

Datum 2 februari 2019
Referentie 68196/BaS/201902
Betreft Rapport - Business case integrale aanpak TEO en klimaatadaptatie in Amersfoort Schothorst
Auteurs Frank Niewold en Barry Scholten
Gecontroleerd door Barry Scholten
Versienummer Definitief v2

RAPPORT | BUSINESS CASE INTEGRALE AANPAK TEO EN KLIMAATADAPTATIE IN AMERSFOORT SCHOTHORST

Het voorliggende rapport is het resultaat van een haalbaarheidsstudie naar de integrale aanpak van thermische energie uit oppervlaktewater (TEO) en klimaatadaptatie in Amersfoort Schothorst. Het rapport dient als basis voor een verdiepend onderzoek en voor een intentieovereenkomst tussen belanghebbende partijen om TEO een verder te brengen.

Hoewel deze publicatie met de grootst mogelijke zorgvuldigheid is samengesteld, kunnen de samenstellers niet aansprakelijk worden gesteld voor schade ten gevolge van eventuele onjuistheden in dit rapport. Aan deze publicatie kunnen geen rechten worden ontleend.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	2
2	Technisch kader	2
2.1	Inventarisatie algemeen	2
2.2	Kenmerken gebied en gebouwen	3
2.3	Quickscan bodem	4
2.4	Quickscan oppervlaktewater	4
2.5	Energie concept	6
3	Financieel kader	10
3.1	Businesscase TEO	10
3.2	Duurzaamheid	13
3.3	Klimaatadaptatie en TEO	13
4	Organisatorisch en juridisch kader	17
4.1	Stakeholders	17
4.2	Vergunningen	18
5	TEO en het vervolg	18
5.1	Volloopsценario in Schothorst	18
5.2	Toepassing TEO in andere buurten van Amersfoort	20
5.3	Opstellen intentieovereenkomst	22
6	Conclusies en aanbevelingen	22
6.1	Conclusie	22
6.2	Aanbevelingen	23
7	Bijlagen	25

1 Inleiding

De openbare ruimte van de in de jaren zeventig en tachtig gebouwde wijk Schothorst in Amersfoort wordt over enkele jaren heringericht. Deze herinrichting wordt als kans gezien om de wijk meer klimaatbestendig (adaptatie) te maken en om een alternatieve warmtevoorziening ter vervanging van aardgas (mitigatie) te realiseren met mogelijk thermische energie uit oppervlaktewater (TEO) als duurzame warmtebron.

Een integrale aanpak van hittestress bestrijding, waterkwaliteitsverbetering en het aanpakken van wateroverlast, in combinatie met TEO kan een synergie opleveren waarmee maatschappelijke kosten worden uitgespaard. Ook zal deze gecombineerde aanpak leiden tot een groter draagvlak bij de belanghebbenden voor de realisatie van het project en het participeren aan TEO als alternatief voor aardgas. De wijk Schothorst kan hiermee een voorbeeldfunctie hebben voor de vele andere jaren tachtig wijken in Nederland die voor vergelijkbare opgaven staan.

2 Technisch kader

2.1 INVENTARISATIE ALGEMEEN

Schothorst is een gebied in het centrum van de gemeente Amersfoort. Schothorst kan onderverdeeld worden in de wijk Schothorst-Zuid en de wijk Schothorst-Noord. Schothorst-Zuid bestaat uit de buurten Vuurtoren, De Plaatsen en Koperhorst. Schothorst-Noord bestaat uit de buurten Elly Takmastraat, Camera Obscurastraat, Queekhuizen en Het Gein.

In Tabel 1 is het gasverbruik en het aantal aansluiting in Schothorst weergegeven. Het betreft in dit geval kleinverbruik aansluiting t/m G25 (meetrange max. 40 m³/h). In de huidige studie wordt er van uitgegaan dat het gasverbruik van de utiliteitsgebouwen binnen deze range vallen. Om een idee te krijgen hoe het gasverbruik is verdeeld over Schothorst is in Figuur 11 en Figuur 12 in de Bijlagen het gasverbruik van woningen en utiliteit weergegeven.

In Tabel 2 is het aantal woningen en utiliteit en de bijbehorende oppervlakte weergegeven voor Schothorst.

Tabel 1 | Open data netbeheerder Stedin klein verbruiksgegevens.¹

wijk	gasverbruik	aantal aansluitingen	gasverbruik per aansluiting
	[m ³ /jaar]	[#]	[m ³ /aansluiting]
Amersfoort Schothorst	6.325.000	5.424	1.166

Tabel 2 | Inventarisatie woningen en utiliteit in Schothorst.²

beschrijving	aantal	oppervlakte totaal	oppervlakte gemiddeld
	[#]	[m ²]	[m ²]
woningen	5.450	640.235	117
utiliteit	62	58.226	940

¹ Stedin (2018). Open data - verbruiksgegevens - verbruiksdata 2018, <https://www.stedin.net/zakelijk/open-data/verbruiksgegevens>.

² Weetmeer Buurtinformatie (2018), <http://www.weetmeer.nl/buurt/>.

2.2 KENMERKEN GEBIED EN GEBOUWEN

Om de haalbaarheid van het project te vergroten is voor een 1^e fase een inventarisatie gemaakt van de gebouwen die vanuit technisch, financieel en organisatorisch oogpunt het meeste potentieel bieden. De afweging heeft op kwalitatieve criteria plaatsgevonden. Hierbij is rekening gehouden met warmtevraag (meergezinswoningen en grote utiliteit) en eigenaar (utiliteit en woningbouwcorporaties). De gebouwen met de volgende kenmerken zijn hierbij aangemerkt als potentieel aantrekkelijk:

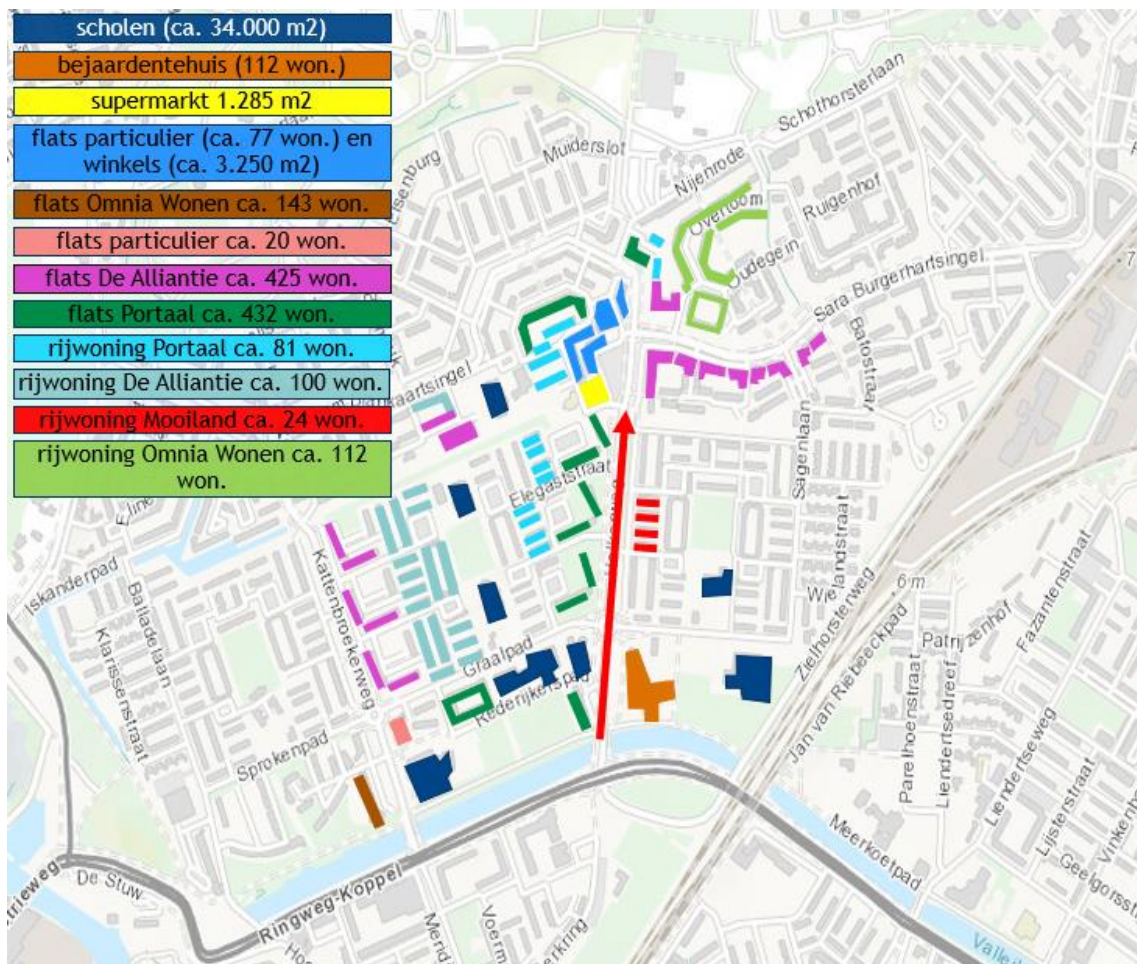
- utiliteit;
- meergezinswoningen (particulier);
- meergezinswoningen (woningcorporaties);
- rijwoningen (woningcorporaties).

Daarnaast is de locatie van het oppervlaktewater t.o.v. de afnemers een belangrijke parameter voor de haalbaarheid van een TEO-project. In Figuur 1 zijn de gebouwen weergegeven met de opgesomde kenmerken en gelegen tussen/in de buurt van het Valleikanaal en het lokale oppervlaktewater in Schothorst. De rode pijl geeft de corridor weer die gebruikt kan worden bij de inpassing van backbone warmtenet/TEO-leiding.

In Tabel 3 zijn de energetische eigenschappen van de gearceerde gebouwen in Figuur 1 weergegeven. De warmtevraag dient als uitgangspunt voor de technische en financiële analyse.

Tabel 3 | Gasverbruik en warmtevraag gebouwen weergegeven in Figuur 1.

parameter	gemiddeld gasverbruik	aantal	gasverbruik	warmtevraag	bouwjaar	labelklasse
	per aansluiting	aansluitingen	totaal			
	[m ³ /jaar]	[#]	[m ³ /jaar]	[MWh]	[-]	[-]
gebouwen Figuur 1	1.140	1.527	1.750.000	14.400	1972-1999	C



Figuur 1 | Gebouwen in Schothorst die worden aangesloten op WKO/TEO/warmtenet in fase 1.

2.3 QUICKSCAN BODEM

Het opslagpakket in Amersfoort Schothorst is zeer goed bruikbaar voor energieopslag. De ingeschatte eigenschappen van een WKO doublet voor Amersfoort Schothorst zijn weergegeven Tabel 4.

Tabel 4 | Quickscan eigenschappen WKO doublet voor Amersfoort Schothorst.

stelsel	opslagpakket	diepte	filterlengte	einddiepte bron	maximaal debiet per doublet	afstand warme/koude bron
stelsel	[-]	[m-mv]	[m]	[m]	[m ³ /h/bron]	[m]
Doublet	2° watervoerende pakket	20 - 125	50	125	250	130

2.4 QUICKSCAN OPPERVLAKTEWATER

Ten zuiden van Schothorst loopt het Valleikanaal. In Tabel 5 zijn de eigenschappen van het Valleikanaal weergegeven. De waarden zijn gebaseerd op de periode september 2015 - september 2018. Hieruit volgt dat de gemiddelde temperatuur waarmee de warme WKO bron geladen kan worden tussen 18,7 - 26,9 °C ligt.

In overleg met het Waterschap Vallei en Veluwe zijn de mogelijkheden van een TEO-systeem verkend. In Figuur 15 in de Bijlagen in het oppervlaktewater en de kunstwerken in Schothorst weergegeven. Het peil van Schothorst bestaat uit 3 peilvakken waarvan het grootste peilvak een streefpeil van NAP+0,10m heeft. Er is een instroom van de TEO-lozing gemodelleerd in de vijver bij kruising Klaartje Donzepad en Camera Obscurastraat. De capaciteit is bepaald met de volgende achtergronden:

- maximale peilstijging van 35 cm (NAP+0,45m) door lozing TEO, hierbij blijven de regenwateruitlaten vrij en er is 5 cm marge voor eventuele neerslag en ingrijpen;
- analyse is een bovengrens;
- de analyse is zonder neerslag.

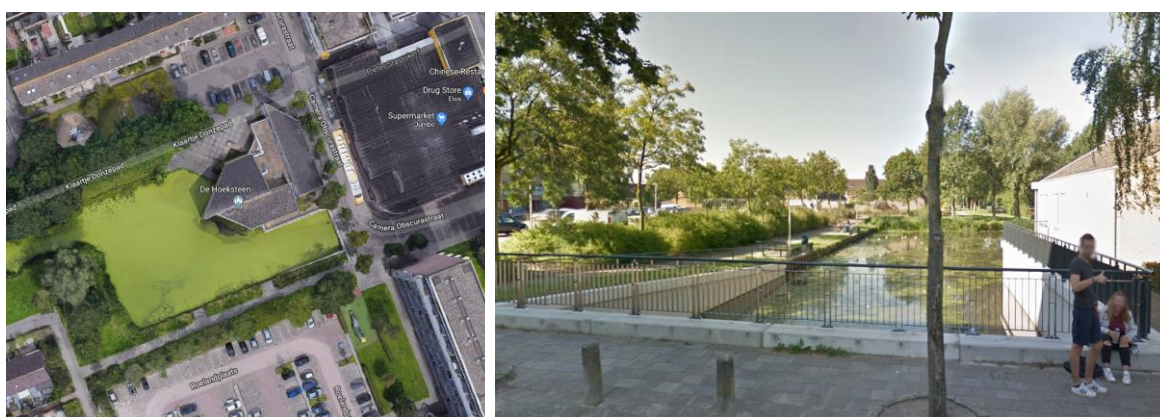
Tabel 5 | Quickscan eigenschappen oppervlaktewater nabij Amersfoort Schothorst.³

oppervlaktewater	debiet	debiet	debiet	temperatuur		breedte watergang
	gemiddeld totaal	gemiddeld zomer ⁴	maximaal zomer	gemiddeld zomer (minimaal)	temperatuur maximaal zomer	
	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[°C]	[°C]	[m]
Valleikanaal	7,2	4,7	27,0	18,7	26,9	30

Er kan worden geconcludeerd:

- Het systeem kan onder bovengenoemde randvoorwaarden 900 l/s verwerken.
- Afhankelijk van de omvang van de TEO-lozing moet er een regelwerk op komen bij neerslag. Mogelijk is dat niet nodig als de omvang van de lozing een fractie van de 900 l/s (= 3.240 m³/h) is.
- Bij een lozing van 900 l/s ontstaat al circulatie, d.w.z. we zien daarbij dat 750 l/s naar het westen stroomt en 150 l/s naar het oosten. Er is niet gekeken of die verhouding met een lager lozingsdebiet gelijk blijft.

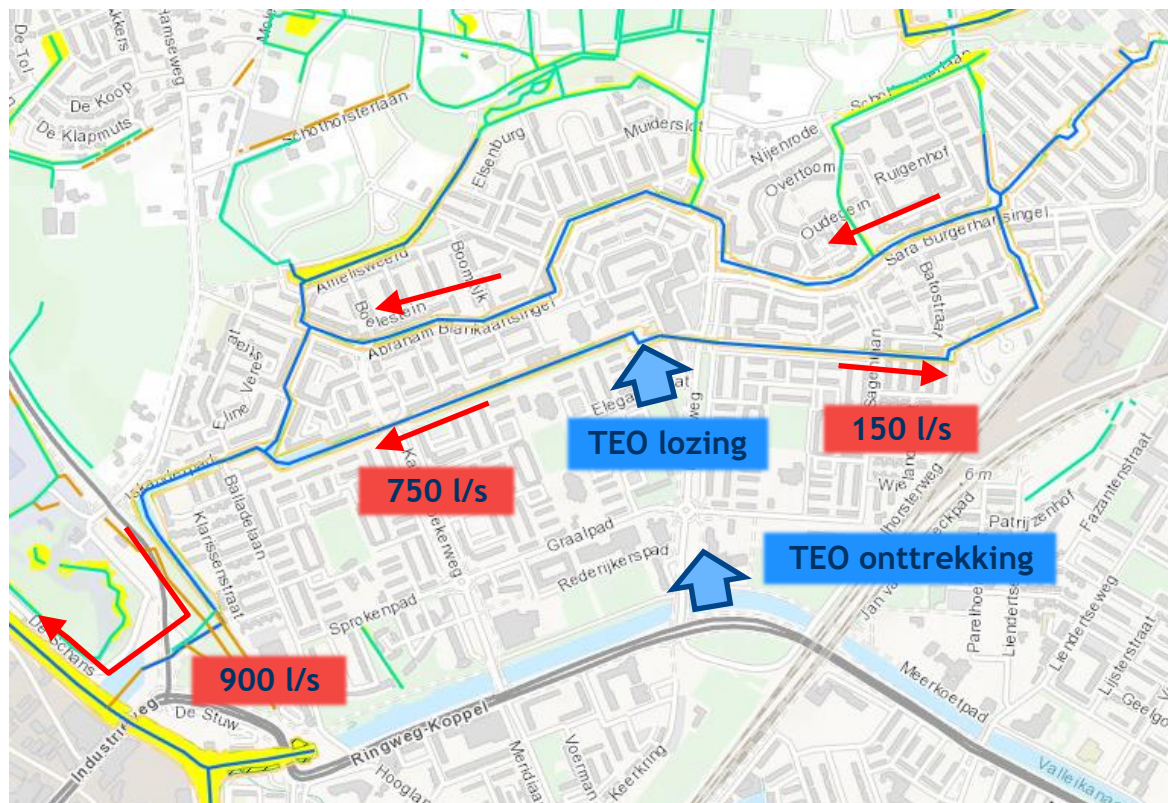
In Figuur 2 is de vijver weergegeven waar de TEO lozing op gemodelleerd is. In Figuur 3 is de resulterende stromingsrichting in het lokale oppervlaktewater bij een lozing van 900 l/s weergegeven.



Figuur 2 | Vijver waar TEO lozing op gemodelleerd is door waterschap Vallei en Veluwe.

³ Het debiet en temperatuur zijn gebaseerd op uurlijkse meetgegevens van het Valleikanaal in de periode september 2015 - september 2018 (Waterschap Vallei en Veluwe, persoonlijke communicatie, 14 september 2018).

⁴ In de huidige context betekent zomer dat de temperatuur van het oppervlaktewater boven de 15 °C is en ingezet kan worden voor het laden van warmte in de WKO (regeneratie).



Figuur 3 | Schematische weergaven van TE0 lozing en stromingsrichting bij een lozing van 900 l/s (= 3.240 m³/h).

2.5 ENERGIE CONCEPT

Energetische analyse

De overwegend jaren 70 en 80 woningen en gebouwen in Amersfoort Schothorst hebben gemiddeld gezien energielabel C (zie Figuur 16 in Bijlagen). Dit betekent dat de verwarmingstemperatuur voldoende hoog moet zijn om de woningen warm te krijgen. Een woning met een energielabel C kan in het algemeen met een 70 °C aanvoertemperatuur worden verwarmd zonder energiebesparende maatregelen en aanpassingen van afgiftesystemen. Verder hebben de volgende overwegingen en aannames een rol gespeeld bij de totstandkoming van het energie concept:

- 1 **TE0:** warmtebron is energie uit oppervlaktewater. De warmte wordt in de zomer onttrokken uit het oppervlaktewater van het Valleikanaal.
- 2 **WKO:** het opslagsysteem is een WKO (open bodemenergiesysteem). De warmte uit het oppervlaktewater wordt in de zomer opgeslagen in de bodem. In de winter wordt deze warmte gebruikt om de gebouwen te verwarmen. Omdat er meerdere bronnen nodig zijn is er een bronnennet benodigd om de verschillende warmte en koude bronnen te verbinden.
- 3 **Technische ruimte:** de technische ruimte bevat een energiecentrale met een bivalent systeem. Dit houdt in dat er een warmtepomp en gasketel is opgesteld. De gasketel levert de piekvoorziening op momenten dat de buitentemperatuur laag is en de warmtebehoefte van de gebouwen een piek heeft. Dit betekent dat de gasketel alleen op piekmomenten wordt ingezet. Dit resulteert in een verlaging van de totale kosten, verbetering van het financiële rendement, terwijl de energieopwekking alsnog grotendeels duurzaam is.

- 4 **Warmtenet:** het warmtenet heeft een aanvoertemperatuur van 70 °C om de energielabel C woningen te kunnen verwarmen.
- 5 **Gebouwen:** energiebesparende maatregelen (isolatie en aanpassing radiatoren) zijn in de meeste gevallen niet nodig (uitgangspunt is label C).

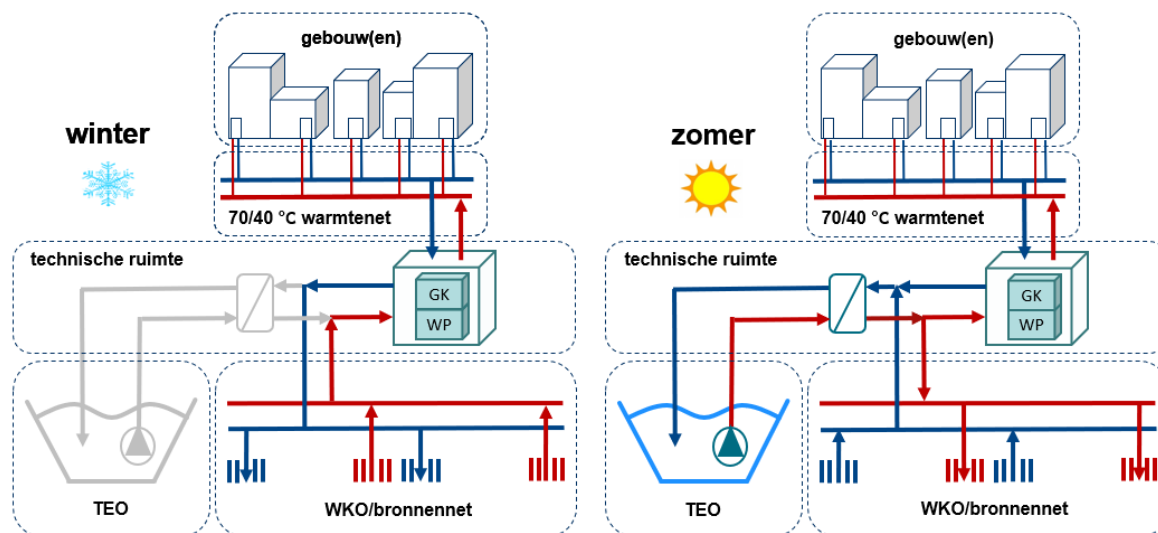
De energetische uitgangspunten van het energie concept zijn weergegeven in Tabel 6.

Tabel 6 | Energetische input en output parameters van het energetische concept collectieve WKO en TEO.

parameter	Eenheid	Waarde
TEO en WKO		
minimale uitkoeling oppervlaktewater	°C	3,0
maximale uitkoeling oppervlaktewater	°C	6,0
minimale lozingstemperatuur oppervlaktewater	°C	12,0
minimale onttrekkingstemperatuur oppervlaktewater	°C	15,0
infiltratietemperatuur koude WKO	°C	7,0
minimaal debiet oppervlaktewater	m ³ /h	490
minimaal debiet WKO	m ³ /h	300
aantal WKO doubletten	-	2
gemiddelde infiltratietemperatuur warmte	°C	17
technische ruimte		
maximale COP warmtepomp	-	3.4
Seasonal Performance Factor (SPF) warmtepomp	-	3.1
warmte productie	MWh/jaar	18.600
warmte vermogen productie	MW	7.3
koude productie totaal	MWh/jaar	0
koude vermogen productie totaal	MW	0
aandeel warmtepomp vermogen	%	50
aandeel gasketel vermogen	%	50
aandeel warmtepomp energie	%	96
aandeel gasketel energie	%	4
temperatuur warme leiding	°C	70
temperatuur koude leiding	°C	40
tracélengte hoofdnet	m	9.500
tracélengte aansluiting gebouwen	m	7.640
warmteverlies distributienet	%	15
aansluitingen gebouwen		
aantal aansluitingen	-	1.528
warmtebehoefte gebouwen	MWh/jaar	14.400
koudebehoefte gebouwen	MWh/jaar	0

Principeschema

In Figuur 5 is een globaal principeschema weergegeven van een collectieve WKO en TEO installatie inclusief technische ruimte en warmtenet. De opsomming van globale systemen in de energetische analyse is terug te zien in de verschillende blokken.



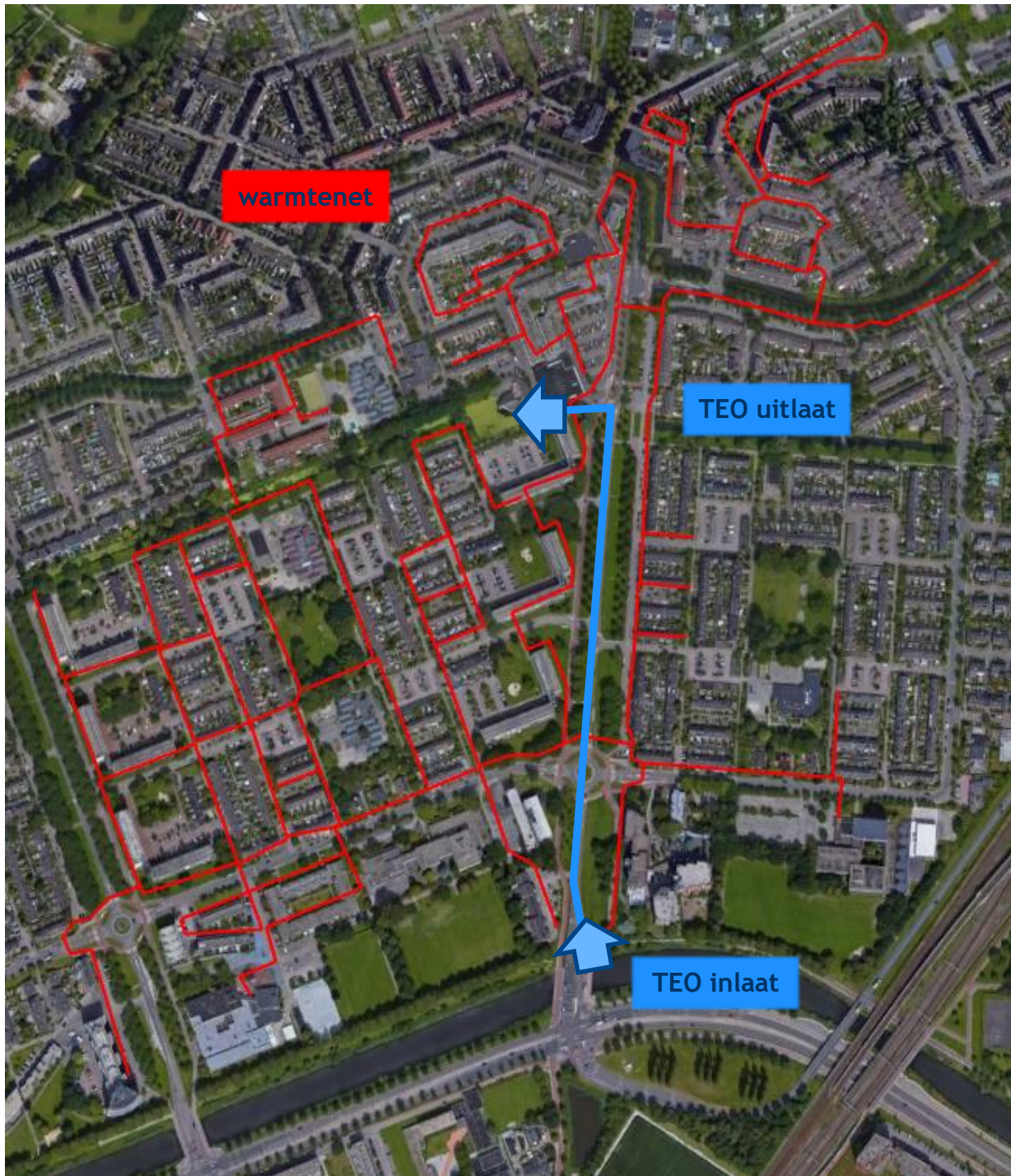
Figuur 4 | Principeschema collectieve WKO en TEO in de seizoenen (grijs = niet in bedrijf). Winter: het TEO-systeem is uitgeschakeld, omdat er alleen warmtevraag is. Het WKO-systeem levert warmte uit de warme bronnen die door de warmtepomp wordt opgewaardeerd naar 70 °C. Zomer: het TEO-systeem is ingeschakeld, warmte kan aan de warmtepomp geleverd worden om de gebouwen van warmte en/of tapwater te voorzien, daarnaast wordt de warmte uit het oppervlaktewater gebruikt om de WKO te laden/regenereren.

Schetsontwerp

De TEO inlaat is voor deze studie aan het Valleikanaal gesitueerd. De TEO uitlaat is in de vijver achter de supermarkt voorzien.⁵ Daartussen is een leiding nodig om het water te transporteren. De technische ruimte (TR) en de WKO bronnen zijn in het schetsontwerp niet ingetekend. Bij voorbaat ligt de TR en de bronnen zo dicht mogelijk bij de TEO-leiding. Dit verkort de infrastructuur en daarmee de kosten van het systeem. De WKO bronnen nemen zelf relatief weinig ruimte in beslag. Het zou technisch en financieel voordelig zijn als het WKO bronnennet parallel aan de TEO leiding gelegd kan worden. Voor de technische ruimte moet er voor het huidige systeem rekening gehouden worden met een ruimte van minimaal 100 - 200 m².

In de huidige studie is rekening gehouden met de uitgangspunten in het technisch kader. Bij mogelijke uitbreiding/fasering van het warmtenet voor Schothorst zullen er nieuwe berekeningen gemaakt moeten worden om het effect op het energieconcept en de inpassing te toetsen. Het is belangrijk om bij de start van het project rekening te houden met een uitbreiding van het systeem.

⁵ Optioneel kan de TEO uitlaat ook stroomafwaarts aan het Valleikanaal geplaatst worden. Het Valleikanaal biedt voldoende potentieel om Schothorst van warmte te voorzien. Dit is verder uitgewerkt in paragraaf 5.2.



Figuur 5 | Schetsontwerp TEO-systeem (blauw) en warmtenet (rood). De technische ruimte (TR) en de WKO bronnen zijn in het schetsontwerp niet ingetekend. Bij voorbaat ligt de TR en de bronnen zo dicht mogelijk bij de TEO-leiding.

3 Financieel kader

3.1 BUSINESSCASE TEO

Uitgangspunten financiële analyse

In Tabel 7 zijn de uitgangspunten van de financiële analyse weergegeven. Als referentiesysteem zijn er 2 varianten gekozen:

- 1 de huidige situatie: individuele gasketels;
- 2 all-electric (collectieve lucht-/waterwarmtepomp) collectief 70/40 warmtenet.

Tabel 7 | Uitgangspunten financiële analyse.

parameter	eenheid	waarde
algemeen		
vereist projectrendement (RRR)	%	6,0
aandeel eigen vermogen	%	100
vennootschapsbelasting (schijf 1 tot 200 k€)	%	20
vennootschapsbelasting (schijf 2)	%	25
CAPEX		
indexering investeringskosten	%	2,0
project looptijd	jaar	30
afschrijving	jaar	15
startjaar investering	jaar	0
herinvestering bron	jaar	> 30
herinvestering WKO	jaar	> 30
herinvestering warmtepomp	jaar	15
herinvestering TSA	jaar	15
herinvestering distributienet	jaar	> 30
OPEX		
indexering operationele kosten	%	2,0
startjaar operatie	jaar	1
netbeheerder elektriciteit	-	Stedin
elektriciteitsprijs	€/kWh	0,075
omzet		
indexering	%	2,0
startjaar omzet	jaar	1
subsidies en eenmalige inkomsten		
bijdrage aansluitkosten (BAK)	€/aansluiting	0
energie-investeringsaftrek (EIA)	%	13,5 van CAPEX duurzame investeringen
startjaar inkomsten	jaar	0

Total cost of ownership en terugverdientijd

In Tabel 8 zijn de kosten (investering en exploitatie) van een WKO en TEO-systeem en de referentiesystemen weergegeven. De nauwkeurigheid is ingeschat op +/- 25%. Op basis van deze kosten en de financiële uitgangspunten kan de total cost of ownership (TCO) van de systemen bepaald worden over

een projectlooptijd van 30 jaar. Met de TCO kan de terugverdientijd van WKO en TEO t.o.v. de referenties bepaald worden. In Figuur 6 is de TCO weergegeven. In de TCO van de referentie individuele gasketels is een gevoeligheid in de gasprijs berekend. De ontwikkeling van de gasprijs is onzeker en van veel factoren afhankelijk. Enerzijds is met een standaard gemiddelde indexatie van 2% gerekend, anderzijds is met 5% indexatie gerekend conform de veronderstelde ontwikkeling gasprijs⁶. Hieruit volgt een terugverdientijd van 20 en 13 jaar voor WKO en TEO t.o.v. individuele gasketels bij 2% en 5% indexatie gasprijs, respectievelijk. De terugverdientijd van WKO en TEO t.o.v. een all-electric collectief 70/40 warmtenet is 7 jaar.

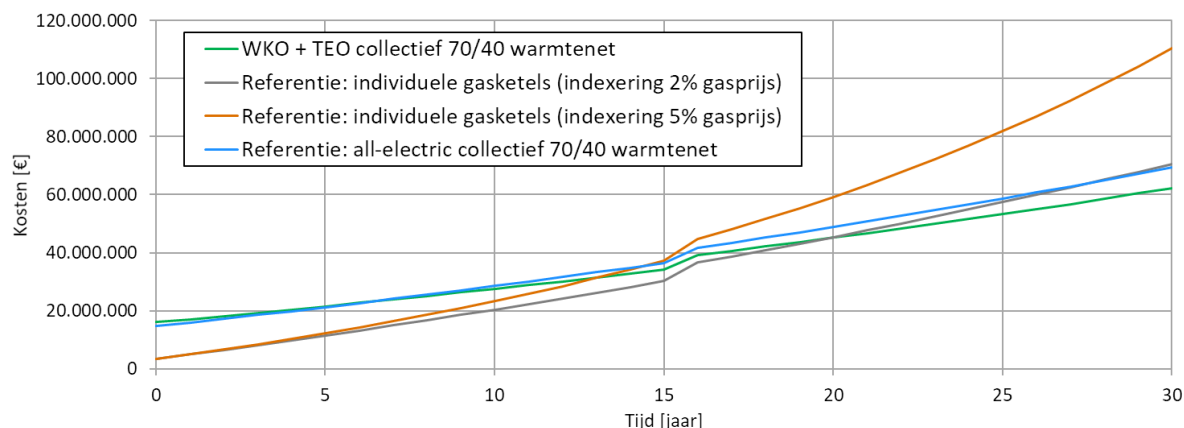
Tabel 8 | Kosten WKO en TEO-systeem en referentiesysteem.

parameter	eenheid	WKO + TEO	referentie gas	referentie all-electric
CAPEX				
WKO/open bodemenergiesysteem	€	660.000	-	-
TEO/regeneratiesysteem	€	630.000	-	-
distributienet	€	180.000	-	-
warmtenet (inclusief afleverset)	€	10.920.000	-	10.920.000
energiecentrale: warmtepompen/gasketels	€	2.540.000	3.060.000	2.540.000
gebouw technische ruimte	€	190.000	-	270.000
ontwerp- & advieskosten	€	420.000	310.000	190.000
afsluiten gas	€	1.040.000	-	1.040.000
totaal	€	16.590.000	3.360.000	14.970.000
OPEX				
elektriciteit (vast + variabel)	€/jaar	511.000	-	750.000
gas (vast + variabel)	€/jaar	46.000	1.400.000	46.000
onderhoud en beheer WKO	€/jaar	13.000	-	-
onderhoud en beheer TEO	€/jaar	11.000	-	-
onderhoud en beheer distributienet en warmtenet	€/jaar	277.000	-	273.000
onderhoud en beheer energiecentrale	€/jaar	80.000	120.000	80.000
management/administratie/facturatie	€/jaar	92.000	-	92.000
totaal	€/jaar	1.030.000	1.520.000	1.240.000
subsidies en eenmalige inkomsten				
energie-investeringsaftrek (EIA)	€	550.000	-	330.000

Tabel 9 | Total cost of ownership en terugverdientijd.

parameter	eenheid	WKO + TEO	referentie gas 2% indexatie gasprijs	referentie gas 5% indexatie gasprijs	referentie all- electric collectief 70/40 warmtenet
TCO 30 jaar	M€	62,3	70,7	110,5	69,5
terugverdientijd WKO + TEO	jaar		20 jaar t.o.v. referentie gas 2% indexatie gasprijs	13 jaar t.o.v. referentie gas 5% indexatie gasprijs	7 jaar t.o.v. referentie all-electric collectief 70/40 warmtenet

⁶ K. Schoots, M. Hekkenberg en P. Hammingh (2017), Nationale Energieverkenning 2017. ECN-O--17-018. Petten: Energieonderzoek Centrum Nederland.



Figuur 6 | Total cost of ownership (TCO) collectieve WKO en TEO met 70/40 °C warmtenet in vergelijking met de TCO van individuele gasketels voor 2 scenario's (2% en 5% indexering gasprijs) en een all-electric variant met een collectieve lucht-/waterwarmtepomp met een 70/40 warmtenet.

Exploitiatiemodel

In Tabel 10 zijn de opbrengsten weergegeven die ten gunste zouden kunnen komen van een exploitant van een collectief warmtenet met WKO en TEO. Hierbij zijn de maximumtarieven voor warmte 2018 gehanteerd vastgesteld door de ACM.

Tabel 10 | Opbrengsten WKO en TEO-systeem.

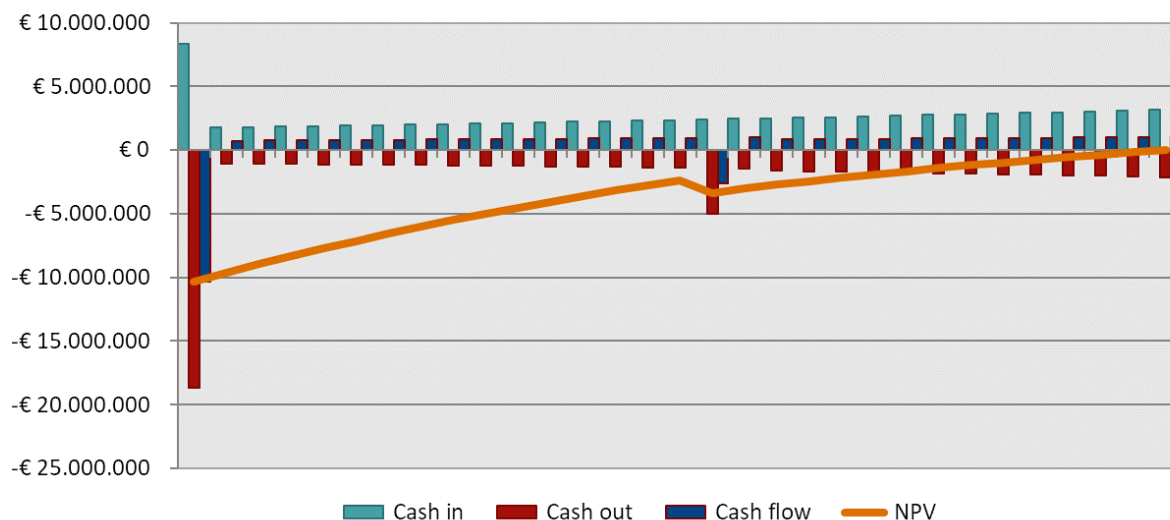
parameter	eenheid	waarde
omzet		
warmte levering	€/jaar	1.030.000
vastrecht warmte	€/jaar	710.000
totaal	€/jaar	1.740.000

In Tabel 11 is het projectrendement en de benodigde bijdrage aansluitkosten (BAK)/subsidie weergegeven om een projectrendement van 6,0% te halen. Het projectrendement zonder aanvullende inkomsten (BAK) en/of subsidie is ca. 2,4%. De benodigde BAK/subsidie voor een projectrendement van 6,0% is eenmalig 5.100 €/aansluiting. Deze eenmalige 5.100 €/aansluiting komt omgerekend neer op een maandlast per aansluiting over een looptijd van 30 jaar van ca. 14 €/maand.

Tabel 11 | Financiële output business case. De benodigde BAK/subsidie is een bedrag die benodigd is om een projectrendement van 6% te kunnen halen.

parameter	eenheid	waarde
projectrendement (IRR)	%	2,4
benodigde BAK/subsidie voor 6% IRR	€/aansluiting	5.100
	M€	7,8

In Figuur 7 zijn de kasstromen weergegeven die horen bij een WKO en TEO project, waarbij een aanvullende BAK/subsidie van 5.100 €/woning is meegenomen. De netto contante waarde is over een projectlooptijd van 30 jaar € 0,- conform het vereiste projectrendement/disconteringsvoet waartegen de toekomstige kosten en opbrengsten netto contant gemaakt zijn.



Figuur 7 | Kasstromen collectieve WKO en TEO inclusief warmtenet 70/40 °C.

3.2 DUURZAAMHEID

In Tabel 12 zijn een aantal duurzaamheidsparameters weergegeven voor een WKO en TEO systeem en de referentie gas. Hierin is de warmte emissie (hittestress) gelijk aan de warmte onttrekking aan het oppervlaktewater. De CO₂-emissie is gebaseerd op huidige mix elektriciteitsopwekking (bron: RVO (2018), Uniforme Maatlat Gebouwde Omgeving (UMGO) voor de warmtevoorziening in de woning- en utiliteitsbouw).

Tabel 12 | Prestatiefactoren WKO en TEO en de referentie individuele gasketels.

parameter	eenheid	WKO en TEO	referentie gas
equivalent opwekkingsrendement (EOR)	-	1,17	0,9
warmte emissie (hittestress)	GJ _{th}	-	+ 38.600
CO ₂ -emissie	ton/jaar	2.600 (grijze stroom) 0 (groene stroom)	3.400

In Figuur 13 en Figuur 14 in de Bijlagen is het risico op opwarming oppervlaktewater weergegeven. De klimaatverandering is gebaseerd op het WH-scenario voor 2050. Het WH scenario kent de sterkste opwarming van de vier KNMI'14-scenario's. Het kaartbeeld toont de langste aaneengesloten periode van dagen per jaar, waarin de watertemperatuur hoger is dan 20 °C in het kalenderjaar 2050. Vanaf die temperatuur gedijen (ongewenste) exotische planten en dieren, blauwalgen, ziekteverwekkers- en verspreiders beter. Figuur 14 laat zien dat 30 - 40 dagen de langste reeks aangesloten dagen dat de temperatuur van het water boven de 20 °C is. TEO kan ingezet worden om hier een positieve bijdrage aan te leveren door lokaal de watertemperatuur te verlagen.

3.3 KLIMAATADAPTATIE EN TEO

Klimaatadaptatie is het proces waarbij de samenleving zich aanpast aan het actuele of verwachte klimaat en de effecten hiervan. Hierdoor kan de schade (knelpunten) die gepaard gaat met klimaatverandering worden beperkt en de kansen benut. Drie belangrijke thema's bij klimaatadaptatie zijn hitte, droogte en wateroverlast. Het toepassen van een duurzame energievoorziening in een gebied biedt een kans om

klimaatadaptieve maatregelen gelijktijdig mee te nemen, zodat er een integrale aanpak ontstaat met voordelen voor beide kanten: verduurzaming en klimaatadaptatie.

Hittestress

In het klimaatscenario 2050WH verdrievoudigt het aantal tropische dagen (max. temperatuur hoger dan 30 °C) rond 2050 ten opzichte van het huidige klimaat. In stedelijke gebieden, zoals Amersfoort Schothorst, ligt de temperatuur al een stukje hoger dan landelijk gebied door het stedelijk hitte eiland effect. Een manier om hittestress te indiceren is het aantal warme nachten (temperatuur > 20 °C). Indirect kan dit schade opleveren door een ongunstig effect op de gezondheid en mogelijk een verminderde arbeidsproductiviteit. Met name personen uit kwetsbare groepen, zoals ouderen, kan hittestress een probleem vormen. Ook de watertemperatuur is een indicator voor hittestress. Door klimaatverandering zal de watertemperatuur toenemen, waardoor de waterkwaliteit negatief beïnvloedt kan worden. Blauwalgen, ziekteverwekkers- en verspreiders gedijen beter bij een temperatuur boven de 20 °C. In Figuur 18 is het risico op opwarming oppervlaktewater en hittestress door warme nachten weergegeven. In het klimaatscenario 2050WH kan het oppervlaktewater 10 - 40 dagen ononderbroken een temperatuur van boven de 20 °C ervaren. Het aantal warme nachten (> 20 °C) ligt tussen de 2 en 3 weken. In Figuur 19 is het stedelijk hitte-eiland effect weergegeven. In Schothorst-Zuid is een duidelijk effect te zien t/m 1,8 °C temperatuurstijging veroorzaakt door de gebouwen en verharding in het gebied.

TEO kan een bijdrage leveren aan het verminderen van hittestress. Dit kan op een directe manier, doordat het water lokaal wordt afgekoeld en er stroming gecreëerd wordt. Daarnaast kan de aanleg van een TEO-systeem en al dat daarbij komt kijken (warmtenet) ook worden gebruikt om klimaatadaptieve maatregelen toe te passen. Een goed voorbeeld is het toepassen van meer groen. Groen en water heeft een verkoelend effect op stedelijk gebied door o.a. verdamping. Volgens onderzoek betekent 10% (extra) groenoppervlak in een wijk of stad een verlaging van het hitte-eiland met ruwweg 0,6 °C.⁷ In Figuur 20 is het verkoelend effect van groen en water voor stedelijke gebieden weergegeven in Schothorst. In Schothorst-Zuid wordt het effect van groen en blauw beperkt door een hoger percentage verharding. In Figuur 21 is de groenkaart van Schothorst weergegeven. Daarin is te zien dat het gebied rondom de supermarkt en rondom een aantal pleinen in Schothorst-Zuid er minder groen aanwezig is.

Droogte

In Amersfoort Schothorst lijkt droogte voornamelijk nog geen extreme kansen en knelpunten op te leveren die gecombineerd kunnen worden met TEO. Een eventueel knelpunt zou kunnen zijn dat de bodem verdroogt en de grondwaterstand verlaagt, wat een negatief effect op bepaalde soorten bomen kan zijn. Daarentegen biedt het kansen om regenwater af te koppelen van het riool en te infiltreren in de bodem (Van Balkum en De Boer, 2018)⁸.

Wateroverlast

Wateroverlast door hevige buien kan in Schothorst tot veel overlast leiden. Van Balkum en De Boer (2018)⁶ hebben de knelpunten en kansen van wateroverlast in Schothorst onderzocht. De afnemende beschikbaarheid van infrastructuur zal op verschillende locaties in Schothorst toenemen. Echter is de verwachting voornamelijk dat dergelijke extreme buien eens in de 100 jaar voorkomen. In Figuur 22 is wateroverlast volgens de Klimateffectlas van Vallei en Veluwe weergegeven. Hierop is het warmtenet uit Figuur 5 geprojecteerd om te kijken of er overeenkomende locaties van warmtenet en wateroverlast te zien zijn. In Figuur 23 zijn de stroombanen in Amersfoort Schothorst weergegeven. De stroombanen geven inzicht

⁷ Atlas Natuurlijk Kapitaal. Verkoelend effect van groen en blauw. Geraadpleegd op 28 januari 2019.

⁸ Van Balkum, D. & De Boer, M. (2018). De weg naar een klimaatbestendig Schothorst.

in waar het water vandaan komt. De stroombanen bieden inzicht in waar mogelijkheden liggen wateroverlast te voorkomen. Ook in Figuur 23 is het warmtenet geprojecteerd.

Matrix

Een aantal knelpunten en kansen in het onderzochte gebied zijn hieronder benoemd. Deze nummers zijn ook weergegeven in Tabel 16 en Figuur 18 t/m Figuur 23:

- 1 wateroverlast op belangrijke infrastructuur in Schothorst (zie Figuur 22); dit kan worden opgevangen door middel van greppels, wadi's of open water kanalen indien er genoeg ruimte is;
- 2 wateroverlast op lokale wegen in Schothorst (zie Figuur 22); bij minder ruimte kunnen open goten, holle wegen of waterdoorlatende verhardingsmaatregelen worden toegepast;
- 3 wateroverlast op pleinen in Schothorst (zie Figuur 22); dit kan worden opgevangen door open goten, holle wegen, waterdoorlatende verhardingsmaatregelen en vergroening; dit zal zowel een positief effect (beperkend effect) op wateroverlast als op hittestress hebben;
- 4 hittestress op verharde pleinen en gebieden (zie Figuur 18 en Figuur 21); vergroening van pleinen of gebieden in Schothorst (o.a. rondom supermarkt) tegels eruit, groen erin heeft een positief effect (beperkend effect) op wateroverlast als op hittestress hebben;
- 5 wateroverlast in straten opvangen door gebruik te maken van de stroombanen in Schothorst (zie Figuur 23); door stroombanen te onderzoeken en te combineren met holle wegen en/of open goten kan een snelle afvoer naar het oppervlaktewater of andere bovengrondse opslag plaatsvinden en het wateroverlast op straat worden beperkt;
- 6 slechte waterkwaliteit en toenemende kans op blauwalg en botulisme (zie Figuur 18); door afkoeling van het oppervlaktewater en doorstroming met TEO kan de waterkwaliteit verbeterd worden; dit draagt bij aan beperking van hittestress en toenemende leefbaarheid in Schothorst;
- 7 wateroverlast en hittestress in het algemeen; dit wordt o.a. veroorzaakt door verharding van het gebied; er ligt een meekoppelkans bij de aanleg van de aansluiting tussen warmtenet en woning door tegelijkertijd vergroening en/of open verharding van de voortuin.

De totale kosten van gecombineerde beheersmaatregelen voor klimaatadaptatie en de aanleg van TEO zijn lager dan van een separate uitvoering. Hierbij kunnen maatregelen/aanleg gelijktijdig parallel plaats vinden. Ook kan het serieel worden uitgevoerd, waarbij bij de werkzaamheden rekening wordt gehouden met de toekomstige aanleg van de meekoppeling.

De meervoudige aanpak vraagt wel om een integrale visie van de belanghebbenden (bewoners, gemeente, waterschap, warmtebedrijf). Hiermee wordt het ook mogelijk om geldstromen, eigen bijdrage en subsidies te combineren (blended finance), waarmee maatregelen voor klimaatadaptatie en de aanleg van TEO interessanter worden. Het advies voor het vervolg is dan ook om tot een samenwerkingsvorm te komen waarbinnen deze kansen nader uitgewerkt kunnen worden. Hiermee wordt tevens draagkracht gecreëerd bij belanghebbenden voor het aansluiten op een collectief warmtenet met als bron het TEO-systeem.

Business case integrale aanpak TEO en klimaatadaptatie

Het delen van de kosten bij een integrale aanpak van TEO en klimaatadaptatie moet onder andere gezocht worden in de vermeden kosten voor het opbreken van de straat, graafwerkzaamheden, herbestrating van klinkers en herbestrating van asfalt bij de aanleg van een warmtenet. In het geval van het aanleggen van greppels, wadi's of open waterkanalen zijn er graafwerkzaamheden benodigd. In het geval bij het aanleggen van holle wegen of open goten zal de straat opengebrouwen en herbestraat moeten worden. In het geval waarbij tegels eruit gaan en groen erin, is er geen herbestrating nodig. Het opbreken en de herbestrating van asfalt is verreweg de meest kostenbesparende maatregel, omdat asfalteren relatief duur is in vergelijking met het herplaatsen van klinkers. Echter in Schothorst is het aandeel asfalt in de wijk

relatief laag en de wegen waar asfalt aanwezig is hoeven niet in alle gevallen opengebroken te worden voor een warmtenet. In Tabel 13 zijn de vermeden kosten bij een integrale aanpak TEO en klimaatadaptatie weergegeven. In de huidige verkenningsfase van de studie moet rekening gehouden worden met enige onzekerheid in de gepresenteerde getallen. Met de huidige aannamen zijn de totale vermeden kosten geschat op € 580.000.

Tabel 13 | Vermeden kosten warmtenet bij integrale aanpak TEO en klimaatadaptatie.

parameter	kosten [€/m ²]	kosten warmtenet ⁹ [€]	vermeden kosten [€]
opbreken klinkers	5	100.000	50.000 ¹⁰
opbreken en afvoeren asfalt	75	170.000	85.000 ¹⁰
graafwerkzaamheden	40	900.000	45.000 ¹¹
herbestrating klinkers	20	400.000	200.000
herstel asfalt	140	310.000	155.000
totaal		1.880.000	580.000

Daarnaast kunnen er vermeden kosten zijn in een bijdrage van het waterschap voor een TEO-systeem, omdat dit op de lange termijn voor kostenbesparende effecten kan leiden. Als afkoeling en doorstroming van het water zorgt voor minder blauwalg kan er worden bespaard op vormen van blauwalgbestrijding zoals baggeren, actief biologisch beheer, andere vorm van actieve doorstroming (bijv. d.m.v. gemaal), luchtmenginstallaties, behandeling met waterstofperoxide. Deze kosten kunnen al snel oplopen tot 50.000 euro per jaar. Het wordt aangenomen in de huidige studie dat het waterschap een bijdrage van 200.000 euro (vier jaar maatregelen) wil leveren bij de aanleg van een TEO-systeem in Schothorst. Deze kosten zijn indicatief noch door het waterschap aangeleverd noch door het waterschap bevestigd.

In Tabel 14 zijn de vermeden kosten en het effect op het projectrendement en de benodigde BAK/subsidie weergegeven. Bij de aangenomen vermeden kosten door integrale aanpak TEO en klimaatadaptatie zou de BAK 650 euro per woning lager uit kunnen vallen.

Tabel 14 | Gevoeligheidsanalyse op vermeden kosten bij aanleg van het warmtenet in combinatie met klimaatadaptatie en aanleg van een TEO-systeem in combinatie met klimaatadaptatie.

parameter	eenheid	base case	warmtenet	waterschap	warmtenet + waterschap
vermeden kosten	M€	-	0,58	0,20	0,78
projectrendement (IRR)	%	2,37	2,61	2,45	2,70
benodigde BAK/subsidie voor 6% IRR	€/aansluiting	5.100	4.600	4.900	4.450
	M€	7,8	7,0	7,5	6,8

⁹ Bij de kosten van het warmtenet is voor klinkers/asfalt de verhouding 90/10 aangenomen. In een verdiepingfase bij de dimensionering en ontwerp van het warmtenet dient de verhouding gedetailleerder uitgezocht te worden. Deze hangt sterk samen met de locatie van het warmtenet.

¹⁰ Voor de vermeden kosten bij integrale aanpak TEO en klimaatadaptatie is een verdeling van 50/50 aangenomen. In een verdiepingfase dient afgestemd te worden met de belanghebbenden of deze verdeling acceptabel is.

¹¹ Voor de graafwerkzaamheden is aangenomen dat 10% van alle graafwerkzaamheden gecombineerd kan worden met de aanleg van klimaatadaptatieve maatregelen waarbij graafwerkzaamheden benodigd zijn. Deze vermeden kosten post zou kunnen toenemen indien vervangingswerkzaamheden van de riolering kan worden gecombineerd met de aanleg van een warmtenet.

4 Organisatorisch en juridisch kader

4.1 STAKEHOLDERS

Identificeren potentiële partners en indirecte stakeholders:

- Private en/of publieke afnemers van warmte in Schothorst (particulieren, woningcorporaties):
Het is belangrijk dat de manier en inpassing van warmtelevering overeenkomt met de wensen, eisen en mogelijkheden van de gebouweigenaren. Kwaliteit en betrouwbaarheid tegen een zo laag mogelijke prijs is belangrijk.
- Warmteleverancier (al dan niet gesplitst in producent, netwerkbedrijf en leverancier):
Ontwikkelen, aanbieden en leveren van warmte en koude en ontwikkelen en beheren van netwerk. Het leveren van warmte moet aansluiten bij de nationale energie- en klimaatdoelen. Het hangt van het organisatorisch kader in hoeverre de leverancier een commercieel belang heeft.
- Aannemers/installateurs:
Levering, installatie, onderhoud en beheer van installaties.
- Waterschap Vallei en Veluwe:
Waterschap Vallei en Veluwe is verantwoordelijk voor het kwalitatieve en kwantitatieve beheer van het regionale oppervlaktewater rondom Schothorst. Voor het brengen van water in of het onttrekken van water uit een oppervlaktewaterlichaam is het waterschap bevoegd gezag voor vergunningverlening. Daarnaast is het waterschap bevoegd gezag van onder andere de primaire- en regionale waterkeringen. Het waterschap heeft belang bij schoon, voldoende en veilig water. TEO kan bijdragen aan het beleidsdoel “Energie en klimaat” om de energievoorziening in 2050 volledig duurzaam te laten zijn.
- Provincie Utrecht:
De gedeputeerde staten van de provincie Utrecht is volgens artikel 6.4 van de Waterwet bevoegd gezag voor grondwateronttrekkingen en infiltraties ten behoeve van bodemenergiesystemen, zoals warmte- en koude opslagsystemen. TEO kan bijdragen aan het beleidsdoel “Energie en klimaat” om de energievoorziening in 2050 volledig duurzaam te laten zijn.
- Gemeente Amersfoort:
De gemeente Amersfoort is eigenaar en bevoegd gezag van de openbare ruimte en heeft daarom belang bij gebiedsontwikkeling en de leefbaarheid in de wijk. Bij de realisatie van het project zijn voorzieningen in de openbare ruimte nodig (kabels, leidingen, inlaat en uitlaatwerk en bronnen), waar de gemeente bevoegd gezag is. In de Energieagenda heeft de gemeente de rol gekregen van regisseur van de warmtetransitie. TEO kan bijdragen aan lokale energie en klimaat beleidsdoelen, zoals het realiseren van aardgasvrije wijken (Green Deal Aardgasvrije wijken).
- Ministeries (I&W en EZK):
TEO kan bijdragen aan de beleidsdoelen voor Klimaat en Energie.
- Financier:
Om een WKO en TEO project met een collectief warmtenet van de grond te krijgen is een financiering noodzakelijk. Dit kan door een bancaire lening aan te gaan. Daarnaast kunnen initiatiefnemers eigen vermogen in het project stoppen. Het vereiste rendement en de haalbaarheid van een project hangt samen met het risico dat de financier loopt.
- Adviseurs:
Om de haalbaarheid en risico's inzichtelijk te maken zijn adviseurs nodig op het gebied van technisch, organisatorisch, financieel, juridisch en ecologisch gebied.
- Belangenorganisaties (Milieu, natuur, etc.):

Belangenorganisaties zullen hun specifieke belangen beschermen. Het is daarom van belang dat dergelijke organisaties worden betrokken en geïnformeerd om de haalbaarheid van TEO te vergroten. TEO kan bijdragen aan duurzaamheid en het in balans houden van milieu en natuur.

4.2 VERGUNNINGEN

- M.e.r.-beoordelingsplicht:
De formele m.e.r.-beoordeling richt zich op de vraag of op grond van kenmerken van activiteit, plaats, samenhang met andere activiteiten en milieueffecten een uitgebreide m.e.r.-procedure noodzakelijk is of dat met een “reguliere” vergunningsprocedure Waterwet kan worden volstaan (bevoegd gezag: provincie Utrecht).
- Vergunning Waterwet (open bodemenergiesysteem):
Voor onttrekken en retourneren van grondwater (bevoegd gezag: provincie Utrecht);
- Vergunning, zorgplicht en/of meldplicht Waterwet (oppervlaktewatersysteem):
Voor onttrekken en terugbrengen van oppervlaktewater (bevoegd gezag: Waterschap Vallei en Veluwe).
Aanleg WKO en/of TEO in primaire waterkering of beschermingszone (bevoegd gezag: Waterschap Vallei en Veluwe).
- Lozingen:
Lozing van grondwater bij realisatie en onderhoud van de bronnen (bevoegd gezag: gemeente Amersfoort/Waterschap Vallei en Veluwe).
- Werkwater:
Tijdens het boren van de grondwaterbronnen dient in het boorgat een overdruk te worden gecreëerd t.o.v. maaiveld, waardoor het boorgat in stand blijft, d.m.v. inpompen van werkwater (drinkwater of grondwater) (bevoegd gezag: drinkwaterbedrijf Vitens).
- Omgevingsvergunning/vergunning kabels leidingen:
Voor het plaatsen van kabels en leidingen in de openbare ruimte is een vergunning vereist. In de aanvraag dient middels maatvoering het exacte tracé aangegeven te worden (gemeente Amersfoort).

5 TEO en het vervolg

5.1 VOLLOOPSCENARIO IN SCHOTHORST

TEO

Om heel Schothorst aan te sluiten op WKO en TEO is er ongeveer een factor 4 van het huidig berekende debiet (490 m³/h) aan oppervlaktewater benodigd. Dit komt neer op circa 2.000 m³/h (560 l/s). Uit de berekening van het waterschap is gebleken dat er een maximale capaciteit van 900 l/s afgevoerd zou kunnen worden door de watergangen in Schothorst. Het Valleikanaal voert gemiddeld 4.700 l/s aan in de zomermaanden. Dit betekent dat er nog genoeg marge aanwezig is om heel Schothorst te voorzien van energie uit oppervlaktewater.

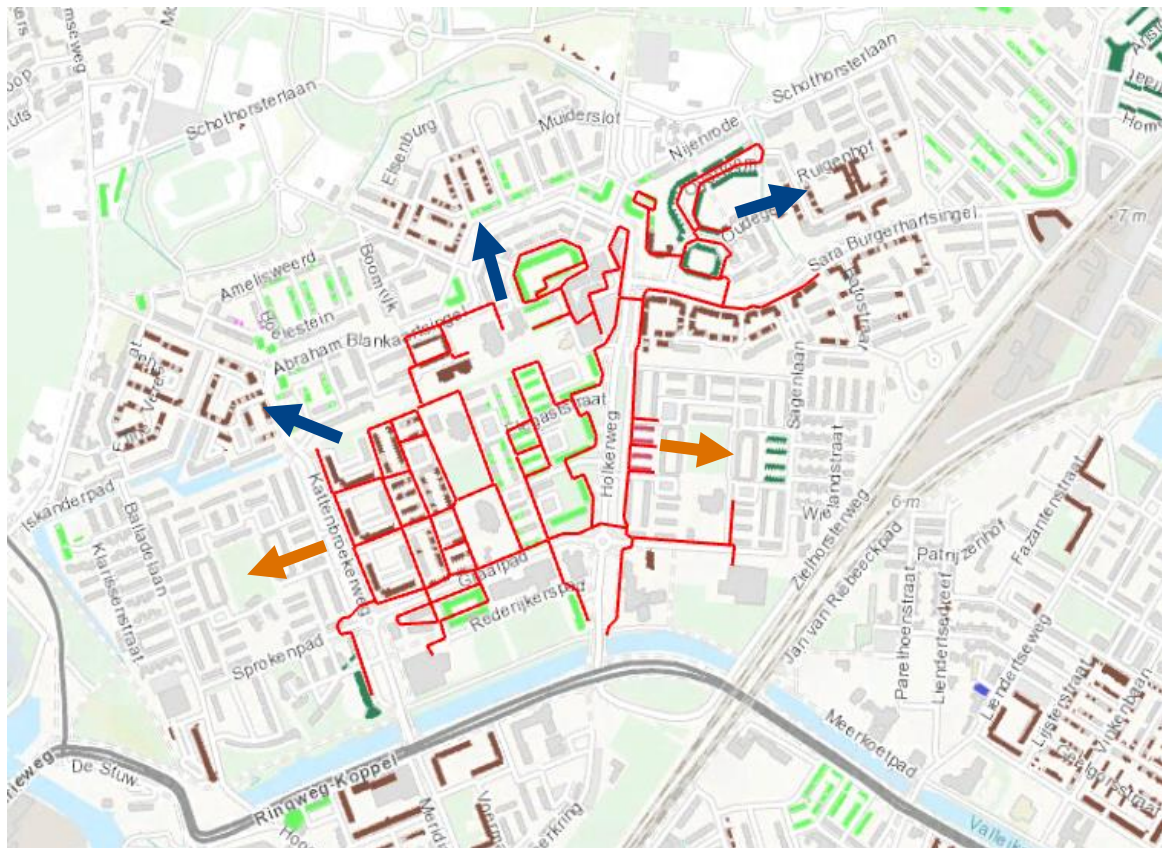
Daarnaast kan er ook gekozen worden om een deel van het afgekoelde oppervlaktewater niet in de watergangen van Schothorst te lozen, maar direct terug op het Valleikanaal. Doordat het Valleikanaal een significante stroming heeft zal er nagenoeg geen interferentie tussen onttrekking en lozing plaatsvinden. Een regelsysteem kan er voor zorgen dat er makkelijk geschakeld kan worden tussen lozing op Valleikanaal of in de watergangen van Schothorst. Bij hevige regenval kan er voor gekozen worden om juist te lozen op het Valleikanaal of het systeem tijdelijk uit te schakelen.

Warmtenet

Volgens het regeerakkoord moeten alle Nederlandse woningen energieneutraal en aardgasvrij zijn in 2050. De gemeente Amersfoort streeft ernaar om in 2030 CO₂-neutraal te zijn. Voor heel Schothorst (ca. 5.500 aansluitingen) zou dit betekenen dat er gemiddeld circa 500 aansluitingen per jaar van het aardgas worden afgesloten en op een warmtenet worden aangesloten.

Voor de 1^e fase die is beschreven in paragraaf 2.2 betekent het dat er circa 3 jaar nodig is om deze eerste 1.527 aansluitingen van het aardgas te halen en aan te sluiten op een warmtenet. De richting voor het uitbreiden van het warmtenet kan van meerdere factoren afhangen, zoals: vervanging gasnet, vervanging riolering, aanwezigheid woningcorporatiebezit, aanwezigheid gestapelde woningen, aanwezigheid utiliteit, warmtevraag, koppeling met klimaatadaptieve maatregelen en aanwezigheid warmtebron. In het geval van Schothorst is juist begonnen bij de buurt met het hoogste aantal corporatiebezit, aantal utiliteit en aantal gestapelde woningen. In Figuur 17 is te zien dat het merendeel van het overige gedeelte van Schothorst voornamelijk uit rijwoningen bestaat. In Figuur 8 is het indicatieve warmtenet geprojecteerd op de kaart van Schothorst met woningcorporatiebezit. Een scenario waarbij er wordt uitgebreid richting corporatiebezit (blauwe pijlen) zou denkbaar zijn.

Een uitbreiding richting de buurten Vuurtoren of Koperhorst (oranje pijlen) is een ander scenario. De buurten in Schothorst-Zuid zijn namelijk ouder dan de buurten in Schothorst-Noord. Hierdoor zal de energiedichtheid en warmtevraag in Zuid groter zijn en dus een positiever effect op de business case hebben ervan uitgaande dat er geen energiebesparing voorzieningen nodig zijn. Een ander denkbaar scenario is de koppeling met een open warmtenet in een ander deel van Amersfoort. Dan zou het logisch zijn om als eerste in die richting aan te sluiten.



Figuur 8 | Amersfoort Schothorst met corporatiebezit (bruin = De Alliantie, lichtgroen = Portaal, donkergroen = Omnia Wonen, rood = Mooiland). Een indicatief warmtenet (rode lijnen) voor een 1^e fase met circa 1.500 woningen is weergegeven. Blauwe pijlen geven volloopsenario warmtenet aan.

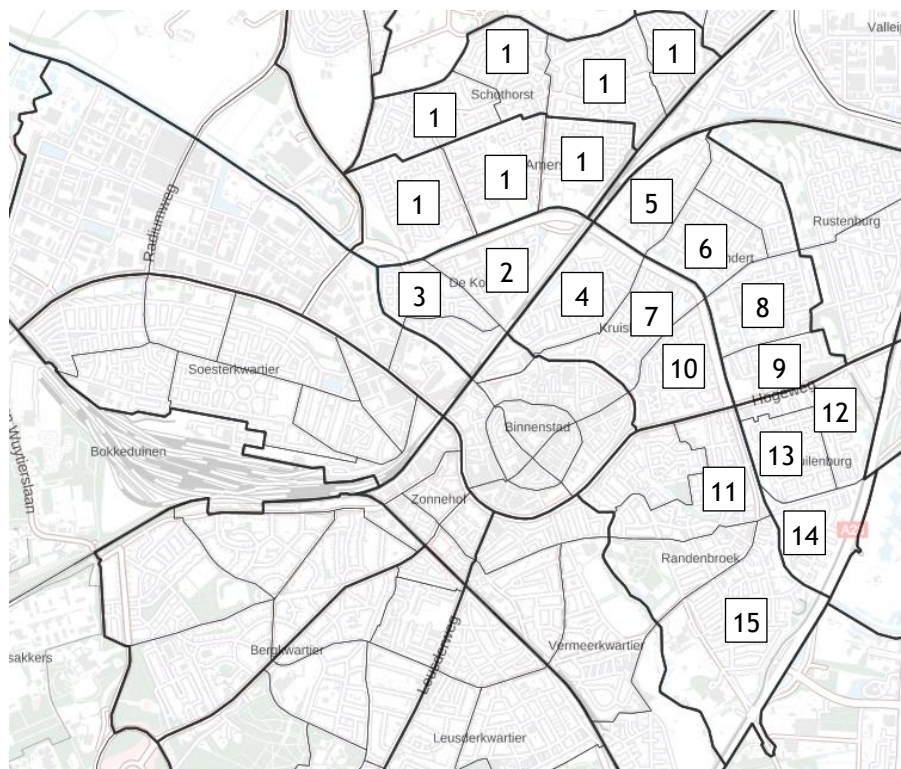
5.2 TOEPASSING TEO IN ANDERE BUURTEN VAN AMERSFOORT

Het Vallekanaal bevat in potentie meer energie dan alleen benodigd is voor Schothorst. De hoeveelheid bruikbare energie wordt beperkt door de mate van afkoeling van het oppervlaktewater bij het lozen van het afgekoelde oppervlaktewater. In Tabel 15 en Figuur 9 zijn de buurten weergegeven die aan het Vallekanaal grenzen in Amersfoort. De nummers zijn niet in volgorde van stromingsrichting van het Vallekanaal, maar zijn puur bedoeld ter indicatie van het potentieel. Het Vallekanaal voert gemiddeld bijna 17.000 m³/h aan. Het gemiddelde is gebaseerd op een bruikbare temperatuur voor TEO. De 15 wijken en buurten vragen een TEO-debiet van circa 5.500 m³/h. De gemiddelde afkoeling van het water zal hierdoor ongeveer 2 °C zijn bij het uitgangspunt van een aanvoertemperatuur van 20 °C en een ΔT in het TEO-systeem van 6 °C. Dit betekent dat er voldoende potentieel in het Vallekanaal zit om de omliggende wijken van warmte te kunnen voorzien.

De aanvullende technische, financiële en juridische haalbaarheid zal verder onderzocht moeten worden. Bij een verlaging van de onttrekkingstemperatuur zal het rendement van de totale warmteopwekking ook lager worden, omdat er met een lagere temperatuur warmte in de WKO wordt opgeslagen. De exacte uitwerking is in dit stadium te gedetailleerd om nu verder te onderzoeken.

Tabel 15 | Gasverbruik, huishoudens, benodigd debiet en effect op de temperatuur oppervlaktewater voor de buurten in Amersfoort die aan het Valleikanaal liggen. In de berekening en aanname van Schothorst zit ook utiliteit. In de overige buurten zijn alleen huishoudens meegenomen. Bron: WarmteAtlas. Geraadpleegd op 28 december 2018, van <http://rvo.b3p.nl/viewer/app/Warmteatlas/v2>.

nr.	wijk-/buurtnaam	gasverbruik [GJ]	aantal huishoudens	debiet TEO [m ³ /h]	T_onttrekking [°C]	T_lozing [°C]
1	Schothorst	200.000	5424	2000	20	19,3
2	Meridiaan	15.000	615	150	19,3	19,2
3	Jericho en Jeruzalem	13.000	335	130	19,2	19,2
4	Evertsenstraat	33.000	1030	330	19,2	19,1
5	Liendertsedreef	17.000	360	170	19,1	19,0
6	Vinkenbaan	27.000	790	270	19,0	18,9
7	Neptunusplein	30.000	965	300	18,9	18,8
8	Albatrosstraat	27.000	880	270	18,8	18,7
9	Zwaluwenstraat	16.000	510	160	18,7	18,7
10	Columbusweg	28.000	885	280	18,7	18,6
11	Randenbroekerweg	39.000	980	390	18,6	18,4
12	Ariaweg	17.000	675	170	18,4	18,4
13	Romeostraat	28.000	675	280	18,4	18,3
14	Verdiweg	28.000	625	280	18,3	18,2
15	Weberstraat	33.000	895	330	18,2	18,0
Totaal		551.000	15.644	5.510	-	-



Figuur 9 | Buurten in Amersfoort die aan het Valleikanaal grenzen. De nummers corresponderen met de nummers in Tabel 15.

5.3 OPSTELLEN INTENTIEOVEREENKOMST

Om een TEO-project te realiseren is de betrokkenheid van meerdere partijen vaak noodzakelijk. In een latere fase kunnen namelijk beslissingen noodzakelijk zijn die meerdere partijen aangaan. In de verkenningsfase worden key stakeholders betrokken bij het proces en wordt onderzocht hoe deze partijen aankijken tegen het initiatief. Van belang is om gezamenlijk standpunten en belangen te verkennen en tot een gemeenschappelijk beeld te komen. Daarbij moet ook ruimte zijn voor individuele belangen van partijen. Er kan frictie ontstaan op deze individuele belangen (belangen van een producent kunnen bijv. tegengesteld zijn aan die van een leverancier), maar het is goed om deze vroeg in het proces te adresseren.

Om de snelheid in het proces te houden is het belangrijk om in deze fase met betrokken partijen te bespreken en vast te stellen wie proceseigenaar(en) is (zijn), in welke fase(n) en welke proces- en resultaatverantwoordelijkheid elk van de betrokken partijen op zich neemt. Dat betreft niet alleen rollen en verantwoordelijkheden in het proces, maar ook hoe proceskosten (bijv. inhuren van adviseurs) worden verdeeld. In deze fase kan tevens een neutrale 'spelleider' of procesbegeleider worden aangesteld om het vervolproces op een open en transparante wijze te doorlopen.

Een intentieovereenkomst kan een belangrijke houvast zijn voor partijen om vervolgacties te nemen, maar het blijft een vrijblijvende overeenkomst. Zorg ervoor dat de overeenkomst ook dusdanig is opgebouwd en dat het voldoende experimenteerruimte biedt. Voorkomen moet worden dat het proces gejuridiseerd wordt.

Juiste timing is van belang; als er sprake is van gebiedsontwikkeling ligt daar vaak een planning van een ontwikkelaar aan ten grondslag. Het inpassen van een TEO ontwikkeling kan dan moeilijk in te passen zijn en op weerstand stuiten. Wees hier op voorbereid en wees hier realistisch in. Zorg in dat geval dat er op bestuurlijk niveau draagvlak is om TEO in het gebied te realiseren.

Indien het project aansluiting van woningen op TEO betreft, denk dan in deze fase ook reeds na over een communicatiestrategie.

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 CONCLUSIE

Uit de huidige studie blijkt dat collectieve WKO en TEO technisch, financieel en juridisch haalbaar is. Het systeem is goedkoper en duurzamer dan individuele gasketels over een projectlooptijd van 30 jaar.

Technisch

- Op de onderzochte locatie is WKO en TEO technisch en energetisch haalbaar om het volledige gebied van warmte te voorzien.
- Het potentieel in de bodem en het oppervlaktewater is voldoende voor een 1^e fase in Schothorst.

Financieel

- De terugverdientijd t.o.v. van de referentie individuele gasketels is ligt tussen de 13 - 20 jaar.
- De terugverdientijd t.o.v. van een all-electric variant met lucht-/waterwarmtepomp is 7 jaar.
- De total cost of ownership van WKO en TEO over 30 jaar voor deze 1^e fase is meer dan M€ 8,4 lager dan de referentie individuele gasketels, en M€ 7,2 lager dan de all-electric variant.
- Om de onderzochte varianten (WKO en TEO en de referentie) haalbaar te maken is een BAK en/of andere subsidie nodig. De hoogte van deze BAK en/of subsidie en de mate van haalbaarheid is

afhankelijk van het vereiste projectrendement. Bij een projectrendement van 6,0% is 5.100 €/aansluiting nodig zonder integrale aanpak met klimaatadaptatie.

- Met integrale aanpak klimaatadaptatie is een verlaging van 1.000 €/aansluiting naar 4.100 €/aansluiting mogelijk.

Maatschappelijk

- WKO + TEO is duurzamer dan de referentie individuele gasketels.
- De primaire energiehoeveelheid is ca. 30% lager bij collectieve WKO + TEO.
- De CO₂-emissie van WKO + TEO is meer dan 30% lager dan de referentie met individuele gasketels. Bij duurzame energieopwekking kan de CO₂ naar 0 gereduceerd worden.
- Warmte emissie is 38.600 GJ_{th} lager met WKO + TEO.

Financieel vs. maatschappelijk

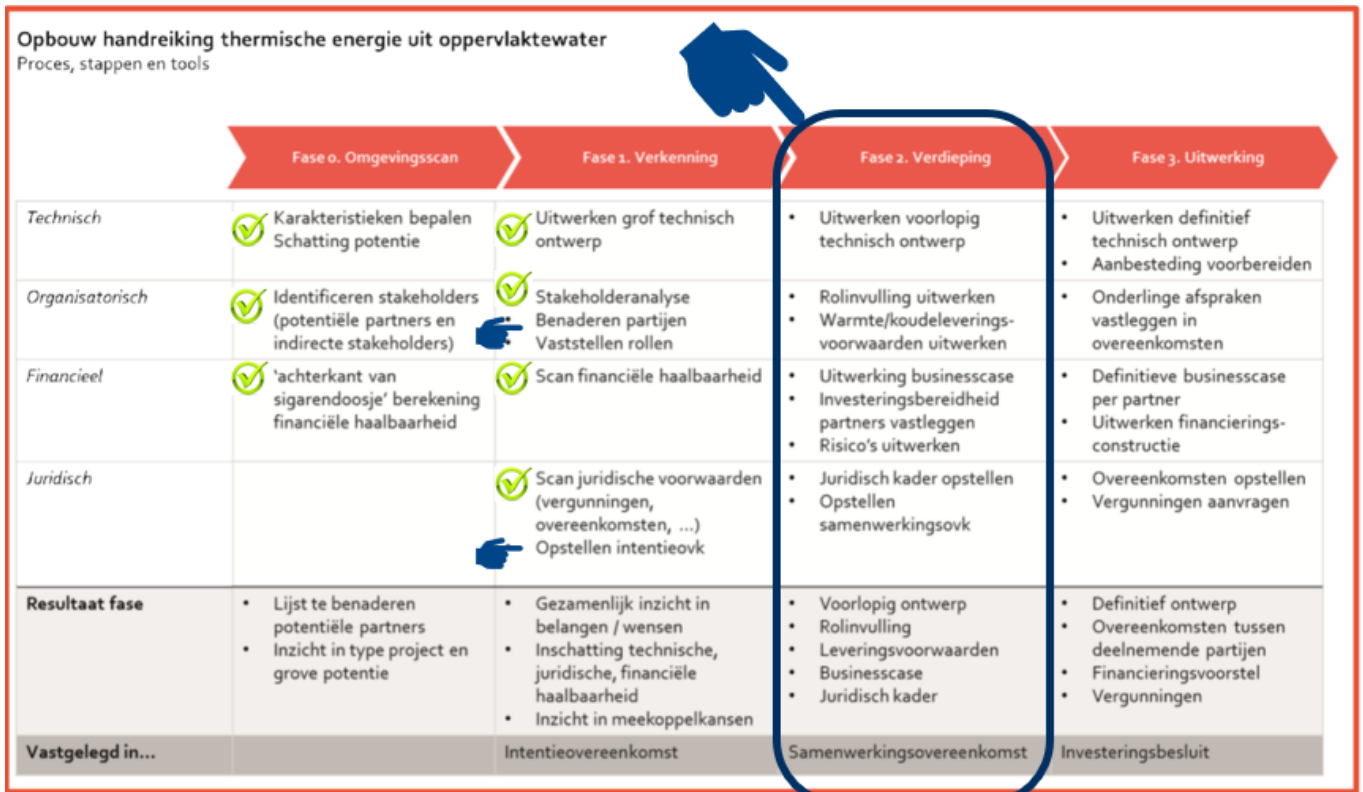
- Een helder inzicht in maatschappelijke baten kan een belangrijke rol spelen om de bereidheid te vergroten van bijv. een publieke organisatie om financieel bij te dragen. Bijv. een waterschap als TEO de waterkwaliteit verbetert.
- Meekoppelkansen moeten worden uitgezocht om klimaat adaptieve maatregelen te kunnen combineren met de aanleg van TEO-infrastructuur.

6.2 AANBEVELINGEN

Na de huidige haalbaarheidsstudie kunnen fase 0 en fase 1 uit de TEO handreiking grotendeels afgevinkt worden (zie Figuur 10). Om de huidige studie een vervolg te geven worden de volgende stappen in het proces aanbevolen:

- stakeholders benaderen en afronden fase 1 TEO handreiking;
- vorming stakeholderskernteam voor het verder uitwerken van het warmtebedrijf en de meekoppelkansen voor klimaatadaptatie;
- opstellen intentieovereenkomst;
- rolverdeling bepalen;
- opstarten fase 2 en fase 3 TEO handreiking;
- herberekingen met warmtetarieven 2019: de warmtetarieven zijn gestegen in 2019 gestegen t.o.v. 2018. Voor een update van de business case naar prijspeil 2019 wordt een herberekening aanbevolen.

Om fase 2 te kunnen starten is het verstandig om snel de stakeholders te informeren en te betrekken, zodat vergunningen aanvraag in fase 3 opgestart kan worden. Ervaring leert dat in het vergunningen traject vertraging kan ontstaan.



Figuur 10 | TEO handreiking. Volgende stap in het proces is het benaderen van stakeholders en opstellen intentieovereenkomst.

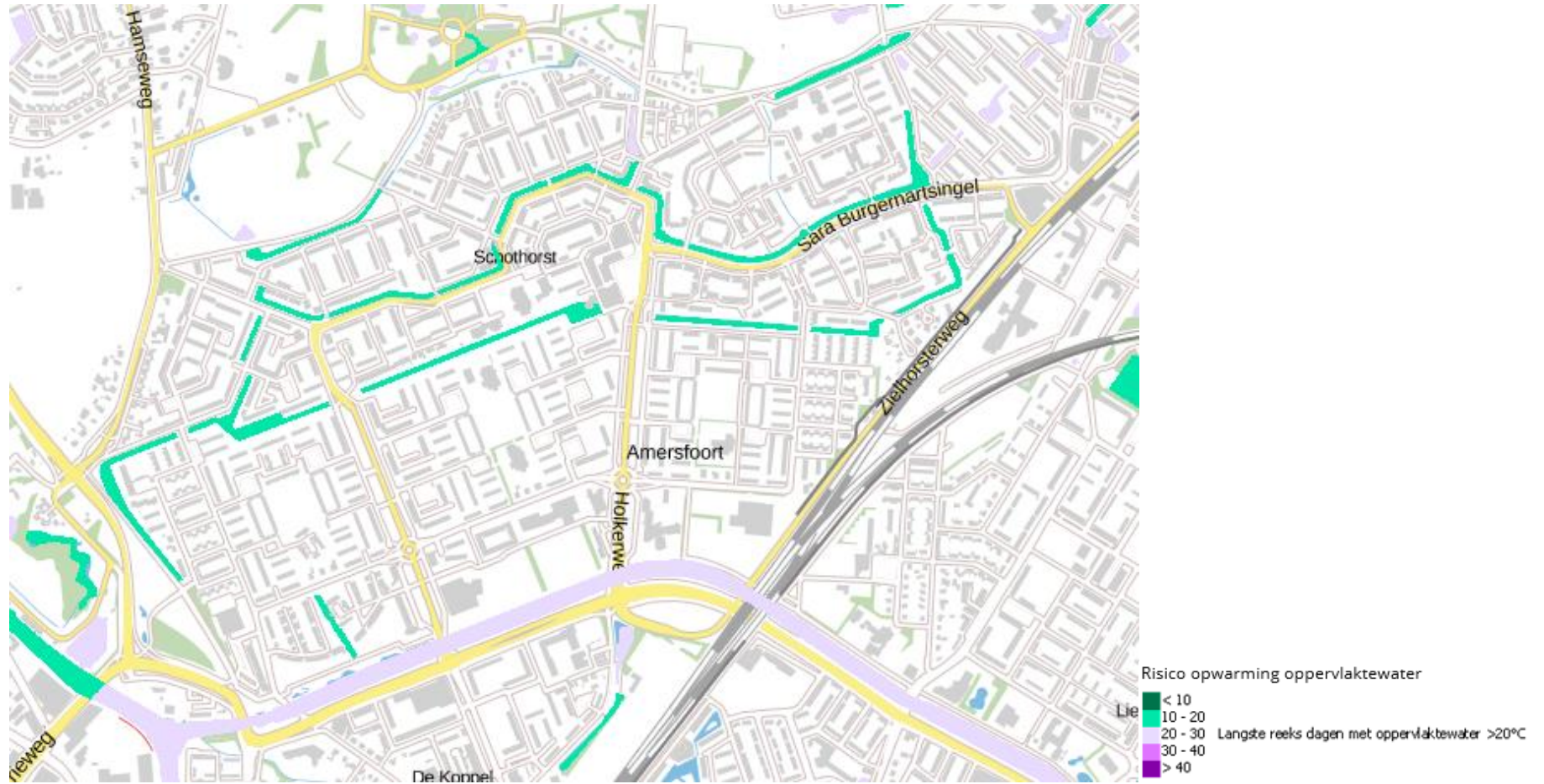
7 Bijlagen



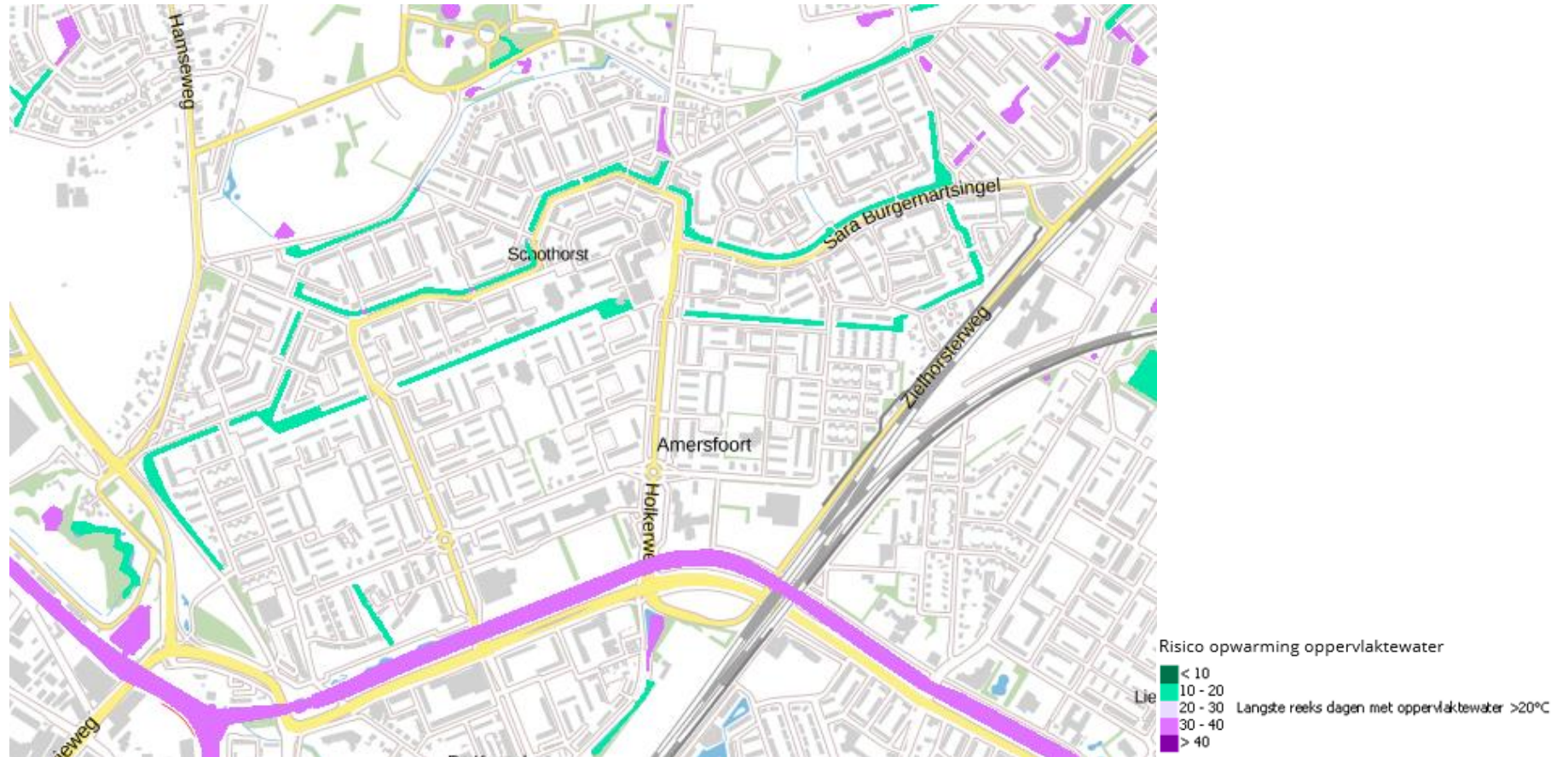
Figuur 11 | Gemiddeld gasverbruik per woning in de wijk Schothorst. Bron: WarmteAtlas. Geraadpleegd op 28 december 2018, van <http://rvo.b3p.nl/viewer/app/Warmteatlas/v2>.



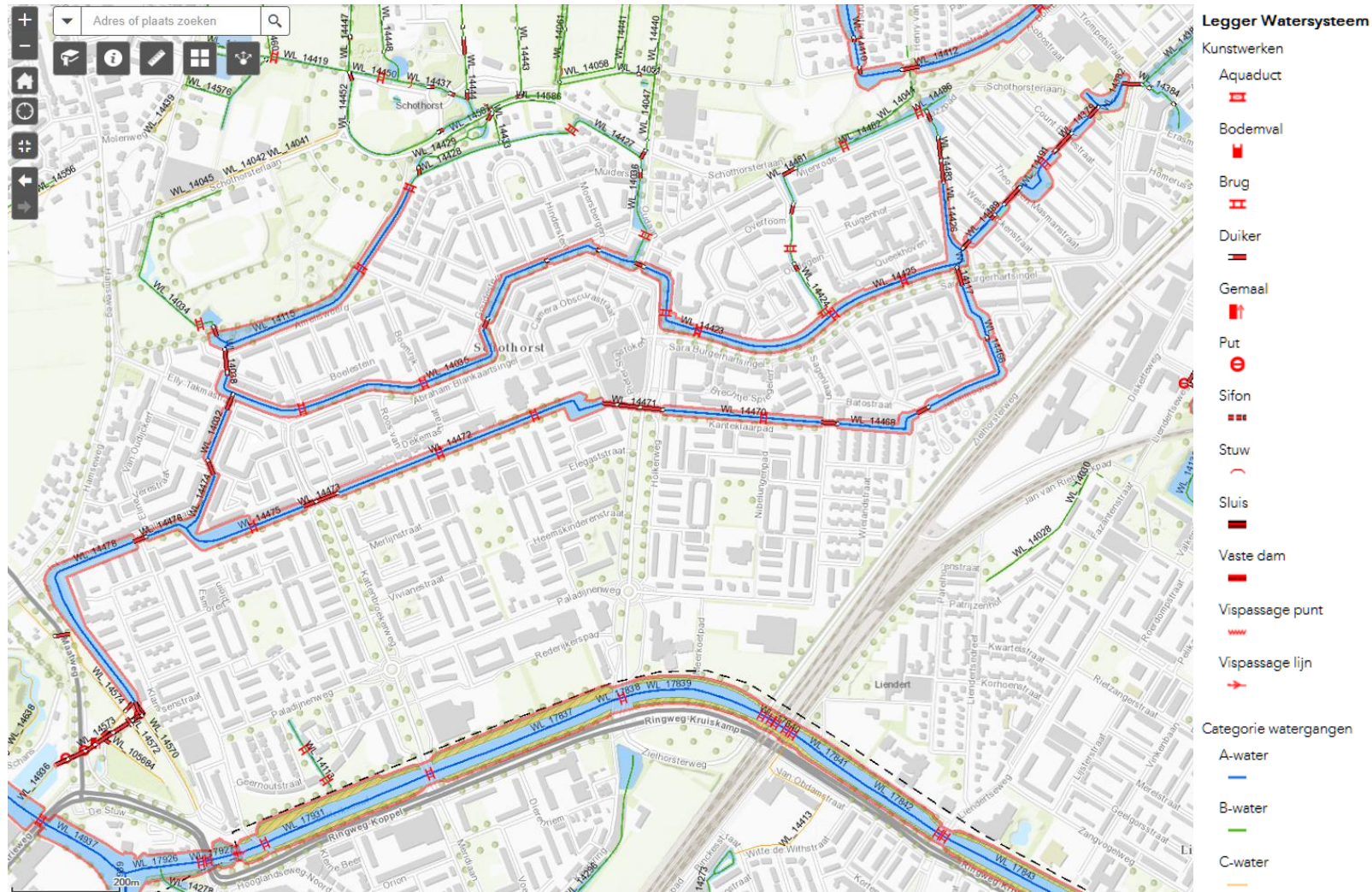
Figuur 12 | Gemiddeld gasverbruik per bedrijfsoppervlakte in de wijk Schothorst. Bron: WarmteAtlas. Geraadpleegd op 28 december 2018, van <http://rvo.b3p.nl/viewer/app/Warmteatlas/v2>.



Figuur 13 | Risico opwarming oppervlaktewater in de wijk Schothorst (huidig). Bron: Klimateffectatlas. Geraadpleegd op 29 november 2018, van <http://www.klimateffectatlas.nl/>.



Figuur 14 | Risico opwarming oppervlaktewater in de wijk Schothorst (klimaatscenario 2050WH. Bron: Klimateffectatlas. Geraadpleegd op 29 november 2018, van <http://www.klimateffectatlas.nl/nl/>.



Figuur 15 | Oppervlaktewater in de wijk Schotthorst. Bron: Legger Vallei en Veluwe. Geraadpleegd op 28 december 2018, van <https://valleienveluwe.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=fbd987ef32141158061e9bbfaef00f>.







Figuur 16 | Gebouwde omgeving - Voorlopige energielabels in Amersfoort Schothorst. Bron: Energie Transitie Atlas. Geraadpleegd op 29 november 2018, van <http://data.overmorgen.nl/energietransitieamersfoort>.






Figuur 17 | Gebouwde omgeving - Gebouwde omgeving - Pand- en woningtypen in Amersfoort Schothorst. Bron: Energie Transitie Atlas. Geraadpleegd op 28 december 2018, van <http://data.overmorgen.nl/energietransitieamersfoort>.


Tabel 16 | Klimaatadaptatie meekoppelkansen.

Klimaatadaptatie koppelingen					
maatregel	koppeling TEO	effecten	meervoudigheid	nr. in Figuur 18 t/m Figuur 23	
	infiltratie riool	<ul style="list-style-type: none"> • aanleg leiding tracé, TEO en WKO • aanleg warmtenet • koppeling met rioolvervanging 	Water op de straat <ul style="list-style-type: none"> • afkoppeling lokaal hemelwater gebouwen van afnemers 	<ul style="list-style-type: none"> • straat één keer open • werk met werk maken • blended finance 	1,2
	tegels eruit, open verharding erin.	<ul style="list-style-type: none"> • aanleg leiding tracé, TEO en WKO • aanleg warmtenet • koppeling met rioolvervanging 	Water op de straat <ul style="list-style-type: none"> • infiltratie neerslag Hittestress <ul style="list-style-type: none"> • groen en verdamping • beleving ruimte 	<ul style="list-style-type: none"> • straat één keer open • werk met werk maken 	1,2,3,7
	ontharden en bodem verbeteren: tegels eruit, groen erin	<ul style="list-style-type: none"> • aanleg leiding tracé, TEO en WKO • aanleg warmtenet 	Water op de straat <ul style="list-style-type: none"> • infiltratie neerslag Hittestress <ul style="list-style-type: none"> • groen en verdamping • beleving ruimte 	<ul style="list-style-type: none"> • straat één keer open • werk met werk maken 	3,4,7
	open water kanalen	<ul style="list-style-type: none"> • uitlaat TEO in vijver in vorm van kanaal of kunstwerk 	Water op de straat <ul style="list-style-type: none"> • afkoppeling hemelwater Hittestress <ul style="list-style-type: none"> • groen en verdamping (riet) Waterkwaliteit <ul style="list-style-type: none"> • groter en dieper water • doorstroming en afkoeling 	<ul style="list-style-type: none"> • straat één keer open • blended finance 	1,6

Tabel 16 | Klimaatadaptatie meekoppelkansen (vervolgd).

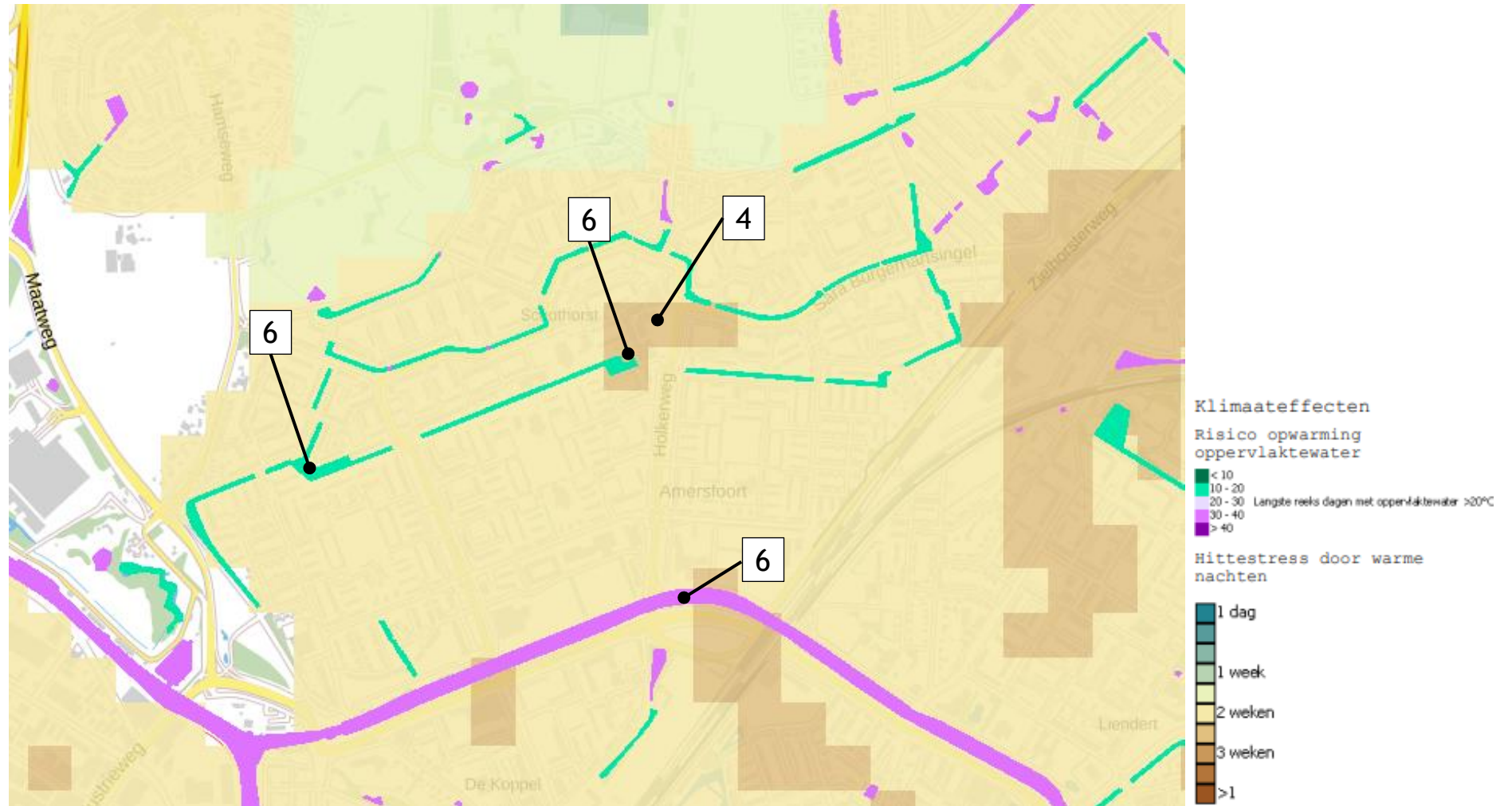
Klimaatadaptatie koppelingen				
maatregel	koppeling TEO	effecten	meervoudigheid	nr. in Figuur 18 t/m Figuur 23
 <p>greppels en natuurvriendelijke wadi's</p>	<ul style="list-style-type: none"> • aanleg leiding tracé, TEO en WKO • aanleg warmtenet • koppeling met rioolvervangning 	<p>Water op de straat</p> <ul style="list-style-type: none"> • afvoer en afkoppeling hemelwater • infiltratie <p>Hittestress</p> <ul style="list-style-type: none"> • groen en verdamping (riet) 	<ul style="list-style-type: none"> • straat één keer open • blended finance 	1
 <p>open goten en holle wegen</p>	<ul style="list-style-type: none"> • aanleg leiding tracé, TEO en WKO • aanleg warmtenet 	<p>Water op de straat</p> <ul style="list-style-type: none"> • afvoer en afkoppeling hemelwater • infiltratie 	<ul style="list-style-type: none"> • straat één keer open • blended finance 	1,2,3,5
 <p>doorstromen en afkoelen oppervlaktewater</p>	<ul style="list-style-type: none"> • warmtewinning TEO en lozen van koude. 	<p>Water op de straat</p> <ul style="list-style-type: none"> • afkoppeling hemelwater <p>Hittestress</p> <ul style="list-style-type: none"> • groen en verdamping (riet) <p>Waterkwaliteit</p> <ul style="list-style-type: none"> • groter en dieper water • doorstroming en afkoeling 	<ul style="list-style-type: none"> • baten waterschap • vermeden kosten • blended finance 	6

Tabel 16 | Klimaatadaptatie meekoppelkansen (vervolgd).

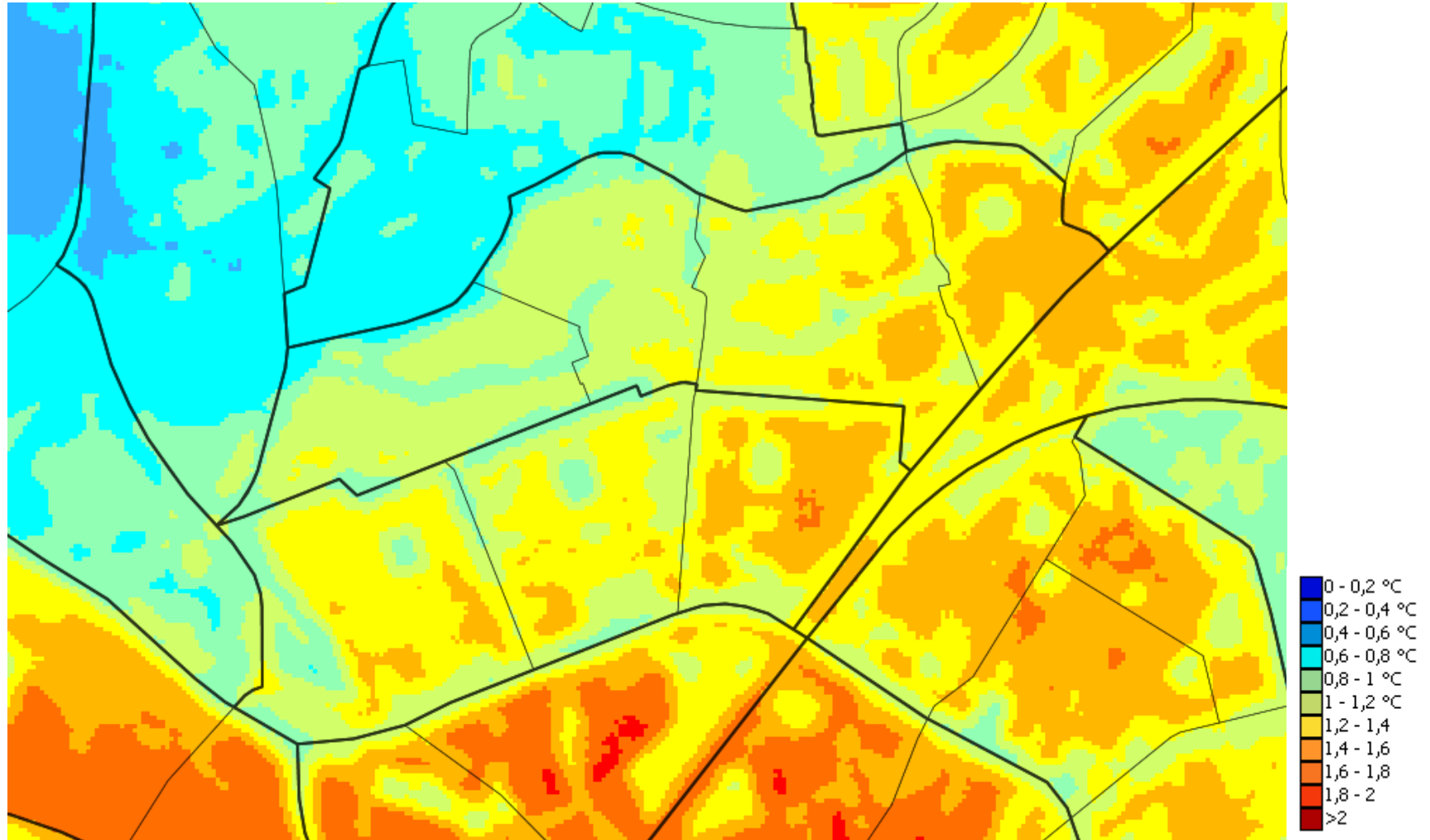
Klimaatadaptatie koppelingen				
maatregel	koppeling TEO	effecten	meervoudigheid	nr. in Figuur 18 t/m Figuur 23
 <p>aanvoer water van buiten het gebied</p>	<ul style="list-style-type: none"> • onttrekking uit kanaal en lozing op de vijver. 	<p>Waterkwaliteit</p> <ul style="list-style-type: none"> • verversing oppervlaktewater • doorstromen <p>hittestress</p> <ul style="list-style-type: none"> • afkoeling 	<ul style="list-style-type: none"> • baten waterschap • vermeden kosten • blended finance 	6

<https://ruimtelijkeadaptatie.nl/hulpmiddelen/groenblauwe-netwerk/>

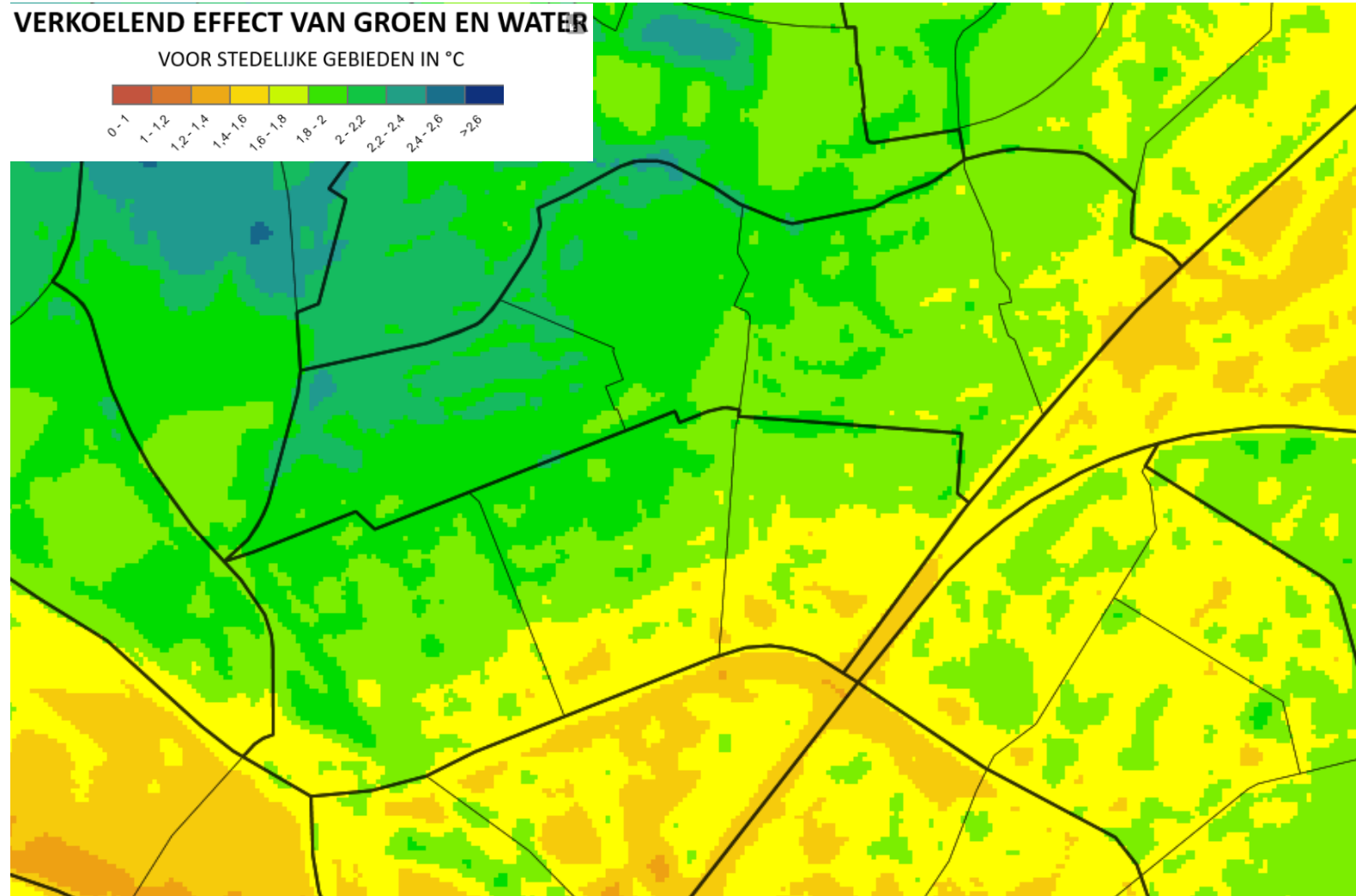
<https://www.urbangreenbluegrids.com/design-tool>



Figuur 18 | Risico opwarming oppervlaktewater en hittestress door warmte nachten in de wijk Schothorst (klimaat scenario 2050WH). De betekenis van de nummers is weergegeven in paragraaf 3.3. Bron: Klimaat effect atlas. Geraadpleegd op 21 december 2018, van <http://www.klimaat effect atlas.nl/>.



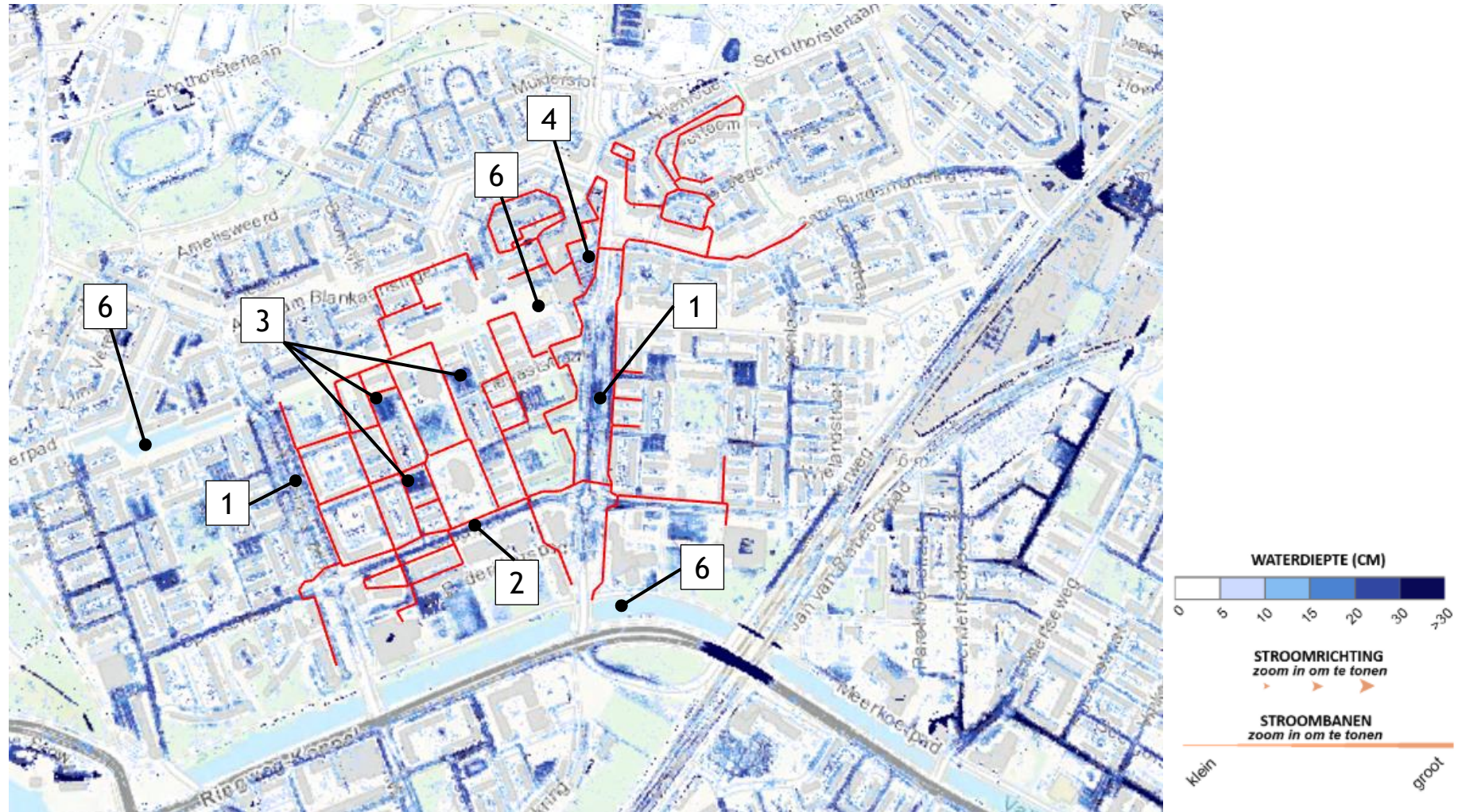
Figuur 19 | Stedelijk hitte eiland effect. Bron: Atlas Natuurlijk Kapitaal. Geraadpleegd op 7 december 2018, van <https://www.atlasnatuurlijkkapitaal.nl/kaarten>.



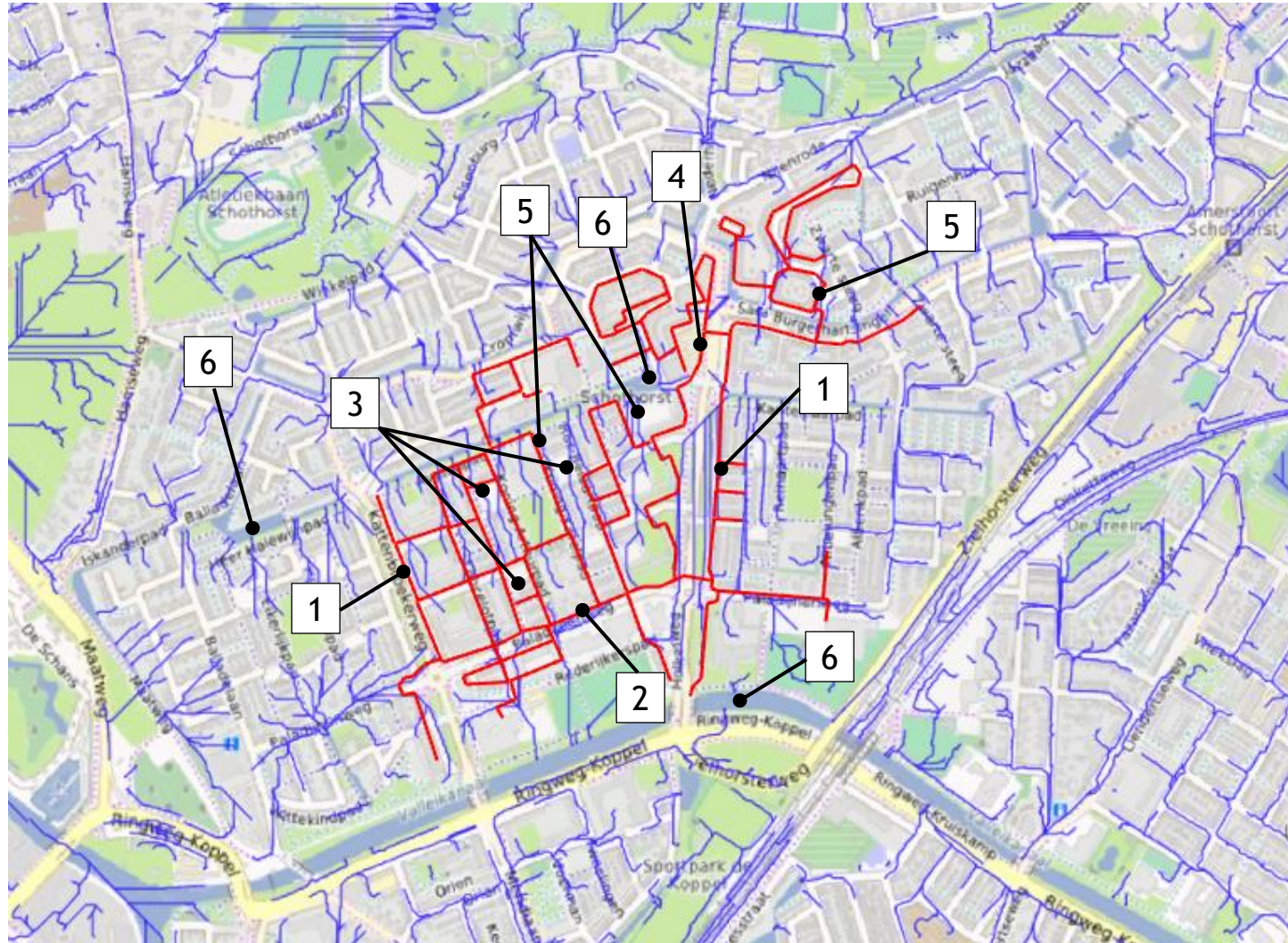
Figuur 20 | Verkoelend effect van groen en water voor stedelijke gebieden. Dit legenda geeft de daling de temperatuur tussen de actueel berekende UHI (urban heat island) en de maximaal berekende UHI af te trekken. Bron: Atlas Natuurlijk Kapitaal. Geraadpleegd op 7 december 2018, van <https://www.atlasnatuurlijkkapitaal.nl/kaarten>.



Figuur 21 | Groenkaart van Nederland. De legenda geeft het percentage groen aan. Bron: Atlas Natuurlijk Kapitaal. De betekenis van de nummers is weergegeven in paragraaf 3.3. Geraadpleegd op 7 december 2018, van <https://www.atlasnatuurlijkkapitaal.nl/kaarten>.



Figuur 22 | Water op straat bij een bui van 74 mm/uur in Schothorst. Deze bui komt eens in de 250 jaar voor. In het rood is een indicatief warmtenet weergegeven. De betekenis van de nummers is weergegeven in paragraaf 3.3. Bron: Klimateffectatlas Vallei en Veluwe. Geraadpleegd op 7 december 2018, van <http://www.klimaatvalleienveluwe.nl>.



Figuur 23 | Stroombanen in Amersfoort Schothorst. De stroombanen (blauw) geven inzicht in waar het water vandaan komt. De stroombanen bieden inzicht in waar mogelijkheden liggen de wateroverlast te voorkomen. In het rood is een indicatief warmtenet weergegeven. De betekenis van de nummers is weergegeven in paragraaf 3.3. Bron: Klimateffectatlas Vallei en Veluwe. De betekenis van de nummers is weergegeven in paragraaf 3.3. Geraadpleegd op 7 december 2018, van <http://www.klimaatvalleienveluwe.nl>.

