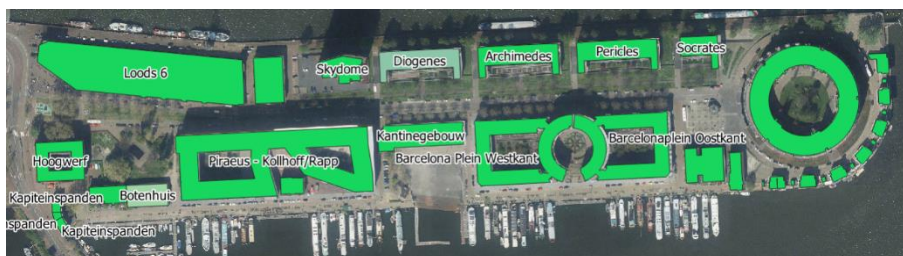
Parallel aan dit haalbaarheidsonderzoek loopt een onderzoek naar modelmatige kostenoptimalisatie van 5^e generatie warmtenetten. Dit onderzoek wordt uitgevoerd door Anko Smit, stagiair bij Waternet en afstudeerder Energy Science aan de Universiteit Utrecht.

1.2 Beoogd resultaat

Het beoogde resultaat van dit haalbaarheidsonderzoek is inzicht in de technische en financiële haalbaarheid en de duurzaamheid van een 5^e generatie warmtenet op basis van aquathermie (TEO) als duurzame warmte-oplossing voor het KNSM-eiland.

De evaluatieperiode waarin de verschillende scenario's met elkaar worden vergeleken bedraagt 50 jaar.

1.3 Demarcatie



Figuur 1 Demarcatie onderzoeksgebied

De Kapiteinspanden, de Hoogwerf en de woonboten vallen buiten de huidige demarcatie.

Tabel 1 Gebouwen, woningen en utiliteiten op het KNSM-eiland

Gebouw	Index	Woningen	Commercieel
Loods 6	2.01	0	68
	2.02	25	0

Skydrome	2.03	100	0
Diogenes	2.04	52	0
Archimedes	2.05	52	0
Pericles	2.06	52	0
Socrates	2.07	27	0
	2.08	224	1
	2.09	27	0
	2.10	36	0
	2.11	12	0
Barcelonaplein	2.12 & 2.13	321	10
Kantinegebouw	2.14	8	0
Piraeus	2.15	300	20
Botenhuis	2.17	28	1
Totaal		1.264	100

1.4 Huidige warmte- en elektriciteitsvraag

De gas- en elektriciteitsvraag is vastgesteld op basis van gegevens van Alliander. Uitgesplitste gasverbruiksgegevens zijn gebruikt bij het doorrekenen van de warmte-oplossingen.

Op basis van het energielabel zijn twee categorieën gebouwen vastgesteld:

- label C of beter (geschikt voor 55 C verwarming)
- label D of slechter (geschikt voor 65 C ruimteverwarming)

Tabel 2 Samenvatting warmte- en elektriciteitsvraag

Gebouw	Index	Gasverbruik (Nm ³ /jaar)	Elektriciteitsverbruik (kWh/jaar)	categorie
Loods 6	2.01	54.774	521.366	D en slechter
	2.02	15.257	62.788	C en beter
Skydrome	2.03	113.792	220.206	C en beter
Diogenes	2.04	49.920	156.384	C en beter
Archimedes	2.05	57.720	133.218	C en beter
Pericles	2.06	55.276	157.086	C en beter
Socrates	2.07	28.620	84.840	C en beter
	2.08	225.551	468.068	C en beter
	2.09	31.644	86.760	C en beter
	2.10	34.016	103.343	C en beter
	2.11	10.524	18.359	D en slechter
Barcelonaplein	2.12 & 2.13	246.707	512.680	C en beter
Kantinegebouw	2.14	38.125	56.244	D en slechter
Piraeus	2.15	357.394	860.994	C en beter
Botenhuis	2.17	15.219	31.372	D en slechter
Totaal		1.334.539	3.473.708	

1.5 Huidige vermogensvraag

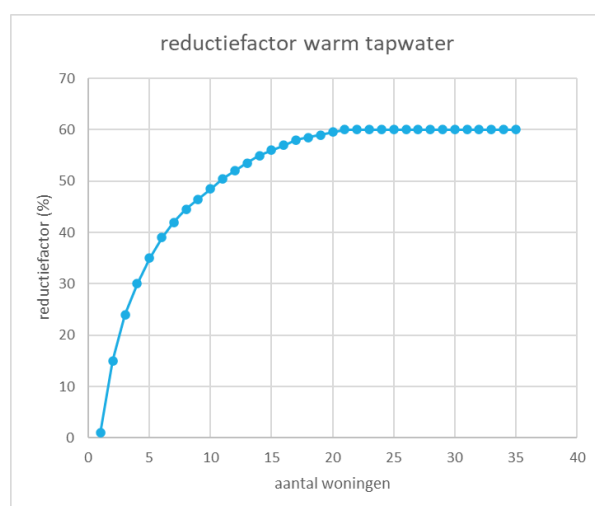
Voor de berekening van het benodigde warmte-vermogen gebruiken we de volgende aannames:

- Ruimteverwarmingsvermogen per woning: 9 kW.

- De gelijktijdigheid van ruimteverwarming is per gebouw bepaald met behulp van Tabel 3.
- De warm tapwater-piek wordt (indien van toepassing) in elk gebouw afgevlakt met behulp van een buffer.
- De reductiefactor voor de vermogensberekening voor warm tapwater is overgenomen uit de Vewin waterwerkbladen (Figuur 2).
- De beschikbare opwarmtijd van de warm tapwater-buffers is vastgezet op 8 uur per dag. De resterende tijd is het aansluitvermogen beschikbaar voor ruimteverwarming.

Tabel 3 Gelijktijdigheidsfactor ruimteverwarming

Aantal woningen: Onderwaarde	Bovenwaarde	Gelijktijdigheidsfactor
1	5	1
6	13	0,95
14	25	0,9
26	40	0,85
41	60	0,8
61	85	0,75
86	115	0,7
116	155	0,65
156	205	0,6
206	10000	0,55



Figuur 2 Reductiefactor vermogensberekening warm tapwater

1.6 CO₂-uitstoot elektriciteit

We nemen aan dat de CO₂-uitstoot van elektriciteit lineair daalt van de huidige waarde naar 0 in 2050. Met deze aanname volgen we de doelstelling van het Klimaatakkoord van Parijs.

1.7 Financiële parameters

In deze studie worden financiële berekeningen gemaakt, op basis van kentallen en uitgangspunten. De belangrijkste financiële parameters zijn hieronder samengevat.

Tabel 4 Financiële parameters

Parameter	Waarde	Eenheid
Rekenrente	3%	
Aardgasprijs algemeen	0,79	Euro / Nm ³
Elektriciteitsprijs particulier incl. vastrecht	0,20	Euro / kWh
Elektriciteitsprijs midden-zakelijk incl. vastrecht	0,11	Euro / kWh
Indexering algemeen	2,0%	
Indexering elektriciteit	2,5%	
Indexering aardgas	3,0%	

De gehanteerde aardgasprijs is gebaseerd op de tarieven in het najaar van 2021, zonder de extreme uitschieters tot meer dan 1 Euro per Nm³.

Verder gelden de volgende financiële uitgangspunten:

- Alle bedragen zijn exclusief BTW.
- Alle ketenpartners zijn BTW-plichtig, behalve bewoners.
- Afschrijving vindt plaats over de technische levensduur van de componenten.
- Herinvesteringen vinden plaats binnen de evaluatieperiode.

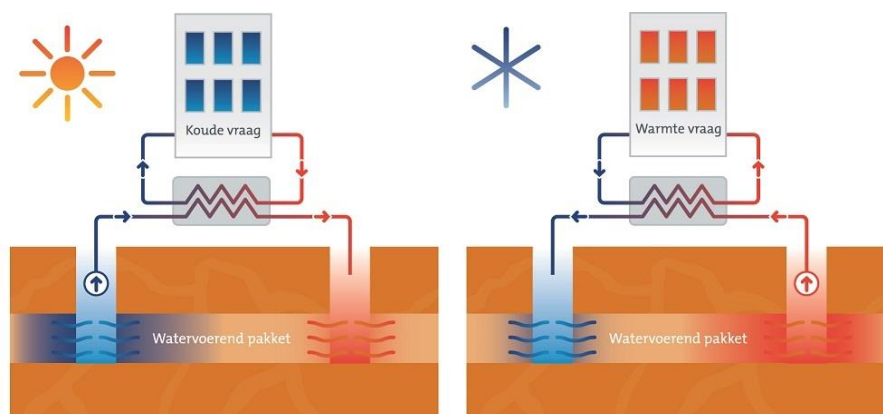
2 Technieken en methode

2.1 TEO

Voor het gehele Oostelijke havengebied is oppervlaktewater een belangrijke potentiële bron voor duurzame warmte. De techniek om deze warmte te oogsten noemen we TEO. TEO staat voor Thermische Energie uit Oppervlaktewater. TEO is een vorm van Aquathermie, de verzamelterm voor duurzaam verwarmen en koelen met water. Bij TEO haal je in de zomer warmte uit het oppervlaktewater met een warmtewisselaar. Deze warmte sla je in de bodem op, voor gebruik in de winter. Een warmtepomp zorgt ervoor dat de warmte op voldoende hoge temperatuur aan gebouwen wordt geleverd voor verwarming en warm tapwater. In veel gevallen kun je ook 's zomers koelen met de koude uit de bodem.

2.2 WKO-systemen

Zomerwarmte uit oppervlaktewater wordt in de regel opgeslagen in de bodem voor gebruik in de winter. Dit gebeurt in watervoerende grondlagen (aquifers). De installaties heten warmte-koude opslagsystemen (WKO's).



Figuur 3 Schema en werking van een WKO-systeem in zomer en winter

De potentie voor WKO's op het KNSM-eiland is groot (circa 3.000 GJ/ha.jaar) vergeleken met het landelijk gemiddelde en is te raadplegen via www.omgevingswarmte.nl/waternet. Er zijn op het KNSM-eiland geen bestaande (open of gesloten) WKO-systemen bekend die reeds een claim op deze potentie gedaan hebben.

WKO is voor het KNSM-eiland technisch en ruimtelijk gezien een realistische mogelijkheid voor opslag van zomerwarmte uit oppervlaktewater. In de energieberekeningen gaan we uit van de volgende gangbare brontemperaturen voor WKO-systemen:

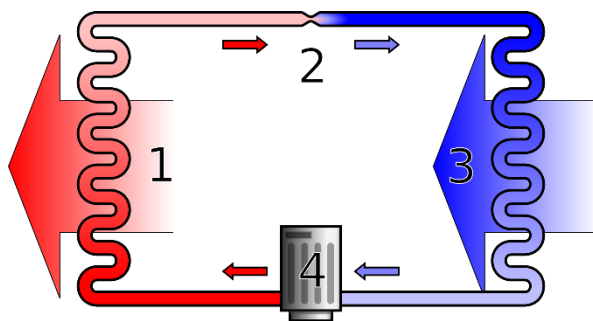
Tabel 5 Brontemperaturen WKO

Parameter	Uitgangspunt	Bron
Temperatuur	Warme bron: 15 °C Koude bron: 9 °C	Waternet 2021

In sommige gevallen is het mogelijk om zonder WKO-systemen gebruik te maken van TEO. Dat betekent dat je rechtstreeks warmte uit oppervlaktewater gebruikt, dus ook in de winter. Het vergunningenbeleid voor dergelijke systemen is nog in ontwikkeling. Voor deze haalbaarheidsstudie gaan we uit van de inzet van WKO-systemen. Het niet inzetten van WKO-systemen is een mogelijke optimalisatie.

2.3 Warmtepompen

Een warmtepomp is een apparaat dat warmte verplaatst of verpompt met behulp van elektriciteit. De bekendste vorm is een koelkast. In dit rapport bedoelen we warmtepompen die gebouwen efficiënt kunnen verwarmen of koelen. De capaciteit van warmtepompen wordt beperkt door (onder andere) het teruglopend rendement bij grotere temperatuursprongen.



Figuur 4 Schematische tekening van een warmtepomp: 1 condensor, 2 turbine (eventueel smoorventiel), 3 verdamper, 4 compressor.

2.4 TCO-model

De afkorting TCO staat voor Total Cost of Ownership. In goed Nederlands: de levensduurkosten. Waternet heeft in 2018 door Twijnstra & Gudde een TCO-model laten ontwikkelen voor het doorrekenen van warmteketen-scenario's. Een uitgebreide beschrijving van de opzet en werking van het TCO-model staat in de bijlagen. Het volledig operationele TCO-model van Waternet is onderdeel van deze haalbaarheidsstudie en is op te vragen bij Waternet.

3 Warmte-scenario's

Warmteketen bestaan in het algemeen uit de volgende onderdelen:



Figuur 5 Schema van een warmteketen

Op basis van de warmtevraag en de epc-labels van de gebouwen zijn 4 kansrijke scenario's opgesteld. Deze worden vergeleken met de huidige verwarming op aardgas.

Tabel 6 Warmte-scenario's

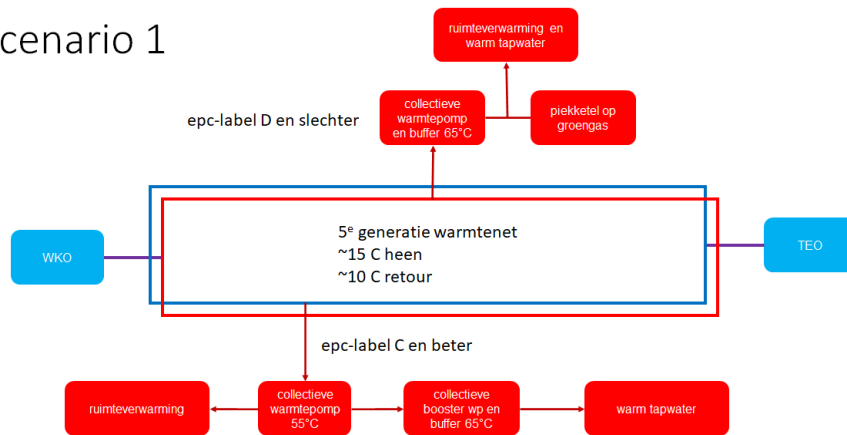
Scenario	Bron	Winning	Transport	Opslag	Omzetting / opwerking
1	Oppervlaktewater Groengas (piek)	TEO	5G net	WKO	- Warmtepomp - Boosterwarmtepomp - Piekketel
2	Oppervlaktewater	TEO	70 °C warmtenet	WKO	Warmtepomp
3	Oppervlaktewater Groengas (piek)	TEO	5G net	WKO	- Warmtepomp, - Elektrische booster - Piekketel
4	Oppervlaktewater	TEO	5G net	WKO	Warmtepomp
5	Gasnet				CV ketel

In dit rapport en het TCO model zijn deze scenario's als volgt afgekort:

Scenario 1	TEO - 5G net - 65 C of 55 C + booster WP
Scenario 2	TEO - 70 C warmtenet
Scenario 3	TEO - 5G net - 65 C of 55 C + TE booster
Scenario 4	TEO - 5G net - 65 C
Scenario 5	aardgas

3.1 Scenario 1: TEO - 5G net - 65 C of 55 C + booster WP

Scenario 1



Figuur 6 Schema scenario 1

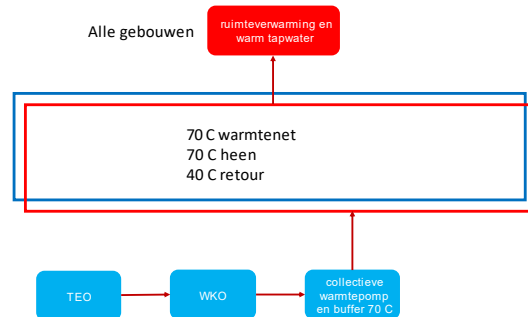
In scenario 1 is warmte- en koude-uitwisseling tussen de gebouwen mogelijk. Deze uitwisseling is nog niet meegenomen in de energieberekeningen. Het 5^e generatie warmtenet kan naast warmte ook verkoeling leveren, afhankelijk van de geschiktheid van de afgiftesystemen in de gebouwen. Vloerverwarmingssystemen zijn hiervoor het meest geschikt.

De 'label D en slechter' gebouwen hebben collectieve warmtepompen en binnenleidingen voor ruimteverwarming en warm tapwater op 65 °C. De ruimteverwarming wordt ondersteund met een gasgestookte piekketel. De piekketel levert 70% van het vermogen en 20% van de benodigde warmte. Deze inschatting is gemaakt op basis van belasting-duurkrommes van vergelijkbare woongebouwen. De piekketel kan na verbetering van de isolatie van de gebouwen mogelijk verwijderd worden.

De 'label C en beter' gebouwen hebben collectieve warmtepompen en binnenleidingen voor ruimteverwarming op 55 °C, aangevuld met collectieve booster-warmtepompen en extra binnenleidingen voor warm tapwater op 65 °C. In deze gebouwen is geen piekketel nodig.

3.2 Scenario 2: TEO – 70 C warmtenet

Scenario 2



Classificatie: Openbaar

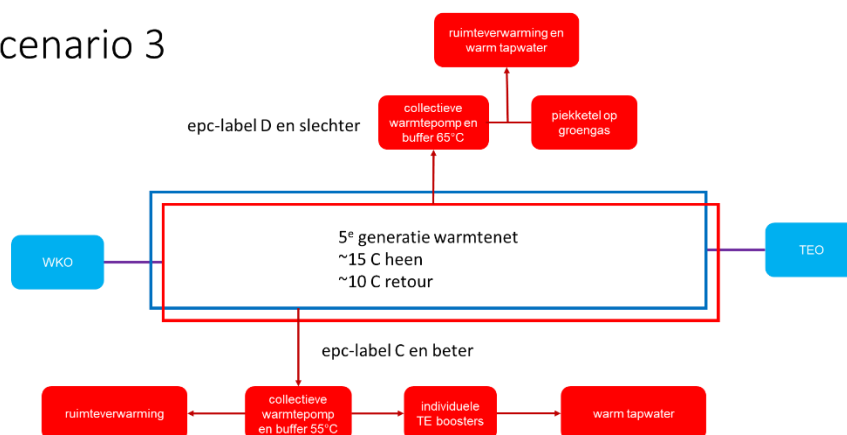
Figuur 7 Schema scenario 2

In scenario 2 wordt de warmte collectief op het KNSM-eiland opgewaardeerd naar 70 °C en via een 70 °C warmtenet met een centrale buffer gedistribueerd. Het 70 °C warmtenet kan geen verkoeling leveren. Uitwisseling van warmte en koude tussen de gebouwen is niet mogelijk.

In dit scenario hebben de gebouwen zelf geen warmtepompen. De gebouwen hebben wel beperkte buffers om pieken in warm tapwater op te vangen, en slechts één binnenleiding op 70 °C voor zowel ruimteverwarming als warm tapwater.

3.3 Scenario 3: TEO - 5G net - 65 C of 55 C + TE booster

Scenario 3



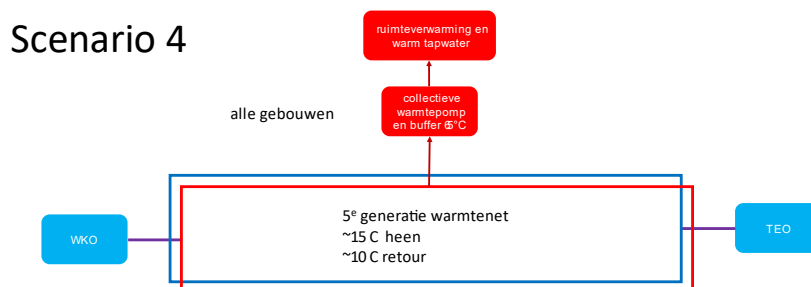
Figuur 8 Schema scenario 3

In scenario 3 is warmte- en koude-uitwisseling tussen de gebouwen mogelijk. Deze uitwisseling is nog niet meegenomen in de energieberekeningen. Het 5e generatie warmtenet kan naast warmte ook verkoeling leveren, afhankelijk van de geschiktheid van de afgiftesystemen in de gebouwen. Vloerverwarmingssystemen zijn hiervoor het meest geschikt.

De 'label D en slechter' gebouwen hebben collectieve warmtepompen en binnenleidingen voor ruimteverwarming en warm tapwater op 65 °C. De ruimteverwarming wordt ondersteund met een gasgestookte piekkel. De piekkel levert 70% van het vermogen en 20% van de benodigde warmte. Deze inschatting is gemaakt op basis van belasting-duurkrommes van vergelijkbare woongebouwen. De piekkel kan na verbetering van de isolatie van de gebouwen mogelijk verwijderd worden.

De 'label C en beter' gebouwen hebben collectieve warmtepompen en binnenleidingen voor ruimteverwarming op 55 °C, aangevuld met kleine, individuele elektrische boosters (TE boosters) voor warm tapwater op 65 °C.

3.4 Scenario 4: TEO - 5G net - 65 C



Figuur 9 Schema scenario 4

Classificatie: Openbaar

In scenario 4 is warmte- en koude-uitwisseling tussen de gebouwen mogelijk. Deze uitwisseling is nog niet meegenomen in de energieberekeningen. Het 5^e generatie warmtenet kan naast warmte ook verkoeling leveren, afhankelijk van de geschiktheid van de afgiftesystemen in de gebouwen. Vloerverwarmingssystemen zijn hiervoor het meest geschikt.

In dit scenario hebben alle gebouwen collectieve warmtepompen en enkele binnenleidingen voor zowel ruimteverwarming als warm tapwater op 65 °C.

4 Warmteketen-berekeningen

4.1 Algemeen

De scenario's zoals beschreven in hoofdstuk 3 zijn doorgerekend in warmteketen-berekeningen om investeringskosten en operationele kosten te kunnen bepalen. Deze berekeningen zijn als separate excel-bestanden opgeleverd bij dit rapport:

- 2021 5G warmteketens KNSM eiland versie 4 - kopie.xls
- 2021 70C warmteketens KNSM eiland.xls

De warmteketenberekeningen zijn direct gekoppeld aan het TCO-model. De berekende vermogens gebruiken we als invoer voor de ramingen van de scenario's in het TCO-model. Het verbruik van de verschillende energiestromen gebruiken we als invoer voor de berekening van de bedrijfsvoeringskosten in het TCO-model.

4.2 Opzet

De warmteketenberekeningen zijn opgebouwd met de componenten uit de schema's van de scenario's (paragraaf 3), verbonden door leidingen. Van elke component zijn de eigenschappen ingevuld die het vermogen, het energieverbruik en het energieverlies bepalen.

	in		component	uit	
	Elektriciteit	Warmte	Eigenschappen	Elektriciteit	Warmte
verbruik	kWh	kWh	Warmteverlies, vermogensverlies, elektriciteitsverbruik, COP, rendement, voorraad, (ont)laadduur, ...	kWh	kWh
vermogen		kW			kW

Figuur 10 Opzet warmteketen-component

Door de componenten te schakelen, terugrekenend vanuit de warmte- en vermogensbehoefte, ontstaat een warmteketenberekening. Er zijn afzonderlijke warmteketenberekeningen voor de verschillende behoeftes: ruimteverwarming, ruimtekoeling en warm tapwater. Waar dit van toepassing is, zijn deze ketens weer gekoppeld. Alle berekeningen worden gecontroleerd met een energiebalans (energie in = energie uit).

Op deze manier is voor elk gebouw en voor het totale systeem bepaald hoeveel energie en hoeveel vermogen er nodig is om aan de warmtevraag voor ruimteverwarming en warm tapwater te voldoen. De energievraag wordt ingevuld met:

- duurzame warmte uit de TEO-installatie
- hulp-elektriciteit voor distributie en warmtepompen
- groen gas voor piekketels

4.3 Uitkomsten

De warmteketen-berekeningen zijn ingesteld op 10% minder warmtevraag door isolatie ten opzichte van de huidige warmtevraag, en laten hiermee de volgende (afgeronde) uitkomsten zien:

Tabel 7 Uitkomsten warmteketen-berekeningen

scenario	Warmtevraag KNSM-eiland minus 10%	Duurzame warmte invoer	Elektriciteit invoer	Groengas / aardgas invoer	Energieverlies over de keten
	MWh	MWh	MWh	MWh	
1	10.500	7.300	4.200	160	12 %
2	10.500	9.200	5.700	0	31 %
3	10.500	7.300	4.200	160	12 %
4	10.500	6.900	4.300	0	8 %
5	10.500	0	0	12.000	14%

Scenario 1	TEO - 5G net - 65 C of 55 C + booster WP
Scenario 2	TEO - 70 C warmtenet
Scenario 3	TEO - 5G net - 65 C of 55 C + TE booster
Scenario 4	TEO - 5G net - 65 C
Scenario 5	aardgas

Merk op: Bij de berekening van scenario 3 (waarin warm tapwater met individuele TE boosters wordt geproduceerd) is aangenomen dat het elektriciteits- en gasgebruik gelijk is aan dat in scenario 1. De achterliggende aanname is dat de slechtere energieprestatie van de TE booster (scenario 3) wegvalt tegen het warmteverlies in scenario 1, omdat er in scenario 3 geen warm tapwater-binnenleidingen nodig zijn.

4.4 Warmte-beschikbaarheid

De beschikbaarheid van benodigde duurzame warmte uit oppervlaktewater is gecontroleerd in de Omgevingswarmtekaart van Waternet. Er blijkt ruim voldoende duurzame warmte in het IJ beschikbaar. Wel dient bij het ontwerp van de onttrekking en het lozingspunt van de TEO-installatie goed gekeken te worden naar de locatie en ecologische effecten.

5 Kostenramingen

5.1 Algemeen

Voor verschillende warmte-scenario's zijn op basis van kengetallen kostenramingen opgesteld. Deze kostenramingen betreffen:

- Investeringskosten
- Onderhoudskosten
- Bedrijfsvoeringskosten
- Inkomsten
- Eenmalige inkomsten en uitgaven

De investeringsramingen hebben een onzekerheidsmarge van 30% bij prijspeil 2020. De kostenramingen zijn terug te vinden op het tabblad 'ramingen' van het TCO model. Een samenvatting van de kostenramingen staat in de bijlagen van dit rapport.

Bij de ramingen van de warmtepompen zijn we zoveel mogelijk uitgegaan van warmtepompen met circa 200 kW thermische vermogen. Hiervan zijn er in elk gebouw n+1 opgesteld om storingen op te kunnen vangen.

De kosten van technische ruimtes zijn niet meegenomen in de berekeningen.

De investering in scenario 5 (aardgas) is 7 jaar uitgesteld tot 2032 op basis van de aanname dat de huidige CV-ketels gemiddeld nu halverwege hun levensduur zijn van 15 jaar. In het dashboard 'per partner' in het TCO-model staan daarom voor dit scenario de geprognosticeerde kosten voor 2032. Deze zijn hoger dan de kosten in het tabblad 'ramingen', omdat het TCO-model automatisch prijs-indexatie toepast.

5.2 Belangrijke kentallen

Prijspeil 2020		
TEO installatie	150	Euro / kW
WKO	265	Euro / kW
Technische ruimte	2.100	Euro / m2
Hoofdleiding 5G warmtenet	1.500	Euro / m
Aansluitleiding 5G warmtenet	1.000	Euro / m
Warmtepomp 65 C - tot 100 kW	1.000	Euro / kW
Warmtepomp 65 C - 150 kW	600	Euro / kW
Warmtepomp 65 C - 250 kW	500	Euro / kW
Warmtepomp 55 C - 300 kW	340	Euro / kW
Warmtepomp 55 C - 250 kW	380	Euro / kW
Warmtepomp 55 C - 200 kW	425	Euro / kW
Boosterwarmtepomp 65 C - tot 100 kW	1.000	Euro / kW
Piekketel	250	Euro / kW
Warm tapwaterbuffer	1.000	Euro / m3
Binnenleidingen	500	Euro / m
Opslag elektrotechniek	10%	Per component

Opslag engineering	5%	Over het project
Opslag eenmalige kosten en uitvoeringskosten	10%	Over het project
Opslag algemene kosten, winst en risico	10%	Over het project
Opslag onvoorzien	10%	Over het project

In het tabblad 'ramingen' van het TCO model staat voor elke component de levensduur en het jaarlijkse onderhoudspercentage weergegeven.

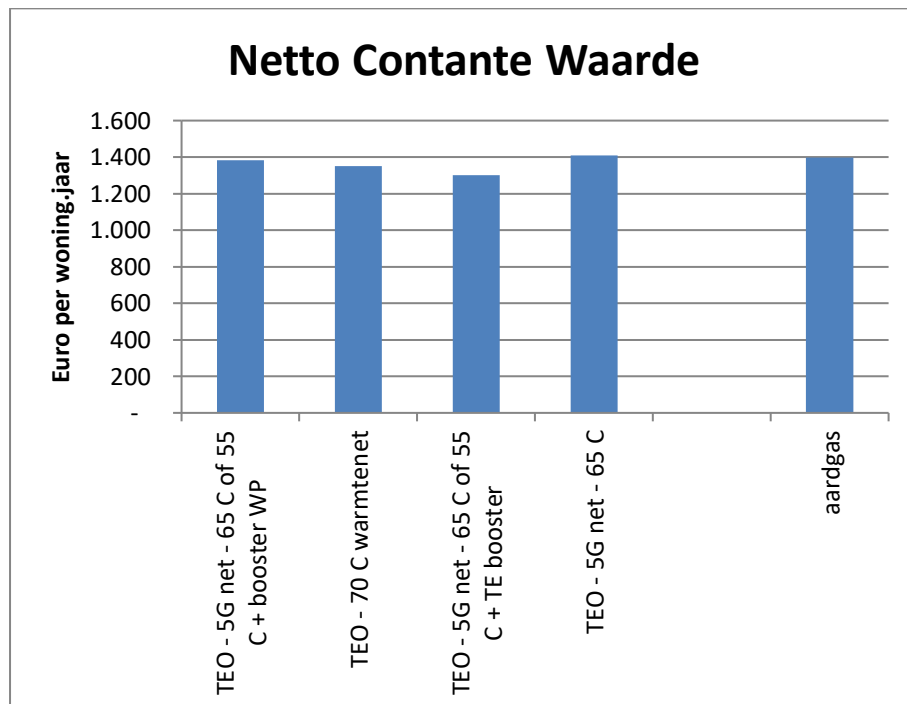
6 Betaalbaarheid

Een belangrijke vraag is wat de kosten zullen zijn van een duurzaam warmtenet op het KNSM-eiland. Deze kosten zijn berekend in het TCO-model. In dit hoofdstuk tonen we de kosten van verschillende duurzame warmtenet in vergelijking met de huidige situatie (aardgas).

6.1 Netto Contante Waarde

In het TCO-model geeft het tabblad 'Dashboard per partner' een versimpelde vergelijking van de vijf scenario's. Deze vergelijking komt tot stand door de Netto Contante Waarde van elk scenario over de gehele evaluatieperiode (50 jaar) te delen door het aantal jaar en het aantal woningen. Dit resulteert in een waarde die ongeveer vergelijkbaar is met de gemiddelde jaarlijkse kosten per woning per jaar, teruggerekend naar 2025. De evaluatieperiode van 50 jaar is gekozen omdat de leidingen van een warmtenet een technische levensduur van 50 jaar hebben. Het toepassen van een kortere levensduur geeft geen afwijkende resultaten, zolang rekening wordt gehouden met de restwaarde van de leidingen.

Disclaimer: Het TCO-model is bedoeld om scenario's te vergelijken op Netto Contante Waarde over een lange levensduur. Het TCO-model geeft geen direct inzicht in de jaarlijkse energierekening per woning bij elk scenario. Deze berekening kan beter en nauwkeuriger uitgevoerd worden in een specifiek business case model.



Figuur 11 Vergelijking van de scenario's op netto contant gemaakte kosten (Euro per woning per jaar).

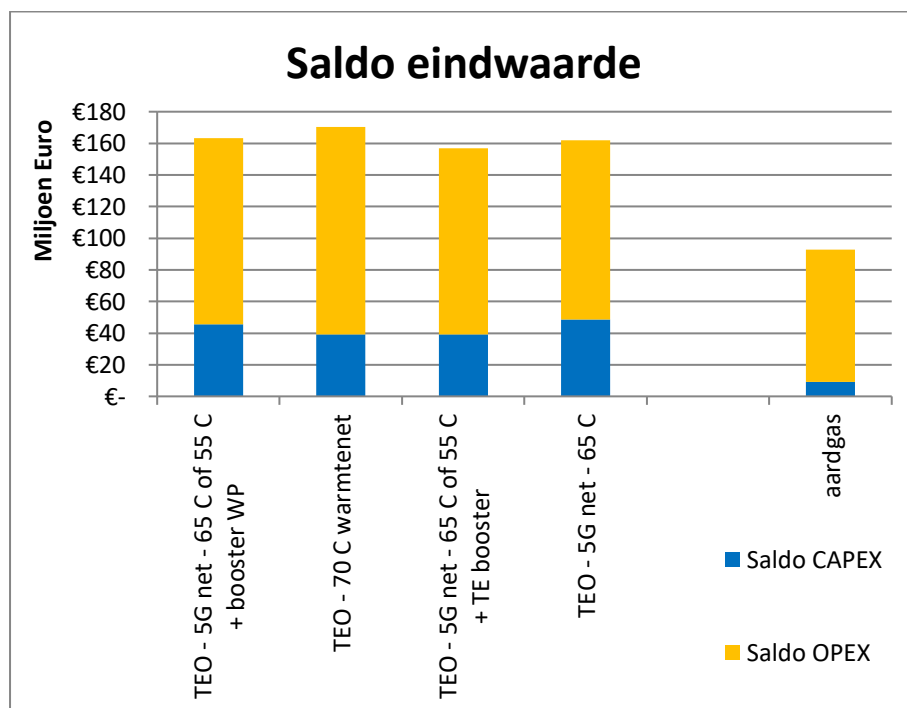
De duurzame warmtescenario's laten vergelijkbare of lagere kosten zien dan het scenario 'aardgas'. Scenario 3 laat de laagste kosten zien. Dit is het scenario met een 5^e generatie warmte-uitwisselingsnet, waarbij op gebouwniveau

- 65 C warmte wordt gemaakt voor ruimteverwarming en warm tapwater voor de 'label D en slechter' woningen;
- 55 C warmte wordt gemaakt voor ruimteverwarming in de 'label C en beter' woningen, aangevuld met individuele TE boosters voor warm tapwater.

Merk op dat de berekeningen gebaseerd zijn op een eerste kostenraming met een onzekerheidsmarge van 30%. In een volgende fase moeten deze ramingen verder aangescherpt worden.

6.2 Saldo eindwaarde

Een andere manier om de financiële resultaten te bekijken is via het 'saldo eindwaarde'. Hierbij worden de saldi van de CAPEX (investeringen) en OPEX (onderhoud en bedrijfsvoering) over de gehele evaluatieperiode bij elkaar opgeteld, echter zonder deze netto contant te maken. Deze manier geeft inzicht in de verhouding tussen CAPEX en OPEX, en daarmee een indicatie over de gevoeligheid van het resultaat voor investerings-, onderhouds- en bedrijfsvoeringskosten.



Figuur 12 Vergelijking van de scenario's op saldo eindwaarde (Euro per jaar)

Deze methode van vergelijken laat duidelijk de verschillen in CAPEX en OPEX kosten zien tussen de duurzame scenario's en het aardgas scenario: Duurzame warmtenetten hebben hoge investeringskosten die leiden tot een hoge CAPEX. Bij aardgas zijn de instandhoudingskosten verrekend in het m³-tarief, wat resulteert in lage CAPEX en hoge OPEX kosten.

6.3 Gevoeligheidsanalyse

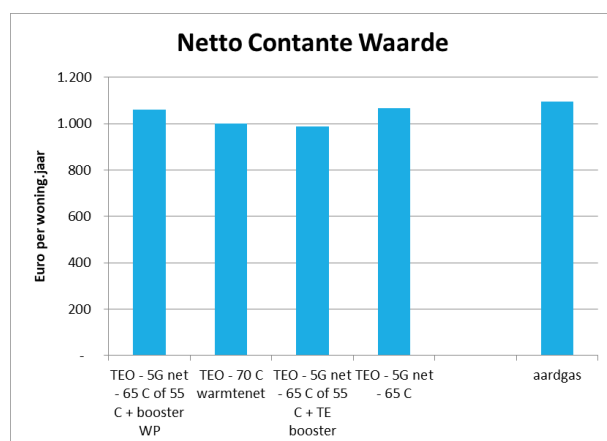
Om gevoel te krijgen welke parameters de TCO-berekening belangrijk beïnvloeden, zijn de volgende parameters gevarieerd:

- Lagere warmtevraag reductie 30% in plaats van 10%
- Indexering gas hoger van 3,0% naar 3,5%
- Indexering elektriciteit lager van 2,5% naar 2,0%
- Aanlegkosten warmtenet 30% lager en hoger
- Subsidie eenmalig 5 miljoen Euro
- Kortere evaluatieperiode 30 in plaats van 50 jaar

Voor de leesbaarheid zijn de interne inkomsten en uitgaven in de grafieken 'Saldo eindwaarde' uitgezet.

6.3.1 Lagere warmtevraag

We kijken naar het effect als we kiezen voor 30% warmtereductie door isolatie in plaats van 10%. Dit combineren we met een 30% lagere vermogensvraag.

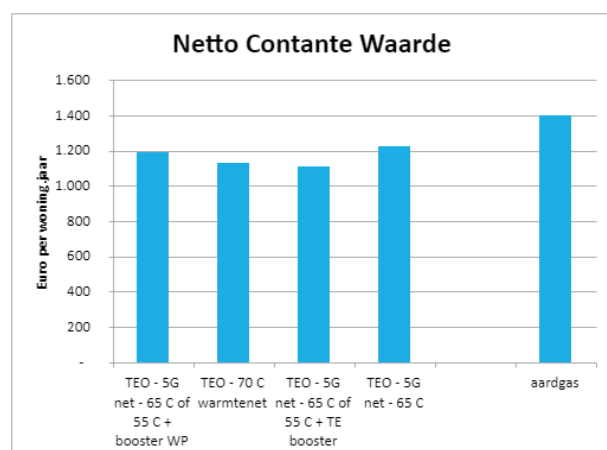


Figuur 13 NCW bij 30% reductie warmtevraag (basis: 10%)

Bij 30% reductie van de warmtevraag en een 30% lagere vermogensvraag treden er geen verschuivingen op in de voorkeursvolgorde. In Netto Contante Waarde zijn de relatieve verschillen tussen de scenario's echter minder groot.

6.3.2 Indexering gas hoger

Een hogere indexering van aardgas kan optreden als gevolg van externe factoren, zoals kostenstijgingen bij de productie of verrekening van distributiekosten over een steeds kleiner volume gas, maar ook als gevolg van bewust beleid om de transitie te versnellen (bijvoorbeeld door een verhoogde energiebelasting op aardgas).

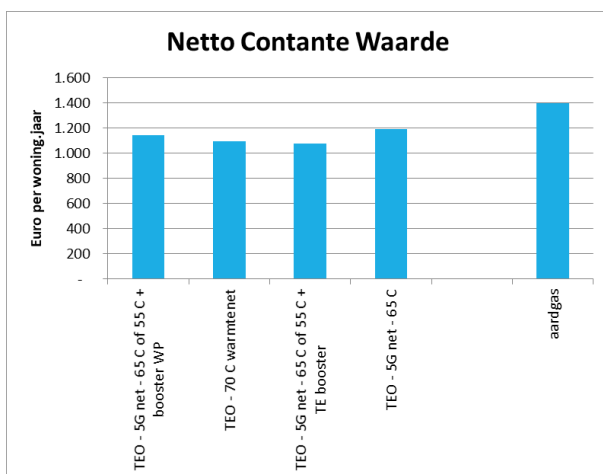


Figuur 14 NCW bij indexering van aardgas met 3,5%.

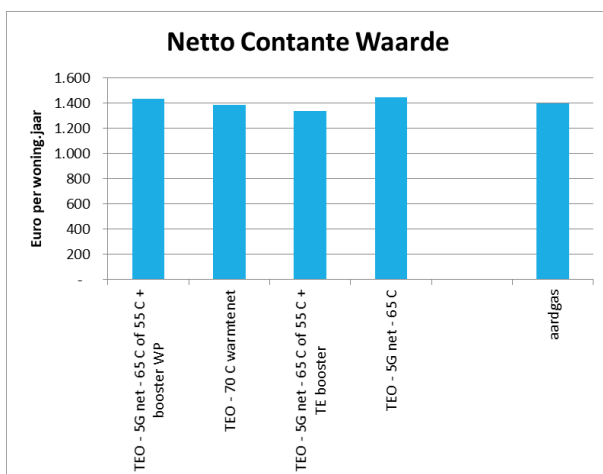
Een verhoging van de gasprijsindex van 3,0% naar 3,5% verhoogt de kosten van het scenario aardgas, en van het groengas dat in piekketels wordt verbruikt. Het effect op het scenario aardgas is logischerwijs het grootst.

6.3.3 Investeringskosten warmtenet lager en hoger

Een verlaging of verhoging van de investeringskosten voor warmtenetten van 30% heeft een merkbaar effect. De gekozen kostenverlaging betreft distributieleidingen, aansluitleidingen en in pandige leidingen. Een kostendaling kan optreden door efficiëntievoordelen, bijvoorbeeld door een grotere markt voor warmtenetten, door innovaties en productverbeteringen, of door effectieve samenwerking in de openbare ruimte, zoals koppelkansen met riool- of gasnetvervanging. Een kostenstijging kan optreden door bijvoorbeeld tekorten aan materiaal of personeel.



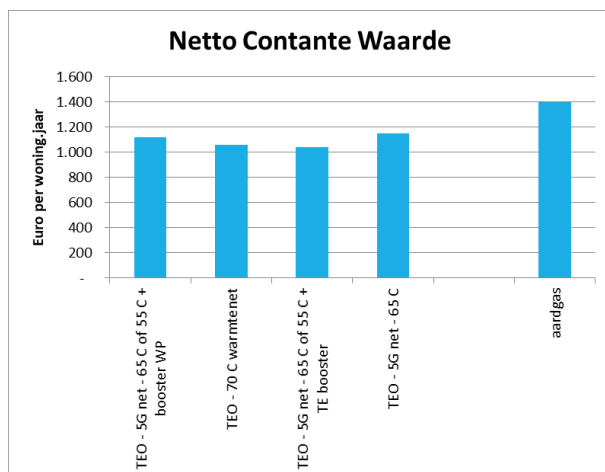
Figuur 15 Vergelijking scenario's bij een 30% lagere warmtenet-investering.



Figuur 16 Vergelijking scenario's bij een 30% hogere warmtenet-investering.

6.3.4 Subsidie 5 miljoen Euro

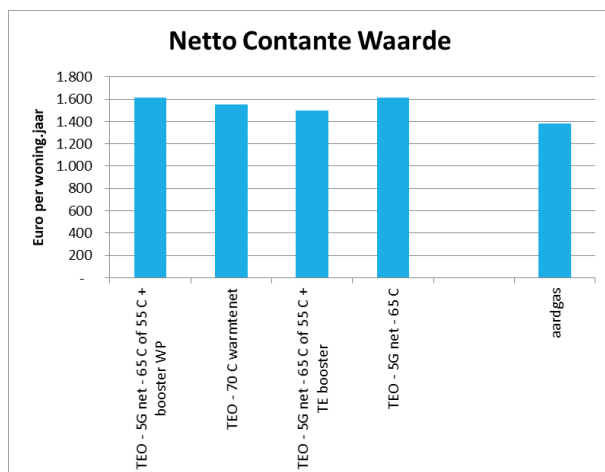
Toekenning van een eenmalige investeringssubsidie van 5 miljoen euro, zoals een PAW subsidie aan het begin van het project, heeft een beperkt effect op de netto contante kosten van de duurzame alternatieven.



Figuur 17 Vergelijking scenario's bij toekenning van 5 miljoen Euro subsidie.

6.3.5 Kortere evaluatieperiode

Verkorting van de evaluatieperiode naar 30 jaar maakt de duurzame scenario's duurder dan het aardgas-scenario. Dit komt omdat het uitgangspunt is dat de prijs van aardgas sneller blijft stijgen dan de prijs van elektriciteit. Aangezien de prijs van aardgas zeer bepalend is voor het aardgas-scenario (zoals blijkt uit de vergelijking op saldo eindwaarde), geldt dat een langere evaluatieperiode dit effect duidelijker laat zien. Aangezien de scenario-keuze een systeem-keuze is, waarbij de levensduur van het systeem naar verwachting minstens 50 jaar is, is het logisch om ook een evaluatieperiode van minstens 50 jaar te kiezen.



Figuur 18 Vergelijking scenario's bij een kortere evaluatieperiode (30 in plaats van 50 jaar).

6.4 Optimalisaties

De volgende optimalisaties kunnen de financiële haalbaarheid van de duurzame warmtenet-scenario's verder verbeteren:

- Doorrekenen van de uitwisseling van warmte en koude.
- Meer aansluitingen (Kapiteinspanden, Hoogwerf).
- Verlaging van de kosten voor binnenleidingen door standaardisatie.

- Isolatie van de woningen. Dit beperkt de warmtevraag (GJ) en het gevraagde warmtevermogen (kW).
- Isolatie van de woningen: Dit geeft de mogelijkheid om meer panden op lagere temperatuur te verwarmen, wat leidt tot lagere elektriciteits- en groengaskosten.
- Aanvragen van subsidies zoals de gemeentelijke aardgasvrij-subsidie, PAW, SAH, ISDE en SDE++. Uitstootrechten zijn te verhandelen via Stichting Nationale Koolstofmarkt. Wellicht zijn er meer subsidiemogelijkheden.
- Het toepassen van directe TEO, dus zonder WKO-systemen. De vergunbaarheid van deze oplossing moet getoetst worden. Berekend moet worden of dit per saldo daadwerkelijk tot kostenverlaging leidt.

6.5 Tarieven

Hoewel het TCO-model hier niet voor bedoeld is, kan er een eerste indicatie van tarieven worden berekend. Het gaat hierbij om

- o Het warmtetarief (Euro per GJ)
- o Het vastrecht (Euro per aansluiting per jaar)
- o De BAK (eenmalige Bijdrage Aansluit Kosten, Euro)

Door het warmtetarief en het vastrecht vast te stellen, kan een BAK worden bepaald waarbij de bedrijven die samenwerken in het warmtenet een minimaal positief resultaat behalen. Dit geeft voor scenario 3 (TEO - 5G net - 65 C of 55 C + TE booster) bijvoorbeeld het volgende eerste beeld:

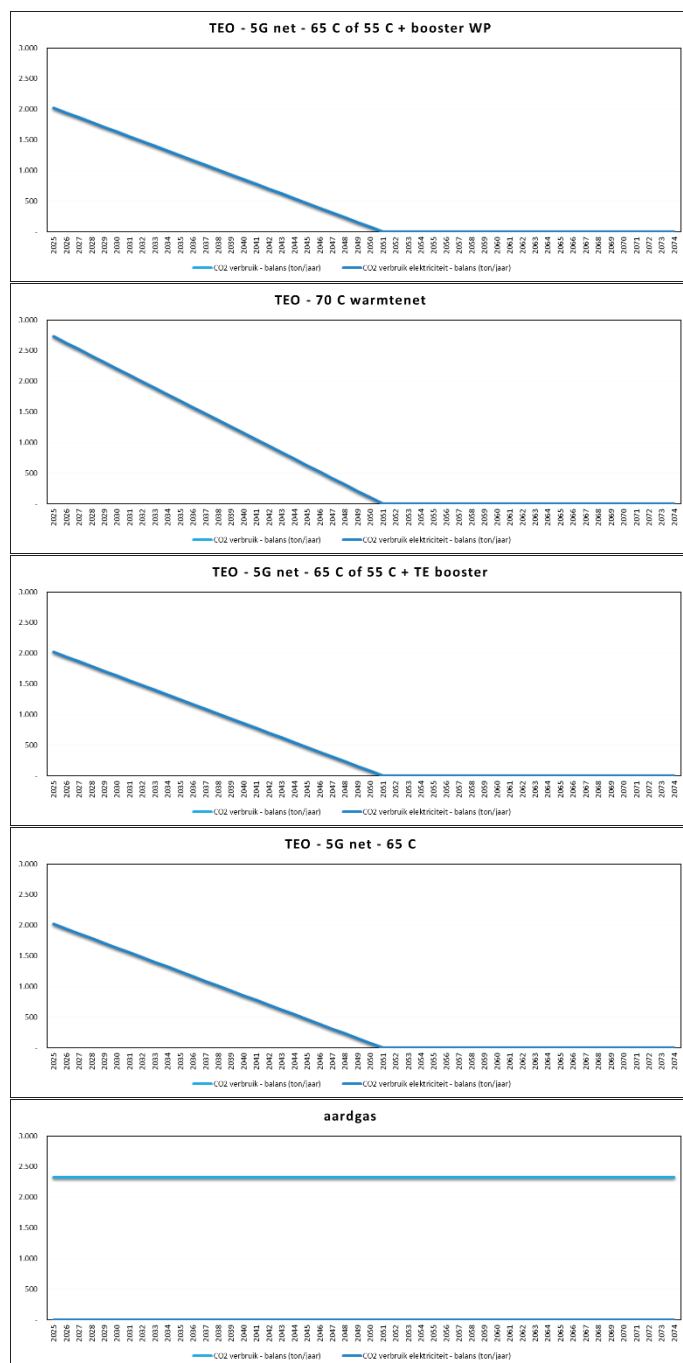
- o Warmtetarief 35 Euro per GJ voor omgevingswarmte (excl. BTW)
- o Vastrecht 350 Euro per jaar (excl. BTW)
- o BAK 5.000 Euro

Merk op dat deze tarieven niet per se aansluiten op de gangbare, door de ACM geregleerde tarieven.

Het wijzigen van deze interne tarieven heeft geen wezenlijke invloed op de netto contante waarde van de scenario's. Door invoering van interne tarieven ontstaat voor de ene partner binnen de systeemgrens van het TCO-model een kostenpost, en tegelijkertijd ontstaat er voor een andere partner binnen het model een even grote inkomstenpost. Er worden dus geen kosten of inkomsten gegenereerd met partners buiten de demarcatie van het TCO-model. Een beperkt kosteneffect is wel merkbaar vanwege de BTW, die door bewoners niet kan worden teruggevraagd.

7 CO₂ uitstoot

In de onderstaande grafieken is te zien dat de CO₂-uitstoot van alle warmtenet-scenario's afneemt tot 0 in 2050. Dit is het gevolg van de autonome verduurzaming van elektriciteit. De piekketels in de scenario's draaien op groengas, en veroorzaken daardoor geen verschillen. Het aardgas-scenario blijft CO₂ uitstoten. Er is namelijk ruim onvoldoende groengas beschikbaar om het huidige aardgasverbruik te vervangen. De begin-niveaus van de warmtenet-scenario's liggen in de buurt van de uitstoot van het aardgas-scenario (2.300 ton per jaar).



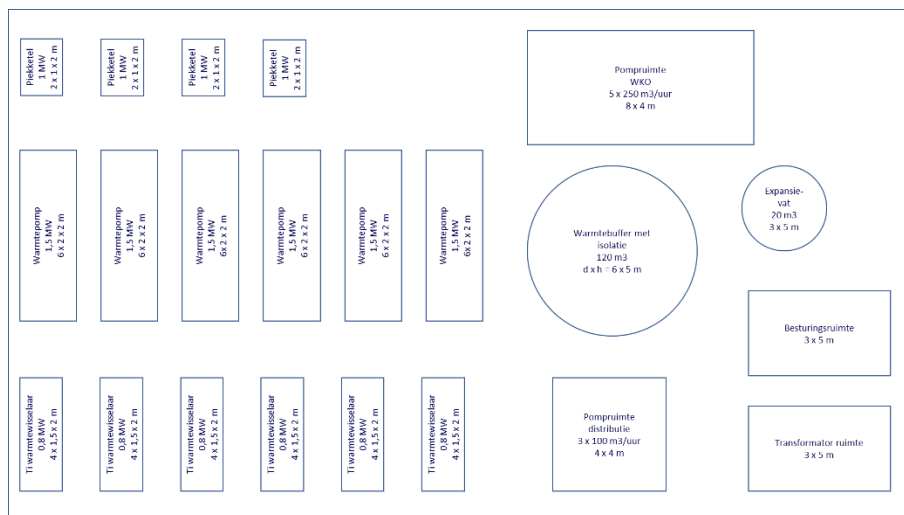
8 Ruimtelijke inpassing

8.1 TEO + WKO

Het lijkt logisch om één technische ruimte te realiseren voor de TEO- en WKO-installaties. Afhankelijk van het warmte-scenario zullen hier de volgende onderdelen in komen te staan:

- TEO-pompen, -filters en -warmtewisselaars
- Warmtepompen
- Piekketels
- 70 C warmtebuffer
- Distributiepompen
- Waterbehandeling
- Ingaande en uitgaande warmteleidingen
- Procesautomatisering
- Nutsvoorzieningen

We schatten de ruimtebehoefte hiervoor op 250 m² (5G scenario's) tot 600 m² (70 C scenario). Een locatie hiervoor moet nog gezocht worden. Mogelijk kan deze (deels) worden geïntegreerd met bestaande bebouwing.



Figuur 19 Voorbeeldschets van een technische ruimte voor een 70 C warmtenet (afmetingen 18 x 32 x 5 meter)

8.2 Inpassing in gebouwen

De verschillende scenario's hebben elk hun eigen ruimtebeslag in de openbare ruimte, in de gebouwen en in de woningen.

- | | |
|----|--|
| 01 | TEO - 5G net - 65 C of 55 C + booster WP |
| 02 | TEO - 70 C warmtenet |
| 03 | TEO - 5G net - 65 C of 55 C + TE booster |
| 04 | TEO - 5G net - 65 C |
| 05 | aardgas |

Tabel 8 Schatting ruimtebeslag in de openbare ruimte

Scenario	TEO + WKO	centrale warmtepomp	tracé warmtenet / aardgasnet
1	600 m2	0	ca 3 meter
2	600 m2	50 m2	ca 3 meter
3	600 m2	0	ca 3 meter
4	600 m2	0	ca 3 meter
5	0	0	ca 2 meter

Tabel 9 Overzicht van de componenten met een in pandig ruimtebeslag

Scenario	gebouw: warmte-pomp	gebouw: piekketel	gebouw: warm tapwater buffer	gebouw: binnen-leidingen	woning: booster voor warm tapwater
1	Ja	55 C: nee 65 C: ja	ja	65 C: enkel 55 C: dubbel	65 C: nee 55 C: nee
2	nee	nee	ja	enkel	nee
3	ja	55 C: nee 65 C: ja	ja	65 C: enkel 55 C: dubbel	65 C: nee 55 C: ja
4	ja	nee	ja	enkel	nee
5	nee	nee	nee	ja (gas)	ja (CV ketel)

Ter indicatie van het ruimtebeslag van de collectieve systemen (per gebouw), staan in de volgende tabel de vermogens en het volume van de collectieve warmtepompen en buffers van scenario 1 weergegeven:

Tabel 10 Inschatting van het in pandig ruimtebeslag op basis van benodigde vermogens voor scenario 1

Gebouw	Warmtepomp (kW)	Piekketel (kW)	Booster warmtepomp (kW)	Buffer warm tapwater (m³)	Schatting ruimtebeslag gebouw (m²)	Schatting ruimtebeslag woning (m²)
2.01	138	321		4,5	20	0,5
2.02	203		12	1,7	20	0,5
2.03	630		49	6,7	30	0,5
2.04	374		26	3,5	25	0,5
2.05	374		26	3,5	25	0,5
2.06	374		26	3,5	25	0,5
2.07	207		13	1,8	20	0,5
2.08	1.114		111	15,0	50	0,5
2.09	207		13	1,8	20	0,5
2.10	275		18	2,4	25	0,5
2.11	31	72		0,8	20	0,5
2.12 & 2.13	1.638		164	22,1	75	0,5
2.14	21	48		0,5	20	0,5
2.15	1.584		158	21,3	75	0,5
2.17	67	155		1,9	20	0,5

Bij de bepaling van het ruimtebeslag is er van uitgegaan dat er redundante opstellingen worden geplaatst (n+1), en dat er rekening wordt gehouden met toegankelijkheid voor onderhoud.

8.3 Omgevingsonderzoek en vergunningen

Voordat gestart kan worden met de aanleg van een TEO-installatie, WKO's en een warmtenet moeten publiekrechtelijke vergunningen worden verleend en meldingen worden gedaan. Voor de realisatie van het tracé dienen in ieder geval de volgende vergunningen aangevraagd te worden:

- Omgevingsvergunning bouw ten behoeve van bouw van nutsgebouwen (TEO, WKO);
- Omgevingsvergunning uitvoeren van een werk, geen bouwwerk zijnde, of werkzaamheden ter plaatse van een dubbelbestemming (archeologie, leidingen);
- Instemmingsbesluit van de gemeente Amsterdam voor de aanleg van de leidingen;
- Objectenvergunningen ten behoeve van werkterreinen / plaatsen van objecten in de openbare ruimte;
- Eventueel een omgevingsvergunning voor het kappen van bomen;
- Ontheffing voor treffen van verkeersmaatregelen en bebording vanwege werk in uitvoering;
- Bimalen en lozen van grondwater, melding lozen buiten inrichting en watervergunning;
- Bus melding in geval van werken in verontreinigde grond;
- Vormvrije MER-beoordeling.

9 Conclusies

De hoofdconclusie van dit onderzoek is dat het verduurzamen van de warmte- en koudevraag van het KNSM-eiland haalbaar en betaalbaar is. Blijkbaar is de bebouwingsdichtheid en -vorm (appartementencomplexen) op het KNSM-eiland gunstig voor een collectieve warmtevoorziening.

9.1 Warmte-scenario's

Er is voldoende duurzame warmte beschikbaar in het IJ voor de onderzochte scenario's. De voorgestelde warmtenet-scenario's zijn realistisch. Het meest aantrekkelijk lijkt scenario 3, waarbij met een 5G warmte-uitwisselingsnet warmte en koude uit het IJ aan de gebouwen wordt aangeboden. Op gebouwniveau wordt ruimteverwarming collectief voorzien, met individuele boosters voor warm tapwater.

9.2 Ruimtelijke inpassing

- Er moet een ruimte gevonden worden voor de TEO- en WKO-installatie.
- Er moet ruimte gevonden worden voor een 2-pijps warmtenet, hetzij op 15-10 graden C (scenario 1, 3 en 4), hetzij op 70 graden C (scenario 2).
- Bij keuze voor een 70 graden warmtenet (dit is niet het voorkeursscenario) moet voldoende afstand gehouden worden van drinkwaterleidingen, om ongewenste opwarming en risico op Legionella te vermijden.
- De collectieve installaties die per gebouw geplaatst moeten worden (warmtepompen, piekketels, buffers) vragen ruimte. Onderzocht moet worden of deze ruimte beschikbaar is, en tegen welke kosten.

9.3 Financieel

- De duurzame warmtenet-oplossingen lijken allemaal betaalbaar in vergelijking met aardgas.
- Een stijgende gasprijs, verhoging van de gasprijsindex, verlaging van de investeringskosten van het warmtenet en subsidies versterken de betaalbaarheid van de duurzame warmtenet-scenario's.

9.4 Duurzaamheid

De duurzame warmtenet-scenario's zijn allemaal substantieel duurzamer dan aardgas. In 2050 stoten alle ge-elektrificeerde warmteketens geen CO₂ meer uit.

9.5 Organiseerbaarheid

Het is van belang om gesprekken op te starten met de bewoners, gemeente, woningbouwcorporaties, gebouweigenaren, marktpartijen, warmte/energiecoöperaties en/of warmteschappen om te bepalen wie welke rol wil nemen in een duurzaam warmtenet. Het speelveld zal in belangrijke mate ook bepaald worden door de nieuwe warmtewet.

10 Aanbevelingen

10.1 Afweging publiek / privaat

Tot 2004 waren energiebedrijven publieke nutsbedrijven. In 2004 is de energiemarkt geprivatiseerd en zijn de energiebedrijven opgesplitst in publieke netwerkbedrijven (Stedin, Alliander en andere) en commerciële leveringsbedrijven.

Zowel de aanleg van de infrastructuur als de exploitatie van een warmtenet kunnen door publieke of door private partijen uitgevoerd worden. Beide vormen komen voor in Nederland. De huidige warmtewet is niet goed geschikt voor het reguleren van lage-temperatuur warmtenetten. De nieuwe warmtenet 2.0 zal hier in de nabije toekomst naar verwachting betere kaders voor geven.

Het verdient aanbeveling om in vervolggesprekken met bewoners, gemeente, woningbouwcorporaties, gebouweigenaren, marktpartijen, energiecoöperaties en/of warmte-schappen aandacht te besteden aan de afweging publiek of privaat voor een toekomstbestendige, duurzame warmtevoorziening.

Referentiekader: In de tabel staat een inventarisatie van infrastructuren, met een indeling naar huidig publiek of privaat bezit en gebruik. Vrijwel alle infrastructuren zijn publiek bezit, en het merendeel wordt publiek gebruikt. De uitzondering met betrekking tot bezit is telecom. Warmte-infrastructuren zijn in Nederland deels publiek (gemeentelijke warmtebedrijven, coöperatieve warmtenetten) en deels privaat (commerciële warmtebedrijven).

Tabel 10 Overzicht publiek en privaat bezit en gebruik van infrastructuren

infrastructuur	bezit		gebruik	
	publiek	privaat	publiek	privaat
riolering	+		+	
drinkwater	+		+	
wegen	+		+	
vaarwegen	+		+	
dijken	+		+	
openbare verlichting	+		+	+
elektriciteit	+			+
gas	+			+
spoorwegen	+	+		+
telecom		+		+
warmte	+		+	

Hieronder een onvolledig overzicht van publieke warmte-initiatieven in Nederland, zoals gemeentelijke warmtebedrijven, provinciale warmtebedrijven en warmtenetten in handen van energiecoöperaties:

- Warmtestad Groningen
- Dunea Warmte en Koude
- Warmtebedrijf Rotterdam
- Warmtebedrijf provincie Gelderland / gemeente Nijmegen et al.
- HVC, publiek warmtebedrijf van gemeenten en waterschappen
- SVP: Stadsverwarming Purmerend
- Energiecoöperatie Ketelhuis - Amsterdam
- Energiecoöperatie WattNu - Muiderberg

- DEVO - Veenendaal
- Thermobello - Culemborg
- Traais energie Collectief - Ter Heijde
- Energie Samen, koepel voor warmtecoöperaties en warmte-schappen
- Meerdere energie- en warmtecoöperaties zijn opgericht, op zoek naar duurzame bronnen
- Hydreco, voorheen onderdeel van Brabant Water
- Diverse projecten van Vitens, inmiddels verkocht

Er bestaan ook publiek-private samenwerkingen voor warmtelevering, zoals:

- Westpoort Warmte: Vattenfall – gemeente Amsterdam
- Zaanstad: gemeente, Firan, Engie, woningbouwcorporatie

10.2 Overdenkingen voor gemeenten

Gemeenten hebben de opdracht om een duurzame en betaalbare warmtevoorziening voor iedereen te (laten) realiseren. Dit is vastgelegd in het Klimaatakkoord, en is vertaald in Warmtevisies (transitie visie warmte) en Wijk Uitvoeringsplannen. Het uitgangspunt om voor iedereen duurzame en betaalbare warmte te organiseren kan onder druk komen te staan bij aanbesteding van warmteprojecten: De markt is geïnteresseerd in winstgevendende projecten, maar kent niet de doelstelling om te komen tot een stadsdekkende warmtevoorziening.

De metafoor van een bord pap met krenten kan gebruikt worden: De markt is geïnteresseerd in de krenten, maar de gemeente moet zorgen dat ook de kale pap wordt opgegeten. Als de krenten eenmaal uit de pap gegeten zijn, zal de gemeente er nog voor moeten zorgen dat ook de commercieel onaantrekkelijke gebieden betaalbaar en duurzaam verwarmd worden.

Het zou eenvoudiger zijn om 'het bordje leeg te eten' als de pap samen met de krenten opgegeten mag worden. De nieuwe warmtewet biedt hier mogelijkheden toe door warmtekavels samen te stellen, waarin aantrekkelijke en onaantrekkelijke gebieden worden gecombineerd. De vraag is of aanbestedingen van deze warmtekavels gaan slagen, en hoe de gemeente acteert als de aanbestedingen niet slagen.

Bij aanbesteding van een warmteproject probeert een gemeente het risico op een verliesgevendende warmtevoorziening bij de markt te leggen. De marktpartijen zullen dit risico verrekenen in de inschrijving. Voor de gemeente blijft echter het risico bestaan dat het warmtebedrijf niet aan zijn verplichtingen kan voldoen. Met name in een onderontwikkelde markt is dit waarschijnlijk een groot risico.

Recente aanbestedingen van warmteprojecten in Amsterdam laten zien dat er weinig (soms slechts één) aanbieders geïnteresseerd zijn. De huidige door de ACM gecontroleerde tarieven bieden voor een aantal projecten blijkbaar weinig perspectief op winst. Hierbij speelt dat het beheer van LT netten vaak verdeeld zal zijn over meerdere ketenpartners. Als die allemaal een stukje winst moeten pakken worden de marges heel klein. Als de ACM-tarieven omhoog moeten om de markt te laten functioneren, wordt de beoogde financiële bescherming van burgers verzwakt.

Samengevat: De warmte-markt is nu nog niet volwassen. Dit geldt nog sterker voor lage-temperatuur warmte-en koudenetten. De overheid zou er daarom wellicht beter aan doen om in eerste instantie alle risico's voor eigen rekening te nemen, ervan te leren, en te zorgen dat de markt zich geleidelijk kan ontwikkelen. Door te leren van eigen projecten, zul je risico's zelf op termijn beter weten te mitigeren. Dit maakt toekomstige aanbestedingen goedkoper.

Gemeenten kunnen eigen warmtebedrijven oprichten, zoals deze tot 2004 bestonden. Gemeenten kijken verschillend naar de her-oprichting van gemeentelijke energiebedrijven. Bij gemeenten die hier niet voor kiezen bestaat bijvoorbeeld de vrees dat zij niet meer de expertise hebben om een warmtenet te bedrijven. Ook het risico op een verliesgevende bedrijfsvoering wordt regelmatig genoemd. Andere gemeenten hebben deze risico's weg kunnen nemen, of zijn tot de conclusie gekomen dat bepaalde risico's niet bestaan.

10.3 Overdenkingen voor bewoners

Vanuit het perspectief van bewoners heeft een vrije markt voor warmte voor- en nadelen.

Voordelen:

- Door concurrentie zal de kostprijs gedrukt worden.

Nadelen:

- Commerciële bedrijven mogen circa 6% winst maken. Deze wordt door de bewoners betaald.
- Commerciële bedrijven maken kosten voor marketing en verkoop. Ook deze kosten worden door de bewoners betaald.
- In verschillende warmteprojecten gaan verschillende warmtetarieven gelden. Nu betaalt iedereen nog evenveel voor een m3 aardgas. Door de verschillende tarieven ontstaat energie-ongelijkheid en groeit het risico op energie-armoede. Collectieve warmtesystemen zullen in oude bestaande wijken namelijk veel duurder zijn dan in nieuwbouwwijken.

Kanttekeningen:

- Het is maar de vraag of de overheid warmtenetten goedkoper kan organiseren dan de markt. Overheden werken met opslagen die hen meestal uit de markt prijzen. De voordelen van een publiek warmtebedrijf moeten wellicht gezocht worden in andere aspecten: betrouwbaarheid (ook op lange termijn), openheid, betaalbaarheid (want politieke sturing), en veel meer aandacht voor kwaliteit (in de vorm van duurzaamheid, standaardisatie, goed onderhoud etc.)
- In een monopolie-situatie (publiek of privaat) zullen warmtebedrijven mogelijk minder aandacht hebben voor marketing, verkoop en klantgerichtheid. Grotere bedrijven lijken het hierbij momenteel beter te doen dan kleinere.

11 Bijlagen

11.1 Investeringsraming scenario 1

01.1	elektrotechniek	alle warmtenetten	€ 330.000
01.2	elektrotechniek	Gebouwen	€ 1.395.138
02.1	waterbehandeling	5G uitwisselingsnet	€ 50.000
02.2	waterbehandeling	Gebouwen	€ 26.000
02.3	distributiepompen	5G uitwisselingsnet	€ 50.000
02.4	distributiepomp	Gebouwen	€ 130.000
02.5	Warmtepomp 65 C	Gebouwen	€ 296.069
02.6	piekketel	Gebouwen	€ 149.074
02.7	afleversets RV + WT	Gebouwen	€ 175.500
02.8	afleversets RV	Gebouwen	€ 1.247.000
02.9	afleversets WT	Gebouwen	€ 1.247.000
02.10	warmtepomp 55 C	Gebouwen	€ 3.445.113
02.11	boosterwarmtepomp 65 C	Gebouwen	€ 617.148
05.1	TEO installatie		€ 801.025
05.2	WKO		€ 1.415.143
05.3	Buffer 65 C	bij WP 65 C	€ 7.804
05.4	buffer 65 C	bij booster WP 65 C	€ 83.176
07.1	technische ruimte		€ 840.000
07.2	hoofdleiding, tracélengthe	5G uitwisselingsnet	€ 3.000.000
07.3	aansluitleidingen buiten	5G uitwisselingsnet	€ 200.000
07.4	binnenleidingen 65 C	label D en slechter	€ 292.500
07.5	binnenleidingen 55 C	label C en beter	€ 3.117.500
07.6	binnenleidingen 65 C	label C en beter	€ 3.117.500
	Subtotaal		€ 22.032.689
	opslagen		€ 7.711.441
	Totaal		29 miljoen Euro

01	TEO - 5G net - 65 C of 55 C + booster WP
02	TEO - 70 C warmtenet
03	TEO - 5G net - 65 C of 55 C + TE booster
04	TEO - 5G net - 65 C
05	aardgas

11.2 Investeringsraming scenario 2

01.1	elektrotechniek	alle warmtenetten	€ 330.000
01.2	elektrotechniek	Gebouwen	€ 1.395.138
02.1	waterbehandeling	5G uitwisselingsnet	€ 50.000
02.2	waterbehandeling	Gebouwen	€ 26.000
02.3	distributiepompen	5G uitwisselingsnet	€ 50.000
02.4	distributiepomp	Gebouwen	€ 130.000
02.13	scenario 2: collectieve warmtepomp 70 C		€ 4.163.876
02.14	scenario 2: afleverset	Gebouwen	€ 2.046.000
05.1	TEO installatie		€ 801.025
05.2	WKO		€ 1.415.143
05.3	Buffer 65 C		€ 7.804
05.4	buffer 65 C		€ 83.176
05.5	warmtebuffer 70 C	bij 70 C warmtenet	€ 120.000
07.1	technische ruimte		€ 210.000
07.2	hoofdleiding, tracélengte	5G uitwisselingsnet	€ 3.000.000
07.3	aansluitleidingen buiten	5G uitwisselingsnet	€ 200.000
07.4	binnenleidingen 65 C	label D en slechter	€ 292.500
07.5	binnenleidingen 55 C	label C en beter	€ 3.117.500
	Subtotaal		€ 18.068.162
	opslagen		€ 6.323.857
	Totaal		24 miljoen Euro
01	TEO - 5G net - 65 C of 55 C + booster WP		
02	TEO - 70 C warmtenet		
03	TEO - 5G net - 65 C of 55 C + TE booster		
04	TEO - 5G net - 65 C		
05	aardgas		

11.3 Investeringsraming scenario 3

01.1	elektrotechniek	alle warmtenetten	€ 330.000
01.2	elektrotechniek	Gebouwen	€ 1.395.138
02.3	distributiepompen	5G uitwisselingsnet	€ 50.000
02.4	distributiepomp	Gebouwen	€ 130.000
02.5	Warmtepomp 65 C	Gebouwen	€ 296.069
02.7	afleversets RV + WT	Gebouwen	€ 175.500
02.10	warmtepomp 55 C	Gebouwen	€ 3.445.113
02.17	scenario 3: afleverset + TE booster	Gebouwen	€ 2.455.200
05.1	TEO installatie		€ 801.025
05.2	WKO		€ 1.415.143
05.3	Buffer 65 C	bij WP 65 C	€ 7.804
07.1	technische ruimte		€ 840.000
07.2	hoofdleiding, tracélengte	5G uitwisselingsnet	€ 3.000.000
07.3	aansluitleidingen buiten	5G uitwisselingsnet	€ 200.000
07.4	binnenleidingen 65 C	label D en slechter	€ 292.500
07.5	binnenleidingen 55 C	label C en beter	€ 3.117.500
	subtotaal		€ 17.320.992
	opslagen		€ 6.062.347
	Totaal		23 miljoen Euro

01	TEO - 5G net - 65 C of 55 C + booster WP
02	TEO - 70 C warmtenet
03	TEO - 5G net - 65 C of 55 C + TE booster
04	TEO - 5G net - 65 C
05	aardgas

11.4 Investeringsraming scenario 4

01.1	elektrotechniek	alle warmtenetten	€ 330.000
01.2	elektrotechniek	Gebouwen	€ 1.395.138
02.3	distributiepompen	5G uitwisselingsnet	€ 50.000
02.4	distributiepomp	Gebouwen	€ 130.000
02.19	scenario 4: 65 C warmtepompen	Gebouwen	€ 5.085.209
02.20	scenario 4: afleversets		€ 2.046.000
05.1	TEO installatie		€ 801.025
05.2	WKO		€ 1.415.143
05.3	Buffer 65 C	bij WP 65 C	€ 7.804
05.4	buffer 65 C	bij booster WP 65 C	€ 83.176
07.1	technische ruimte		€ 840.000
07.2	hoofdleiding, tracélengte	5G uitwisselingsnet	€ 3.000.000
07.3	aansluitleidingen buiten	5G uitwisselingsnet	€ 200.000
07.4	binnenleidingen 65 C	label D en slechter	€ 292.500
07.5	binnenleidingen 55 C	label C en beter	€ 3.117.500
	subtotaal		€ 20.291.049
	opslagen		€ 7.101.867
	Totaal		27 miljoen Euro

- 01 TEO - 5G net - 65 C of 55 C + booster WP
- 02 TEO - 70 C warmtenet
- 03 TEO - 5G net - 65 C of 55 C + TE booster
- 04 TEO - 5G net - 65 C
- 05 aardgas

11.5 Investeringsraming scenario 5

02.22	scenario 5: CV ketels	Gebouwen	€ 3.791.674
	opslagen		€ 1.327.086
	Totaal		5 miljoen Euro

01	TEO - 5G net - 65 C of 55 C + booster WP
02	TEO - 70 C warmtenet
03	TEO - 5G net - 65 C of 55 C + TE booster
04	TEO - 5G net - 65 C
05	aardgas

11.6 Beschrijving TCO model

Waternet heeft in 2018 een Total Cost of Ownership model laten maken door Twijnstra&Gudde. Het TCO model vergelijkt de netto contante waarde van maximaal 5 ingevoerde scenario's over een gekozen evaluatieperiode. Het model wordt veel gebruikt om warmteketens te vergelijken.

Het TCO model is een hulpmiddel om een keuze te maken tussen verschillende scenario's. Bijzonder is dat het model langjarig kan doorrekenen, rekening houdt met verschillende inflatie-indices, en rekening houdt met de langjarige verduurzaming van elektriciteit. Hiermee onderscheidt het zich van modellen die enkel de huidige kosten en huidige CO₂-uitstoot van scenario's met elkaar vergelijken.

Bij gebruik van het TCO model moeten op het tabblad Invoergegevens de volgende algemene parameters worden ingesteld:

Parameter	Standaardwaarde	Bron
Beginjaar	2020	
Eindjaar	2070	Waternet: evaluatieperiode 50 jaar
BTW-index	21%	Belastingdienst
Discontovoet	3%	Standaardwaarde MKBA
Aflossingsmethodiek	Lineair	Standaard bij nutsbedrijven
Algemene prijsindex	2%	CBS
Elektriciteitsprijsindex	2,5%	CBS data 1996-2018
Gasprijsindex	5%	CBS data 1996-2018
Afschrijvingsmethodiek	Technisch	Voorkomt herinvestering direct na economische afschrijving. Dit is een fout in het model.
Jaar waarin elektriciteit volledig CO ₂ neutraal is	2050	Klimaatakkoord
Per partner: rekenrente	3% 8%	Standaard bij Waternet Standaard bij commerciële bedrijven
Stakeholders	Vrij te kiezen	
Hoofdposten en afschrijftermijnen		Waternet, Qirion
- WTB (werktuigbouwkundig) - E (elektrotechniek) - CT (civiele techniek) - PA (procesautomatisering) - leidingen	20 – 25 jaar 10 – 15 jaar 40 – 50 jaar 7 – 10 jaar 30 – 50 jaar	

Opmerkingen:

- De tarieven van hoge temperatuur stadswarmte zijn standaard gekoppeld aan de gasprijs. Als deze koppeling wordt losgelaten kan hier desgewenst een ander percentage gekozen worden.

5. Er kunnen ook andere hoofdposten en afschrijftermijnen gekozen worden. Bijvoorbeeld een serie als 5, 10, 15, 20, 15, 30, 40 en 50 jaar. Van belang is dat alle investeringen in een hoofdpost passen.

○ Systeemgrenzen

De systeemgrens van de TCO vergelijking valt samen met die van de warmteketen. Een warmteketen ziet er in algemene zin als volgt uit:



Voor de investeringskosten, onderhoudskosten, bedrijfsvoering, inkomsten en eenmalige kosten en inkomsten betekent dit:

- Alle kosten en inkomsten worden opgevoerd die direct kunnen worden toegerekend aan de warmte- en koudevoorziening.

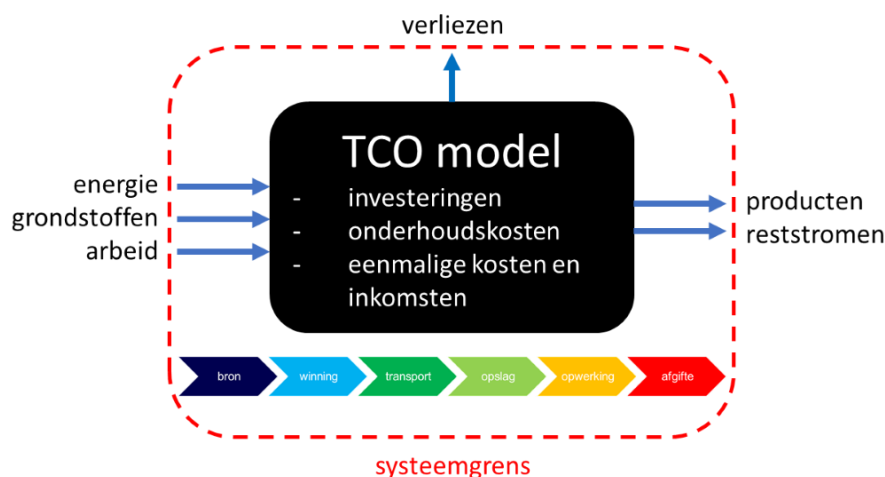
Voorbeeld

Voor een warmteketen op basis van warmte uit oppervlaktewater zijn de investeringskosten onder andere:

- Bouwkundige kosten (inlaatwerk, uitlaatwerk, pompgebouw)
 - Werktuigbouwkundige kosten (pompen, filters, warmtewisselaars)
 - Elektrotechniek
 - Procesautomatisering
 - WKO's (bronnen, pompen, appendages)
 - Leidingwerk
 - Warmtepompen
 - Grondkosten
- Als er ten opzichte van een andere warmteketen aanpassingen in de openbare ruimte of in huis nodig zijn, worden deze ook opgenomen. Bijvoorbeeld de verzwaring van het elektriciteitsnet of isolatiemaatregelen in huis.
 - Algemene bouwkosten, bijkomende kosten, aanneemsommen en dergelijke van woonhuizen en utiliteiten worden niet opgenomen.

Onderstaand schema geeft aan hoe de systeemgrens van een scenario getrokken moet worden:

Figuur 1 Systeemgrens van een warmtescenario in het TCO model



Voor de toerekening van de verschillende kosten en inkomsten geldt daarbij:

- Wat van buiten het systeem komt zijn kosten voor de afnemende stakeholder in de keten;
- Energie- en grondstofstromen die in het systeem blijven (tussen de stakeholders in de keten) worden onderling verrekend:
- kosten voor de afnemer
- opbrengsten voor de producent
- Wat het systeem verlaat geeft kosten (afval) of opbrengsten (product) voor de producerende stakeholder in de keten.

6. Externe leveranciers van warmte

Commerciële bedrijven geven normaliter geen inzicht in de investeringen en kosten van hun warmtenetten. De levering van warmte wordt dan gezien als een levering van buiten de systeemgrens naar binnen, met de eindgebruiker als afnemende stakeholder. Onder de voorwaarde dat de eindgebruiker binnen de systeemgrens valt, kan een zinvolle vergelijking met andere warmteketens gemaakt worden. Het is dan voldoende om de HT warmtekosten voor de eindgebruiker (vastrecht, GJ verbruik en GJ tarief) en de eenmalige kosten (BAK) in te vullen.

- Input

Tabblad Eenheidsprijzen

Dit tabblad is een verzamelplek voor kentallen die met name bij de berekening van de bedrijfsvoeringskosten relevant zijn, zoals tarieven voor energie en grondstoffen. Hier kunnen ook kentallen voor investeringen en onderhoud worden opgenomen.

Op dit tabblad staan daarnaast:

7. De CO₂-emissiefactoren
8. De koude- en warmtevraag
9. De standaard onderhoudspercentages voor relevante warmteketencomponenten

Tabblad Investeringskosten

Hierop worden alle investeringen binnen de systeemgrens gezet, inclusief installatiekosten. De investeringen moet uitgesplitst zijn over de verschillende

Hoofdposten, omdat elke Hoofdpost een eigen afschrijftermijn heeft. Voor alle input op dit en de volgende tabbladen geldt dat de volledige regels moeten worden ingevuld:

Nummer, Inkomsten/Kosten, Onderdeel, Specificatie, Aantal, Eenheid, €/eenheid (excl. BTW), Startjaar, Eindjaar, Mate van bijdrage van stakeholders (in %), Van toepassing op varianten.

Tabblad Onderhoud

Alle onderhoudskosten per investering. Dit kan als vast totaalbedrag per investering, of via een onderhoudspercentage van het investeringsbedrag. Hierbij moet ook aangegeven worden aan welke Hoofdpost het onderhoud gekoppeld is (kolom C).

Tabblad Bedrijfsvoering

Alle bedrijfsvoeringskosten, zoals inkoop van energie, grondstoffen en arbeid van buiten de systeemgrens. Hierbij moet per post aangegeven worden welke inflatie-index van toepassing is (kolom C).

Tabblad Inkomsten

Alle inkomsten door verkoop van energie of grondstoffen buiten de systeemgrens. Bijvoorbeeld de elektriciteitsopbrengst van PV panelen, als deze onderdeel uitmaken van een warmtescenario. Ook hier moet de koppeling met een Hoofdpost aangegeven worden (kolom C).

Tabblad Eenmalige Inkomsten – Kosten

Kosten voor nieuwe aansluitingen, bijdrage in aansluitkosten (BAK), subsidies en dergelijke. Hierbij moet in kolom C expliciet worden aangegeven of het Inkomsten of Kosten betreft.

- Output

De belangrijkste output van het model is de grafiek op het tabblad Dashboard Per Partner. Deze grafiek geeft de gemiddelde Netto Contante Waarde van de scenario's per woning en per jaar. Met deze grafiek kunnen de verschillende scenario's op kosten met elkaar vergeleken worden.

Daarnaast is vergelijking van de duurzaamheid van de scenario's van belang. Deze staat als grafiek op het tabblad Dashboard Grafieken – CO₂-verbruik cumulatief (ton) per variant.

Het TCO model geeft daarnaast de volgende output:

Dashboord Kernfinanciën

- Kasstroomoverzicht per variant en per partner
- CO₂-uitstoot per variant en per jaar

Dashboord Grafieken

- Kasstroomoverzicht per partner voor de gekozen variant in het dashboard Kernfinanciën
- Kasstroomoverzicht 'Totaal' per variant
- Cumulatief kasstroomoverzicht per partner voor de gekozen variant in het dashboard Kernfinanciën
- Cumulatief kasstroomoverzicht 'Totaal' per variant
- Kasstroomoverzicht per variant voor de gekozen partner in het dashboard Kernfinanciën

- CO₂-uitstoot (ton/jaar) voor de gekozen variant in het dashboard Kernfinanciën
- CO₂-uitstoot cumulatief (ton) voor de gekozen variant in het dashboard Kernfinanciën
- CO₂-balans (€/jaar) voor de gekozen variant in het dashboard Kernfinanciën
- CO₂-uitstoot cumulatief (ton) per variant
- CO₂-uitstoot elektriciteit cumulatief (ton) per variant

Dashboard Per partner

- Totale investeringskosten (in eerste afschrijftermijn)
- Gemiddelde investeringskosten (in eerste afschrijftermijn) per jaar
- Gemiddelde investeringskosten (in eerste afschrijftermijn) per woning
- Totaaloverzicht kosten, opbrengsten en NCW per variant
- Grafiek: gemiddelde NCW van de varianten per woning en per jaar
- CO₂-uitstoot (jaar 1)
- Overzicht ingaande en uitgaande stromen
- CO₂-reductie

Dashboard Per Variant

- Totale investeringskosten (in eerste afschrijftermijn)
- Gemiddelde investeringskosten (in eerste afschrijftermijn) per jaar
- Gemiddelde investeringskosten (in eerste afschrijftermijn) per woning
- Totaaloverzicht kosten, opbrengsten en NCW per variant
- CO₂-uitstoot (jaar 1)
- Overzicht ingaande en uitgaande stromen
- CO₂-reductie