

Opleveringsrapport

Opmaak kanskaart riothermie voor Antwerpen

Erwin Cornelis, Leen Van Esch

Studie uitgevoerd in kader van het STEP-UP project:
2014/TEM/R/63

Oktober 2014



VITO NV

Boeretang 200 - 2400 MOL - BELGIE
Tel. + 32 14 33 55 11 - Fax + 32 14 33 55 99
vito@vito.be - www.vito.be

BTW BE-0244.195.916 RPR (Turnhout)
Bank 375-1117354-90 ING
BE34 3751 1173 5490 - BBRUBEBB

The STEP UP project is co-funded by the European Union (www.stepupsmartcities.eu)



The sole responsibility for the content of this report lies with the authors. It does not necessarily reflect the opinion of the European Union. The European Commission is not responsible for any use that may be made of the information contained therein.

Alle rechten, waaronder het auteursrecht, op de informatie vermeld in dit document berusten bij de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek NV ("VITO"), Boeretang 200, BE-2400 Mol, RPR Turnhout BTW BE 0244.195.916. De informatie zoals verstrekt in dit document is vertrouwelijke informatie van VITO. Zonder de voorafgaande schriftelijke toestemming van VITO mag dit document niet worden gereproduceerd of verspreid worden noch geheel of gedeeltelijk gebruikt worden voor het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures, voor reclame of antireclame en ten behoeve van werving in meer algemene zin aangewend worden

VERSPREIDINGSLIJST

Stad Antwerpen:

- Iris Gommeren
- Johan De Herdt
- Sam Verbelen

VITO:

- Erwin Cornelis
- Leen Van Esch
- Dieter Cuypers

SAMENVATTING

Het doel van dit rapport is om aan te geven hoe voor een stad een kanskaart voor riothermieprojecten opgemaakt kan worden. De stad in kwestie is Antwerpen.

Riothermie is een techniek waarbij warmte aan het rioleringsysteem wordt onttrokken en een nuttige toepassing vindt. In de afvalwaterketen zijn er verschillende plaatsen waar warmte onttrokken kan worden; dat kan dicht bij de bron, onderweg in het rioleringsstelsel of op het eind bij de rioolwaterzuiveringsinstallatie. Elk van deze systemen hebben hun voor- en nadelen. Eigenlijk is het in hoofdzaak een afweging tussen temperatuur en debiet: hoe dicht bij het lozingspunt, hoe warmer het afvalwater nog is maar ook hoe kleiner en wisselvalliger het debiet; hoe meer stroomafwaarts, hoe meer het afvalwater al is afgekoeld maar je hebt wel een grotere zekerheid van een minimaal debiet. Er zijn nog andere aspecten die een rol spelen, namelijk de afstand tussen plaats van warmteonttrekking en warmteconsument, de mate waarin neerslag de stroomkarakteristieken kan verstoren en de vuilvracht van het afvalwater.

Dit rapport focust op warmteonttrekking onderweg in het rioleringsstelsel. Bij warmteonttrekking uit de riool ben je zekerder van een minimum constant debiet omdat er afvalwater van diverse bronnen passeert. Daar tegenover staat dat het water al wat is afgekoeld. Bij gemengde rioleringsystemen heb je vermenging van het afvalwater met regenwater. Bij die systemen heb je dus een klimatologische impact: bij regen (in de winter) en nog meer bij dooi komt er plots veel regenwater in de riool en koelt het water fel af. In die omstandigheden wordt de warmteonttrekking verstoord. Bij warmteonttrekking uit de riool is er een grotere afstand tussen bron-warmteconsument dan bij warmteonttrekking aan de bron zelf. De afstand tussen beide is dan ook een belangrijke kritische succesfactor: hoe kleiner hoe beter.

Dit rapport is door deze focus complementair aan andere studies. Twee projecten zijn hierbij relevant:

- Een MIP-haalbaarheidsstudie met als titel “Haalbaarheidsonderzoek naar de economische haalbaarheid van een businessmodel voor valorisering van restwarmte uit rioolwater”, uitgevoerd in 2011-2012
- Het InterReg IV-project INNERS

De MIP-haalbaarheidsstudie had als doel om te weten komen onder welke randvoorwaarden projecten met rioolwarmte commercieel haalbaar worden in Vlaanderen. Concreet onderzochten zij de technische en technologische aspecten; het juridisch kader, juridische belemmering en obstakels en het wegnemen van deze obstakels; en het (markt)potentieel.

INNERS is een lopend InterReg IV-project (zie: <http://inners.eu/>); de acronym staat voor “INNovative Energy Recovery Strategies in the urban water cycle”. Het INNERS-project heeft vijf hoofdactiviteiten: 1) onderzoek naar de meest efficiënte manier voor het terugwinnen en hergebruiken van energie binnen de stedelijke waterkringloop; 2) optimaliseren en demonstreren van het gebruik van thermische energie uit afvalwater; 3) het ontwikkelen, testen en demonstreren van nieuwe technieken voor hergebruik van chemische energie en reductie van operationele energie; 4) het beïnvloeden van belanghebbenden; en 5) het identificeren en adresseren van juridische en organisatorische barrières voor implementatie van innovatieve technieken.

Het INNERS-project voorziet ook in de uitvoering van 12 lokale projecten. Het Belgische project is een demonstratie van riothermie in Leuven. Bij dit demonstratieproject wordt een gedeelte van het rioolwater afgeleid naar een appartementsgebouw, waar een warmtepomp er warmte uit onttrekt.

Dit rapport bespreekt allereerst de bestaande riothermiesystemen, meer specifiek systemen waarbij een warmtewisselaar die in de rioleringsbuis is ingebracht. Deze zijn het Zwitserse Rabtherm (rechtsboven), het Duitse systeem Branderburger (links boven), de kunststofbuis van Frank (rechts onder) en de Belgische-Nederlandse-Duitse Hydrea Thermpipe (links onder). Een alternatief systeem tapt (een deel van het) rioolwater af en leidt het naar een warmtepomp. Dit systeem werd toegepast in het bovenvermelde Belgische demonstratieproject en details ervan worden verstrekt door het INNERS-project.



Deze riothermiesystemen kunnen ingepast worden in rioolbuizen gaande van DN 300 tot DN 1800. Boven deze diameter moet gekeken worden naar andere concepten, bijvoorbeeld het aftappen van rioolwater in een pomput.

	Vorm	Diameter (mm)	Lengte (m)	Debiet (l/s)	Vermogen (kW/m)	Kost (€/m)
Rabtherm	Rond	800 - 1500 ?	9 – 200	>12	1,4 - 8	5.700
Heatliner	Vrij	300 - 800	<50 ?	>8	0,13	500
PKS Thermpipe	Rond	300 - 1800			0,4 - 1,8	
Hydrea	Rond	1000 / 1600	<300		1 / 1,6	2.800 / ?

Uit deze vergelijking komt het Rabtherm-systeem als het meest performante (hoogste kW/m) naar boven, maar ook het duurste. De Branderburger Heatliner is de goedkoopste, maar heeft ook het laagste vermogen. De Hydrea Thermpipe zit er wat tussenin.

Wanneer we riothermiesystemen vergelijken met een boorgatenergieopslag-systeem, blijkt het aantal vollasturen van de systemen doorslaggevend te zijn. Als de warmtewisselaar in basislast zijn warmte aan het rioleringsstelsel kan onttrekken vormt riothermie een waardig alternatief ten overstaan van een BEO-veld.

Een volgend hoofdstuk van dit rapport bespreekt ervaringen met riothermie in een aantal landen. Zwitserland is gekend als pioniersgebied op vlak van warmterecuperatie uit afvalwater. Reeds in 1982 werd een eerste installatie gebouwd om de kleedkamers van een sportgebouw van sanitair warm water en verwarming te voorzien. Deze installatie werkt nog steeds.

Ook in de jaren '80 werden in Scandinavië grote warmtepompsystemen gebouwd die warmte onttrekken aan het afvalwater in rioolwaterzuiveringsinstallaties. Die warmte werd gevoed aan de lokale warmtenetten en hun ontwikkeling in Zweden was vooral een gevolg van de toen goedkope atoomstroom.

In Nederland is op het eind van vorig decennium de interesse voor riothermie ontstaan. Het land liet potentieelinschattingen uitvoeren en de resultaten waren zeer beloftevol. Dat heeft in Nederland een ware hype rond riothermie veroorzaakt en elke Nederlandse stad, die zichzelf een beetje respecteert, heeft dan een studie besteld om het potentieel aan riothermieprojecten in haar gebied te kennen. Uit het overzicht van de gerealiseerde project valt op dat de alle projecten warmte onttrekken aan het waterzuiveringsstation; meestal van het effluent, bij enkele uitzondering ook van het influent.

Ook België heeft twee demonstratieprojecten op de teller staan. Het eerste concrete demonstratieproject met riothermie vond in Brussel plaats. In Anderlecht, waar het een roosterinstallatie op de Zenne exploiteert, wordt zijn gebouw verwarmd dankzij een warmtepomp (water-water) die warmte-energie uit de Zenne haalt. Op de site van Zaventem haalt een warmtepomp (water-water) de warmte van een aanvoerleiding die heel dicht in de buurt ligt. Onder een kruispunt van de Gentsesteenweg in de gemeente Sint-Jans-Molenbeek heeft Vivaqua in de riool een warmtewisselaar geïnstalleerd. De warmte die daar onttrokken wordt, wordt naar de technische lokalen van Vivaqua, 120 meter verderop, gevoerd.

Het demonstratieproject in Leuven maakt onderdeel uit van het eerder besproken INNERS-project. Deze installatie werd in de zomer van 2014 geïnstalleerd; in het vervolg van dit project wordt deze installatie bemonsterd om er de werkelijke prestaties van te kennen.

Bij deze ervaringen wordt ook dieper ingegaan op ervaringen van neerslag op de temperatuur van het rioolwater.

Uit resultaten van verschillende meetcampagnes blijkt dat neerslag een significante impact kan hebben op de temperatuur van het regenwater. Het kan aanleiding geven tot daling met een drietal °C. In de zomer treedt echter ook het omgekeerde effect op; regenwater komt eerst op een warm oppervlak terecht en neemt die warmte mee in de riolering waardoor in deze gevallen het rioolwater opwarmt.

Wat van belang is, is de duur van de verstoring. Deze kan variëren van een aantal uur tot een ganse dag, afhankelijk van de plaats in het stroomgebied: hoe verder stroomafwaarts, hoe langer dat de verstoring kan duren. In het effluent van RWZI's kan deze verstoring een aantal dagen aanhouden omdat de RWZI een grote hoeveelheid water vasthoudt en het tijd vergt eer er terug voldoende vers afvalwater binnenkomt om de situatie te herstellen.

Na de bespreking van de diverse technieken en ervaringen bespreekt dit rapport de opmaak van de kansenkaart voor riothermie.

Deze kansenkaart is een overlay van een kaart, die de vraag naar warmte toont enerzijds, en van een kaart die het potentieel warmteaanbod weergeeft uit het rioleringsstelsel anderzijds. Voor de warmtevraag baseren we ons op de energievraagkaart van Eandis. We beperken ons tot de kaart

‘warmte voor sanitair warm water’. Het aanbod aan warmte vanuit de riolering wordt berekend op basis van een aantal parameters die aangeleverd werden door Aquafin. Een belangrijke parameter hierbij is het gemiddelde droogweeraanvoerdebiet.

Bij de opmaak van de kaart werd geëxperimenteerd met de gridgrootte. Er werd verder gegaan met een 250m x 250m rooster om dat er dan minder uitval is omwille van confidentialiteit dan bij een 50m x 50m rooster.

In elk van deze cellen werd het hoogste droogweerafvoerdebiet genomen en dit cijfer werd verder vertaald naar het warmteleverend vermogen. Die vertaling steunt op een aantal aannames.

- Ten eerste nemen we aan het riothermisch systeem de temperatuur van het rioolwater met 1°C doet dalen
- Ten tweede houden we rekening met de kans op instroom van koud regenwater in de winterperiode en de tijd die het vergt om terug tot een stabiele en voldoende temperatuur te komen. Op basis van een analyse van temperatuurgegevens van 2 rioolwaterzuiveringinstallaties in Antwerpen veronderstellen we een warmteontrekking in 85% van de tijd (100% in lente-zomer, 70% in herfst-winter), wat ongeveer overeenkomt met 7500 uur per jaar.

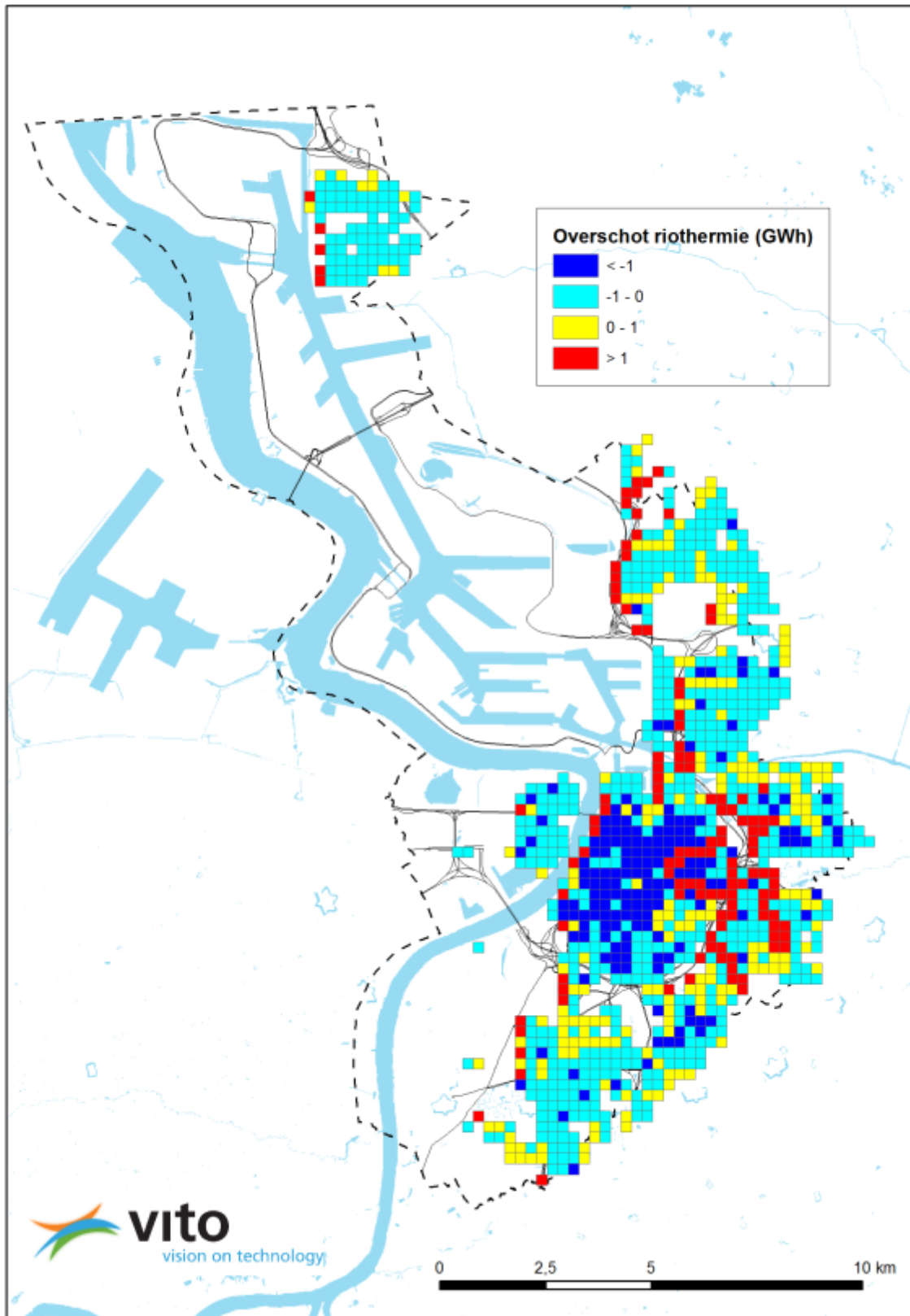
Het verschil tussen warmteproductie vanuit riothermie en het jaarlijks verbruik voor sanitair warm water geeft tenslotte een kaart met ‘overschot’ aan warmte-aanbod vanuit riothermie uitgedrukt in GWh per jaar. Op deze kaart zijn een aantal kansgebieden zichtbaar; gebieden met een hoger aanbod dan vraag.

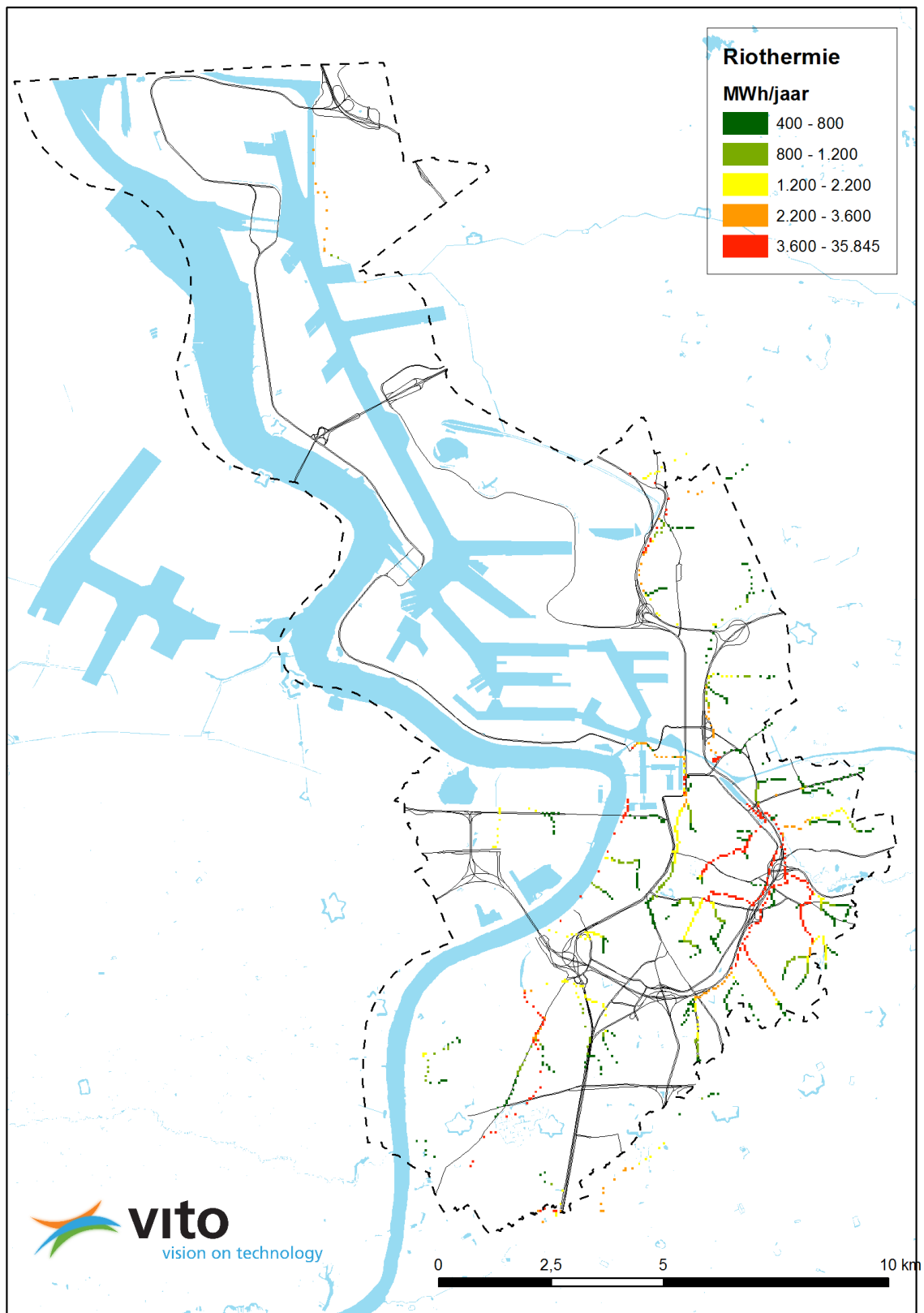
Echter om die kansgebieden nader te kunnen analyseren is een nieuwe kaart gemaakt. Deze neemt alleen het aanbod in rekening. Ze beperkt zich wel tot de leidingen met minimaal 10 l/s droogweerafvoerdebiet. De kaart gebruikt ook een 50m x 50m rooster wat een duidelijk resultaat toont.

In het ideale geval houdt deze potentieelkaart niet alleen rekening met het droogweerafvoerdebiet maar ook met de karakteristieken van de riolering zelf. Helaas was het niet mogelijk om de twee GIS-bestanden met deze respectievelijke informatie aan elkaar te koppelen.

Deze potentieelkaart geeft een duidelijk zicht op mogelijke projectgebieden. Deze bevinden zich onder meer langs de Antwerpse Ring (zowel ten oosten als ten westen ervan), in het centrum vanaf ongeveer de zoo naar het zuiveringstation van Deurne, langs de Kaaien, vanaf Kiel verder langs Schoonselhof en in Ekeren langs de Havenweg.

Een analyse van deze mogelijke projectgebieden toont dat hun diameter op zijn minst ongeveer 1,3m bedraagt. Vaak gaat het om grote rechthoekige collectoren van 2m hoog en breed. In het geval van dergelijke grote riolen is het aftappen van rioolwater om er warmte te onttrekken het meest haalbare concept. Dit is overigens het concept dat Vlario in het kader van het INNERS-project heeft uitgeprobeerd in Leuven. Desalniettemin zijn er een aantal leidingen waar innovatieve rioolbuizen met geïntegreerde warmtewisselaars mogelijk zijn. Vooral langs de Kaaien dient deze opportuniteit zich aan.





INHOUD

Verspreidingslijst	I
Samenvatting	II
Inhoud	VIII
Lijst van tabellen	X
Lijst van figuren	XI
Lijst van grafieken	XII
Lijst van afkortingen	XIII
HOOFDSTUK 1. Wat is riothermie ?	1
1.1. <i>Wat is riothermie ?</i>	1
1.2. <i>Waar kan riothermie worden toegepast ?</i>	1
1.2.1. Soorten systemen	1
1.2.2. Voor- en nadelen van de verschillende systemen	4
1.3. <i>Doel van dit rapport</i>	6
1.3.1. Onderwerp van dit rapport	6
1.3.2. MIP-haalbaarheidsstudie	6
1.3.3. Het INNERS-project	8
1.3.4. Leeswijzer	9
HOOFDSTUK 2. Bestaande riothermietechneken	11
2.1. <i>Bestaande systemen</i>	11
2.1.1. Rabtherm	11
2.1.2. Branderburger Heatliner®	13
2.1.3. Frank	15
2.1.4. Hydrea Thermpipe	16
2.2. <i>Vergelijking riothermiesystemen</i>	18
2.2.1. Onderling	18
2.2.2. Met boorgatenergieopslag	19
HOOFDSTUK 3. ervaringen met riothermie	20
3.1. <i>Zwitserland</i>	20
3.1.1. Ontwikkelde technologieën	20
3.1.2. Praktijkvoorbeelden	21
3.2. <i>Noorwegen</i>	23
3.3. <i>Zweden</i>	24
3.4. <i>Nederland</i>	24
3.4.1. De hype	24
3.4.2. De projecten	26

3.5.	<i>België</i>	32
3.5.1.	Demonstratieproject in Brussel _____	33
3.5.2.	Demonstratieproject in Leuven _____	33
3.6.	<i>Ervaring met impact van neerslag</i>	35
3.6.1.	Meetcampagne door STOWA in Zwolle _____	35
3.6.2.	Meetcampagne door Aquafin in Leuven _____	39
3.6.3.	Meetgegevens RWZI's Antwerpen _____	41
3.6.4.	Conclusie _____	43
HOOFDSTUK 4.	Opmaak kansenkaart voor riothermie _____	44
4.1.	<i>Methodiek</i>	44
4.2.	<i>In kaart brengen van vraag naar warmte</i>	44
4.3.	<i>In kaart brengen van aanbod aan warmte</i>	45
4.4.	<i>Kansenkaart = warmtevraag \cap warmteaanbod</i>	48
4.5.	<i>Mogelijke projectgebieden</i>	50
4.5.1.	Ten oosten van Antwerpse Ring _____	50
4.5.2.	Ten westen van Antwerpse Ring _____	52
4.5.3.	Kortrijkstraat – Groeningerveen – Ooievaarstraat – Kerkstraat – Provinciestraat__	53
4.5.4.	De Kaaien _____	53
4.5.5.	Kiel – Schoonselhof _____	54
4.5.6.	Ekeren – langs Havenweg _____	54
HOOFDSTUK 5.	Besluit _____	55

LIJST VAN TABELLEN

Tabel 1: Voor- en nadelen van de verschillende vormen van riothermie _____	5
Tabel 2: Een aantal referenties van Rabtherm met technische specificaties en kostprijzen _____	12
Tabel 3: Vermogen en bijkomende kost i.f.v. diameter van PKS-Thermpipe _____	15
Tabel 4: Vergelijking tussen de verschillende riothermiesystemen _____	18
Tabel 5: Vergelijking investering van riothermie - boorgatenergieopslag _____	19
Tabel 6: Aantal warmtepompen gekoppeld aan warmtenetten in Zweden volgens warmtebron en jaar van indienstname _____	24
Tabel 7: Overzicht riothermieprojecten in Nederland _____	27
Tabel 8: Resultaten riothermiepotentieel Groningen _____	31
Tabel 9: Demonstratieproject VLARIO: karakteristieken afvalwater _____	33
Tabel 10: Vergelijking tussen resolutie 50m en 250m _____	44
Tabel 11: Geometrie van riolering ten oosten van Antwerpse Ring _____	52
Tabel 12: Geometrie van riolering ten westen van Antwerpse Ring _____	52
Tabel 13: Geometrie van riolering in Borgerhout _____	53
Tabel 14: Geometrie van riolering langs de kaaien _____	53

LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1: Plaatsen waar riothermie kan toegepast worden	1
Figuur 2: Riothermie aan de bron: boven: warmtewisselaar geïntegreerd in een douchebak – onder: douchegootwarmtewisselaars	2
Figuur 3: Riothermie aan de bron: links: AquaCond® van Menerga – rechts: Bleu Hero® van Aaqua	2
Figuur 4: Riothermie onderweg: boven: TubeWin® - onder: ThermWin® beide van HUBER	3
Figuur 5: Riothermie aan de rioolwaterzuiveringsinstallatie: HUBER RoWin® warmtewisselaar, in een tank geïnstalleerd	4
Figuur 6: Werkpakketten binnen het INNERS-project	9
Figuur 7: Riothermieproducten van Rabtherm, CH	11
Figuur 8: Schema van de Branderburger Heatliner	14
Figuur 9: Installatie van de Branderburger Heatliner	15
Figuur 10: Foto en schema van PKS-Thermpipe van Frank, DE	16
Figuur 11: Opbouw van de Hydrea Thermpipe	17
Figuur 12: Schakeling van Hydrea Thermpipe	17
Figuur 13: Twee in Zwitserland geteste systemen om warmte te onttrekken uit rioolwater	20
Figuur 14: In Zwitserland ontwikkelde rioolbuizen met ingebouwde warmtewisselaar	21
Figuur 15: Rendabiliteitsvergelijking van riothermie versus gasketels	22
Figuur 16: Schema van de riothermie-(en -frigorie-)centrale in Sandvika, Oslo	23
Figuur 17: De omvang van de belangrijkste energiesoorten in de waterketen in Nederland	25
Figuur 18: Riothermiekansenkaart voor Urk, Nederland	30
Figuur 19: Riothermieprojecten bij stadsuitbreiding in Groningen	31
Figuur 20: Project met restwarmteuitwisseling in Groningen	32
Figuur 21: Demonstratieproject VLARIO: boven: afzinken pompput; links midden: wateropvangbak met rooster; links onder: aansluiting persleiding in technisch lokaal; rechts onder: aansluiting retourleiding in bestaande put	34
Figuur 22: Locaties voor meten van temperatuur van rioolwater in Zwolle	36
Figuur 23: Jaarlijks energieverbruik voor sanitair warm water (in kWh per gridcel). Links: resolutie 50m – Rechts: resolutie 250m	45
Figuur 24: Aanwezigheid van knopen met debietsinschatting bovenop het rioleringsnetwerk (Bron: Aquafin)	46
Figuur 25: Warmteaanbodkaart vanuit riothermie	47
Figuur 26: Riothermiekansenkaart: overschot aan aanbod vanuit riothermie versus vraag naar warmte (enkel SWW)	49
Figuur 27: Rioleringsstelsel en DWA-debieten in het centrum van Antwerpen	50
Figuur 28: Kansrijke projectgebieden voor riothermie	51

LIJST VAN GRAFIEKEN

Grafiek 1: Thermisch vermogen van Rabtherm _____	13
Grafiek 2: Technische performantie van de Branderburger Heatliner i.f.v. watertemperatuur en lengte _____	13
Grafiek 3: Metingen in twee woonwijken van Zwolle: boven: waterhoogte van het rioolwater - onder: temperatuur van het rioolwater _____	37
Grafiek 4: Metingen langs transportriool in Zwolle: boven: waterhoogte van het rioolwater - onder: temperatuur van het rioolwater _____	37
Grafiek 5: Meting nabij verzorgingstehuis: boven: waterhoogte van het rioolwater - onder: temperatuur van het rioolwater _____	38
Grafiek 6: Gemiddelde uurtemperatuur op een meetpunt: met en zonder regen _____	38
Grafiek 7: Daggemiddelde temperatuur van het rioolwater op diverse plaatsen, grondwater en buitenlucht _____	39
Grafiek 8: Metingen van rioolwater in Leuven: boven: debiet - onder: waterhoogte _____	40
Grafiek 9: Metingen van rioolwater in Leuven: boven: stroomsnelheid - onder: watertemperatuur _____	41
Grafiek 10: Debiet en temperatuur van 2 RWZI's: boven: Deurne - onder: Burcht _____	42

LIJST VAN AFKORTINGEN

RWZI	Rioolwaterzuiveringsinstallatie
BEO	Boorgatenergie-opslag
DWA	Droogweerafvoer(-debiet)

HOOFDSTUK 1. WAT IS RIOOTHERMIE ?

1.1. WAT IS RIOOTHERMIE ?

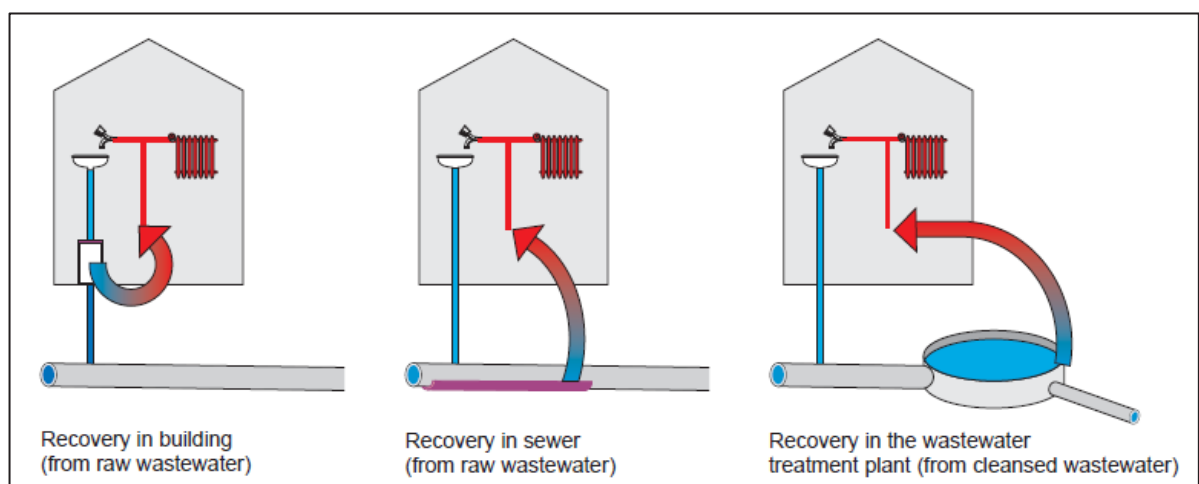
Riothermie is een techniek waarbij warmte aan het rioleringsysteem wordt onttrokken en een nuttige toepassing vindt. Vandaar ook die naam om zich te kunnen vergelijken met geothermie, hoewel heliothermie (zonnewarmte) of biothermie (warmte op basis van biomassa) logische maar geen gangbare termen zijn.

De temperatuur van het afvalwater, waaraan de warmte wordt onttrokken, bedraagt zo'n 10 à 22°C. Om die warmte een nuttige toepassing te geven is dus een warmtepomp nodig die het temperatuurniveau opkrikt tot zo'n 45 à 55°C. Riothermie is dus in eerste instantie een warmtepomptechniek met dat specifiek kenmerk dat het afvalwater als warmtebron gebruikt. Het voordeel van riothermie is dat in vergelijking met andere traditionele energiebronnen voor warmtepompen (grondwater; buitenlucht) het afvalwater uit gebouwen een relatief hoge temperatuur heeft in het stookseizoen en is daarom een ideale bron voor warmteopwekking met warmtepompen.

1.2. WAAR KAN RIOOTHERMIE WORDEN TOEGEPAST ?

1.2.1. SOORTEN SYSTEMEN

In de afvalwaterketen zijn er verschillende plaatsen waar warmte onttrokken kan worden; dat kan dicht bij de bron, onderweg in het rioleringsstelsel of op het eind bij de rioolwaterzuiveringsinstallatie, zie Figuur 1 (EnergieSchweiz, 2005). Onderstaande figuren tonen een aantal systemen voor warmterecuperatie op deze drie plaatsen.



Figuur 1: Plaatsen waar riothermie kan toegepast worden



Figuur 2: Riothermie aan de bron: boven: warmtewisselaar geïntegreerd in een douchebak – onder: douchegootwarmtewisselaars

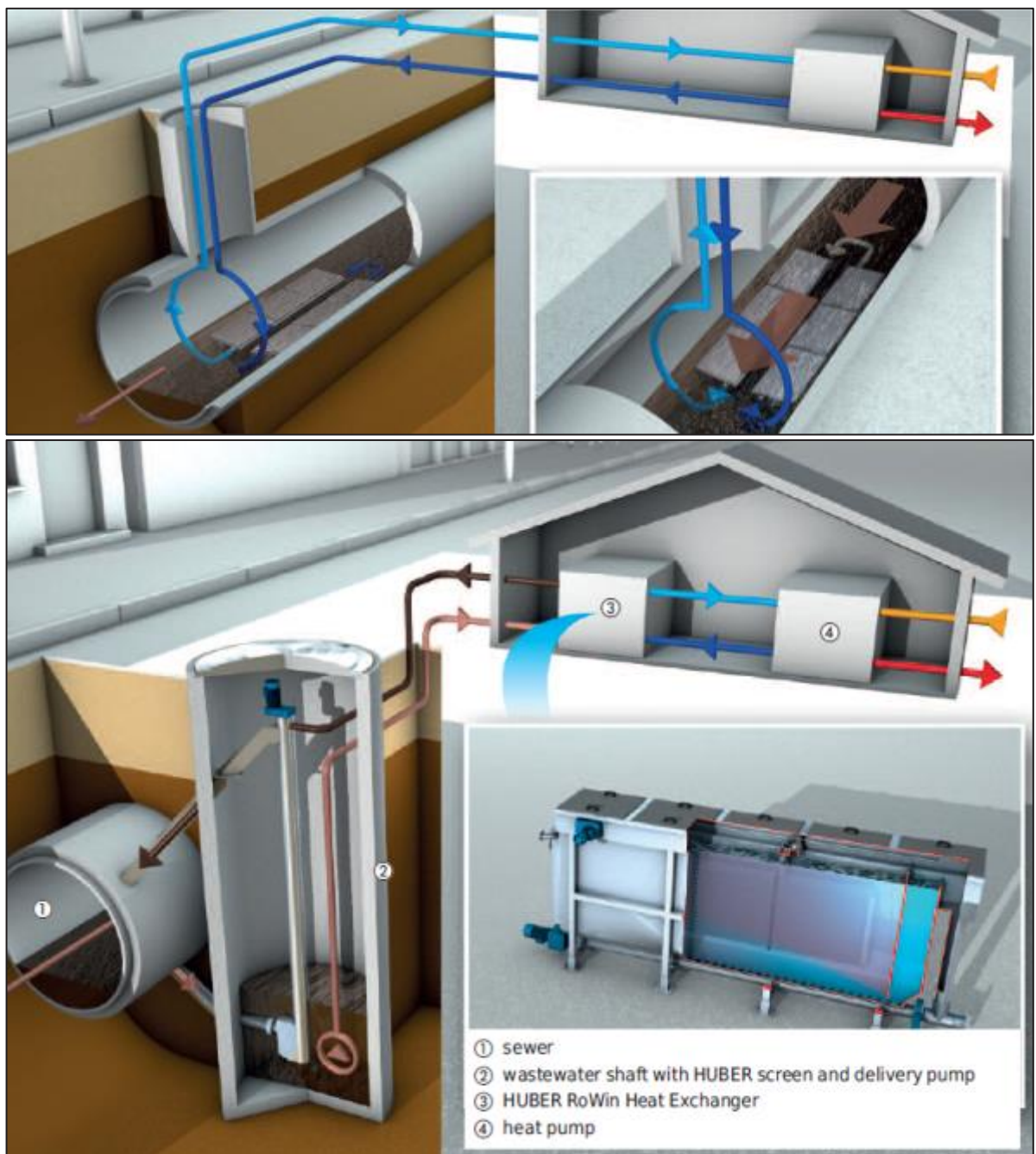
Bron: <http://www.duurzame-technologie.nl/dossiers/warmteterugwinning> - laatste actualisatie 10/2012



Figuur 3: Riothermie aan de bron: links: AquaCond® van Menerga – rechts: Bleu Hero® van Aaqua

Figuur 2 en Figuur 3 tonen systemen om warmte te onttrekken aan de bron zelf. Het eerste is gericht op de residentiële sector en recupereert warmte van het weglopend douchewater om vers douchewater deels op te warmen. Het rendement van dergelijke systemen bedraagt ongeveer 50% (STOWA, 2011) (zie ook onder meer: <http://www.groene-energiewinkel.nl/63112030--douche-warmtewisselaar-wtw-rv16-v-3.html>). Allicht kan evenveel of meer bespaard worden door de waterverbruik tijdens het douchen te beperken.

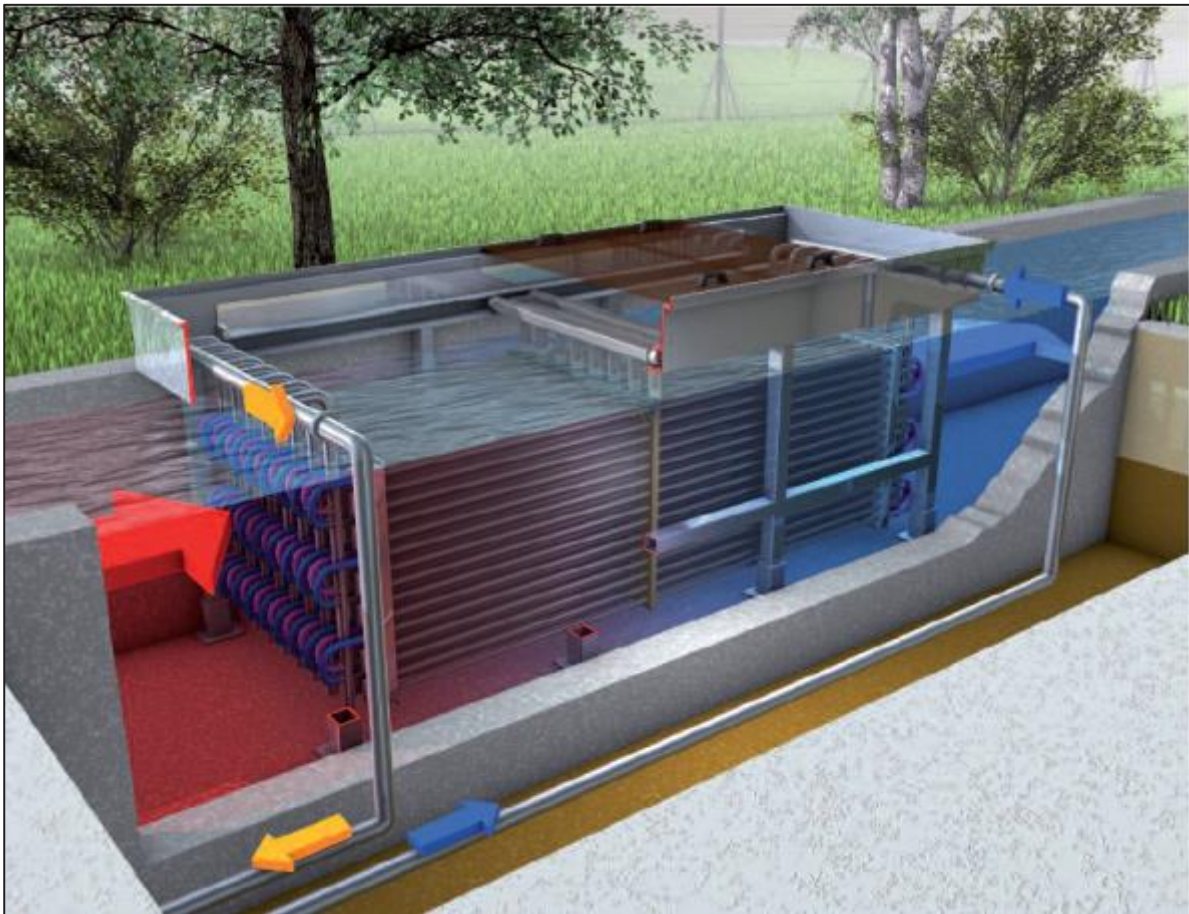
De systemen, die Figuur 3 laat zien, hebben een grotere capaciteit en dan ook andere toepassingen; het AquaCond®-systeem kan toegepast worden in appartementsgebouwen; het Bleu Hero®-systeem in de industrie bijvoorbeeld.



Figuur 4: Riothermie onderweg: boven: TubeWin® - onder: ThermWin® beide van HUBER

Figuur 4 toont twee mogelijke benaderingen van warmteonttrekking onderweg, vanuit het rioleringsstelsel dus: ofwel wordt er een warmtewisselaar in de rioleringsbuis ingebracht, ofwel wordt het water onttrokken uit het rioleringsstelsel en naar een externe warmtewisselaar geleid. Onttrekken van warmte via een warmtewisselaar in de rioleringsbuis is de focus van dit rapport.

Daarnaast wordt er ook warmte onttrokken aan de rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) zelf. Meestal is de warmtebron het effluent, hoewel er ook voorbeelden zijn van warmteonttrekking van het influent. Bij deze systemen wordt het (gezuiverde) afvalwater afgetapt en over een warmtewisselaar geleid, zie bvb Figuur 5.



Figuur 5: Riothermie aan de rioolwaterzuiveringsinstallatie: HUBER RoWin® warmtewisselaar, in een tank geïnstalleerd

1.2.2. VOOR- EN NADELEN VAN DE VERSCHILLENDE SYSTEMEN

Elk van deze systemen hebben hun voor- en nadelen. Eigenlijk is het in hoofdzaak een afweging tussen temperatuur en debiet: hoe dichterbij het lozingspunt, hoe warmer het afvalwater nog is maar ook hoe kleiner en wisselvalliger het debiet; hoe meer stroomafwaarts, hoe meer het afvalwater al is afgekoeld maar je hebt wel een grotere zekerheid van een minimaal debiet.

Er zijn nog andere aspecten die een rol spelen, namelijk de afstand tussen plaats van warmteonttrekking en warmteconsument, de mate waarin neerslag de stroomkarakteristieken kan verstoren en de vuilvracht van het afvalwater. Tabel 1 vat deze samen.

Tabel 1: Voor- en nadelen van de verschillende vormen van riothermie

	Aan de bron	Uit de riool	Aan afvalwater- zuiveringsinstallatie
Temperatuur	++	+	+/-
Klimatologische verstoring	++	-	--
Debiet	-	+	++
Debietsvariatie	--	+	++
Vervuiling	--	--	+/-
Afstand tot warmteconsument	++	+	+/-

Bij warmteonttrekking aan de bron zit je dicht bij de warmteconsument zelf. Je heb hogere temperaturen van het afvalwater ten opzichte van de andere systemen, omdat het nog niet of beperkt is afgekoeld.

Ook kun je daar verdunning vermijden van het warme afvalwater door andere koudere waterstromen, zoals regenwater. Dat heeft dan wel als nadeel dat de vuilvracht van het afvalwater betrekkelijk hoog is. Deze geven aanleiding tot het ontstaan van een biofilm op het oppervlak van de warmtewisselaar, waardoor de warmtegeleidbaarheid tot zelfs de helft gereduceerd kan worden. De vorming van zo'n biofilm kan nooit volledig uitgesloten worden; het kan verholpen worden op drie manieren (Schmidt, 2008):

- De vorming kan in de mate van het mogelijke vermeden worden door een eerste voorbehandeling van het afvalwater (filteren, zeven)
- Het regelmatig schoonmaken van de warmtewisselaar
- Het vergroten van het oppervlak van de warmtewisselaar

Ten slotte is bij warmteonttrekking aan de bron het debiet beperkt, maar vooral ook zeer variabel.

Bij warmteonttrekking uit de riool ben je zekerder van een minimum constant debiet omdat er afvalwater van diverse bronnen passeert. Hoe meer je stroomafwaarts opschuift, hoe meer dit het geval is. Daar tegenover staat dat het water al wat is afgekoeld. Het debiet en de temperatuur bepalen hoeveel warmte er uit de riool onttrokken kan worden; ideaal is er een mooie afstemming tussen het potentieel warmteleverend vermogen met het gevraagd vermogen door de warmteconsument.

Bij gemengde rioleringsystemen heb je vermenging van het afvalwater met regenwater. Bij die systemen heb je dus een klimatologische impact: bij regen (in de winter) en nog meer bij dooi komt er plots veel regenwater in de riool en koelt het water fel af. In die omstandigheden wordt de warmteonttrekking verstoord.

Bij warmteonttrekking uit de riool is er een grotere afstand tussen bron-warmteconsument dan bij warmteonttrekking aan de bron zelf. De afstand tussen beide is dan ook een belangrijke kritische succesfactor: hoe kleiner hoe beter.

Bij warmteonttrekking aan de rioolwaterzuiveringsinstallatie ten slotte kunnen er grootste vermogens geleverd worden vooral omdat het debiet er hoog is.

De temperatuur moet er wel voldoende hoog zijn; bij warmteonttrekking uit het influent moet er over gewaakt worden dat er niet te veel warmte wordt onttrokken. De temperatuur na warmteonttrekking moet zeker minstens 9°C bedragen om de biologie van het waterzuiveringsproces niet lam te leggen.

Bij warmteonttrekking uit het effluent heb je dit risico niet. Daarenboven is het water gezuiverd, waardoor er veel minder snel een biofilm zich vormt op het oppervlak van de warmtewisselaar.

Dooi en regen hebben hier ook een negatieve impact op de kans tot warmteonttrekking. Eventueel kunnen er wel stroomopwaarts overstorten zijn, die vermijden dat al te veel regenwater langs de rioolwaterzuiveringsinstallatie passeert. Bij het zuiveringsproces doorloopt het afvalwater echter een lange weg; dat maakt dat het dan ook langer duurt eer het verstorend effect door regenwater weer uit de zuiveringsinstallatie is gespoeld.

Ook hier zijn afstand tussen warmtebron en –consument een kritische succesfactor; interessante locaties zijn dan ook deze waar beide dicht in elkaars buurt bevinden.

1.3. DOEL VAN DIT RAPPORT

1.3.1. ONDERWERP VAN DIT RAPPORT

Het doel van dit rapport is om aan te geven hoe voor een stad een kansenkaart voor riothermieprojecten opgemaakt kan worden. De stad in kwestie is Antwerpen.

We richten ons hierbij specifiek op warmteonttrekking uit het rioleringsstelsel. Dit is uitdagender dan een kansenkaart opmaken voor warmteonttrekking aan de rioolwaterzuiveringsinstallatie; het aantal RWZI's is immers beperkt. Daar volstaat het om in de onmiddellijke omgeving de warmtevraag in kaart te brengen om na te gaan in welke mate er een overeenstemming te maken is tussen het potentieel warmteaanbod vanuit de RWZI en de warmtevraag.

Bij warmteonttrekking aan de bron zelf is een kartering ook minder noodzakelijk. Daar is het zaak om vooral de sectoren te kunnen aanwijzen waar een dergelijke techniek van nut zou kunnen zijn. We denken hierbij aan zwembaden, ziekenhuizen, rusthuizen, appartementsblokken of bedrijven die een aanzienlijke hoeveelheid afvalwater lozen (wasserijen, ...).

Dit rapport is hiermee complementair met de deliverables van andere projecten, uitgevoerd in Vlaanderen; twee projecten zijn hierbij relevant:

- Een MIP-haalbaarheidsstudie met als titel “Haalbaarheidsonderzoek naar de economische haalbaarheid van een businessmodel voor valorisering van restwarmte uit rioolwater”, uitgevoerd in 2011-2012
- Het InterReg IV-project INNERS

Van beide lichten we hieronder de resultaten van toe.

1.3.2. MIP-HAALBAARHEIDSSTUDIE

Een consortium van drie bedrijven voerde in 2011-2012 een studie in het kader van het ‘Energie- en Milieu-InnovatiePlatform’ (MIP) met als onderwerp: “Haalbaarheidsonderzoek naar de economische haalbaarheid van een businessmodel voor valorisering van restwarmte uit rioolwater”. De drie partijen waren: E-STER (energiestudiebureau), Aaqua (installatiebedrijf in industriële waterzuivering en restwarmtevalorisering) en CEIP (investeringsfonds voor innovatieve hernieuwbare energietechnologie), ondersteund door de kennisinstellingen U-Gent en Lessius Hogeschool.

Het project had als doel om te weten komen onder welke randvoorwaarden projecten met rioolwarmte commercieel haalbaar worden in Vlaanderen. Concreet onderzochten zij:

- de technische en technologische aspecten ;
- het juridisch kader, juridische belemmering en obstakels en het wegnemen van deze obstakels;
- het (markt)potentieel.

Eind 2012 is de studie afgerond. Projectresultaten werden niet openbaar gemaakt, buiten een beschrijving op 2 pagina's (zie: <http://www.mipvlaanderen.be/nl/webpage/165/rioolwarmte.aspx>).

We citeren uit deze conclusies:

→ **Marktverkenning**

[...]

Wij denken dat afvalwater als bronwarmte voor rioolwarmte hierin een signifiant potentieel kan hebben, zeker bij nieuwbouwprojecten met collectieve warmte die bovendien binnen bereik van een grote rioolcollector zijn gelegen.

Eigenschappen van een geschikte site zijn o.a.: gebouwen met centrale warmteproductie zowel voor verwarming als voor sanitair warm water, schaalgrootte 150 of meer bewoners en idealiter warmteverdeling op lage temperatuur (30 à 45 °C).

Bij de eerste concrete gesprekken met projectontwikkelaars en architecten ondervonden wij volgende knelpunten: men geeft vaak de voorkeur aan beter bekende technologie en in de EPB-regelgeving worden overschatte warmteverliezen aan centrale warmteproductie/warmtenetten toegewezen (dit is nu verbeterd met de 'combi-lus' regeling).

→ **Technologieverkenning**

[...]

Lessius Hogeschool onderzocht welke warmtepompmedia optimaal geschikt zijn, rekening houdend met de resttemperatuur in het afvalwater en de vraagtemperatuur voor de gebruikers. Ook de beschikbare modellen en vermogens van warmtepompen die daarbij in aanmerking komen werden geïnventariseerd.

Projectpartner Aaqua ontwikkelde en patenteerde in 2011 een eigen technologie (Blue Hero), waarbij rioolwater eerst wordt voorgefilterd. Vervolgens wordt de restwarmte naar de warmtepomp overgedragen via een platenwisselaar. Met deze techniek wordt een hoger energetisch rendement bereikt met een lagere investeringskost. Bovendien kan de installatie grotendeels bovengronds worden opgesteld.

I.v.m. de distributie van de herwonnen warmte, inventariseerde de U-Gent de obstakels die de EPB-regelgeving vormt voor lage temperatuur warmtenetten. Deze studie vormt een basis die een belangrijke input kan leveren in de verdere verbetering van het EPB-instrumentarium, met name o.a. voor reële (ipv lineaire) effecten van warmte-isolatie en berekening van warmteverliezen bij nieuwe leidingtypes.

→ **Wettelijk kader**

Anders dan in Duitstalig Europa, ontbreekt in Vlaanderen een wettelijk kader voor het onttrekken van warmte aan de openbare riolering. Om dergelijke projecten dus van een zakelijk recht te verzekeren is een bilateraal contract met de riooleigenaar (steden en gemeenten of Aquafin) vast te leggen (o.a. opstal).

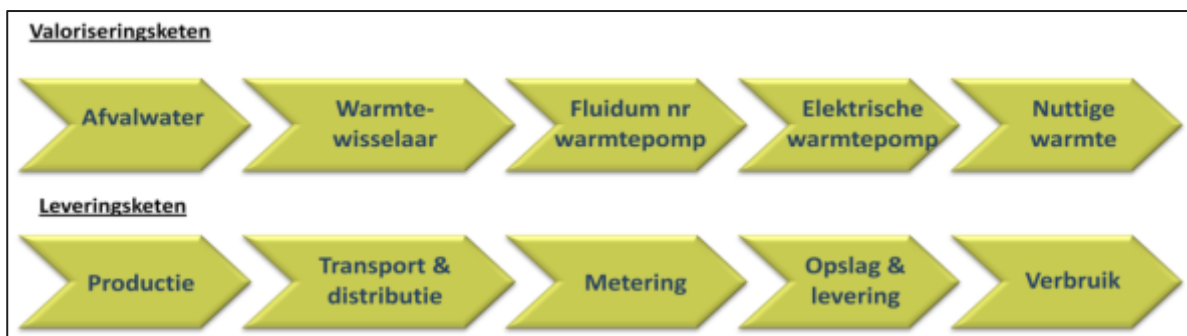
Wat vergunningen betreft zijn in principe nodig: een signalatievergunning van de verkeerspolitie bij montage van de warmtewisselaars, een stedbouwkundige vergunning voor aanleg van de leidingen in het openbaar domein en een milieuvergunning voor de warmtepomp (< 200 kW = klasse 3, > 200 kW = klasse 2).

Aangezien de gemeenten doorgaans exclusiviteit geven aan intercommunales voor het plaatsen van leidingen in het openbaar domein is een formele afwijking van deze exclusiviteit aangewezen. De nieuwe leidingen dienen ook opgenomen in het inventaris van het KLIP (Kabel en Leiding Informatie Portaal).

→ Business plan

Het uitgewerkte businessmodel voor rioolwarmte, is in 1^{ste} instantie opgezet als dienst voor warmtelevering (Energy Service Company of ESCO). De eindgebruiker heeft daarbij het voordeel dat hij noch het technologierisico, noch de investering moet dragen.

Mits beschikbaarheid van het profiel en omvang van de warmtevraag enerzijds en debieten en temperaturen van afvalwater anderzijds, kan via een quick scan-vragenlijst en een dimensioneringstool vrij snel de haalbaarheid van projecten worden berekend. Een financieel exploitatiemodel voor rendementsberekening



1.3.3. HET INNERS-PROJECT

INNERS is een lopend InterReg IV-project (zie: <http://inners.eu/>); de acronym staat voor "INNovative Energy Recovery Strategies in the urban water cycle". INNERS is een samenwerking tussen partners van Nederland, het Verenigd Koninkrijk, Frankrijk, Duitsland, Luxemburg en België. De Belgische projectpartners zijn Vlarion en Aquafin.

Het INNERS-project heeft vijf hoofdactiviteiten:

- Onderzoek naar de meest efficiënte manier voor het terugwinnen en hergebruiken van energie binnen de stedelijke waterkringloop
- Optimaliseren en demonstreren van het gebruik van thermische energie uit afvalwater
- Het ontwikkelen, testen en demonstreren van nieuwe technieken voor hergebruik van chemische energie en reductie van operationele energie
- Het beïnvloeden van belanghebbenden
- Het identificeren en adresseren van juridische en organisatorische barrières voor implementatie van innovatieve technieken

Figuur 6 geeft een overzicht van de werkpakketten. In de loop van het INNERS-project zullen rapporten publiek gemaakt worden met de bevindingen van bovenvermelde hoofdactiviteiten. Deze aspecten worden bijgevolg in dit rapport niet uitgediept.

Het INNERS-project voorziet ook in de uitvoering van 12 lokale projecten. Het Belgische project is een demonstratie van riothermie in Leuven. Bij dit demonstratieproject wordt een gedeelte van

het rioolwater afgeleid naar een appartementsgebouw, waar een warmtepomp er warmte uit onttrekt. Meer toelichting over dit project vindt u in 3.5.2 Demonstratieproject in Leuven.

	Energy Balance of the UWC	Thermal energy recovery	Chemical and operat. energy	Enabling implementation
Actions	Inventory of data, models for UBC	Compilation of relevant energy data	Benchmark study: operational energy	Disseminate INNERS results to decision makers
	Identify lack of data for UWC	Feasibility studies on thermal energy	Feasibility studies for improvement of energy balance	Disseminate technical knowledge to future specialists
	Energy balance assessment tool (EBAT)	Implementation of thermal energy systems	Demonstration project on energy neutral WWTP	Study the legal and organisational barriers for implementation
	Development of modules for EBAT (EOS / CO ₂ -footprint)		Demonstration project on new sanitation concept	
	Collecting data for EBAT		Pilot: energy online system (EOS)	

Figuur 6: Werkpakketten binnen het INNERS-project

1.3.4. LEESWIJZER

Dit rapport heeft volgende opbouw:

- Hoofdstuk 2 gaat eerst dieper in op diverse riothermietechieken
- Hoofdstuk 3 en haalt voorbeelden uit het buitenland én binnenland aan
- Hoofdstuk 3 licht de opmaak van de riothermiekansenkaart toe en past deze toe door in te zoomen op een aantal mogelijke projectgebieden
- Hoofdstuk 5 sluit af met een aantal conclusies

HOOFDSTUK 2. BESTAANDE RIOOTHERMIETECHNIKEN

2.1. BESTAANDE SYSTEMEN

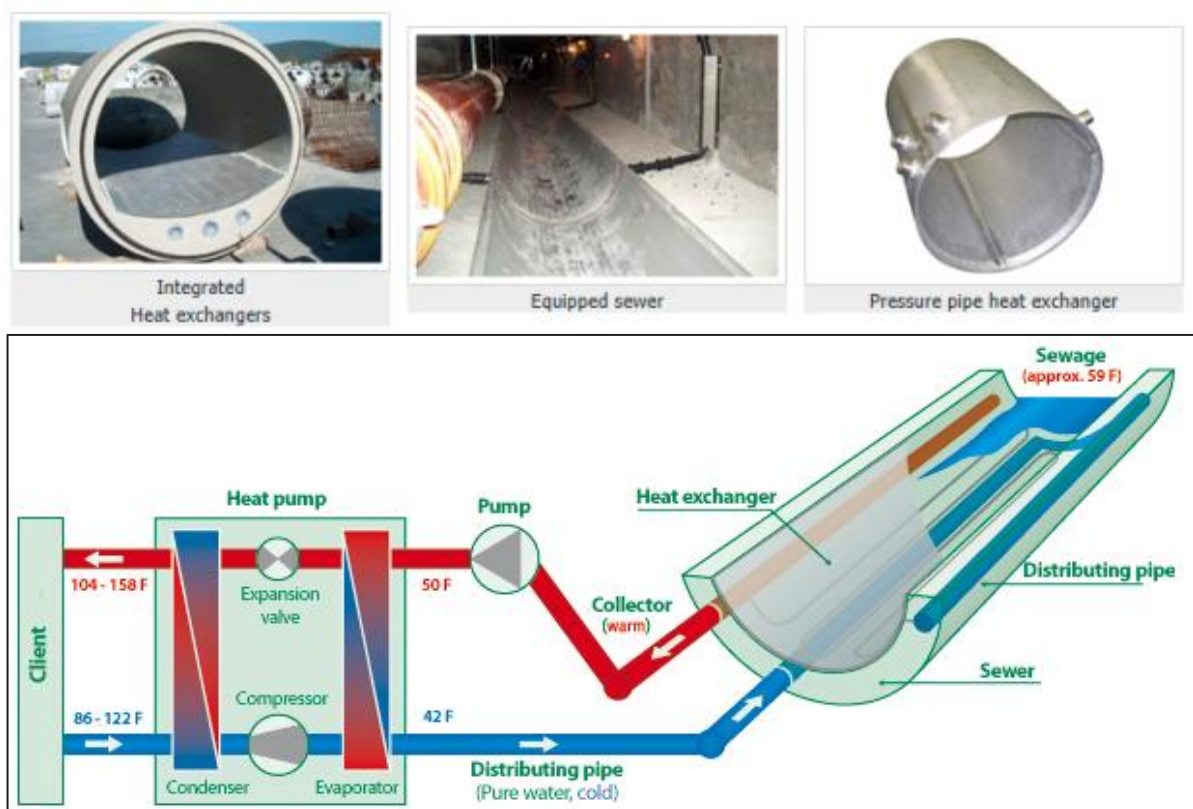
In dit hoofdstuk worden bestaande riothermiesystemen toegelicht. Achteraan is een vergelijking tussen riothermie en een boorgatenergie-veld toegevoegd.

2.1.1. RABTHERM

Uit: www.rabtherm.ch – geraadpleegd op 28/2/2014

Rabtherm is ontwikkeld in Zwitserland, dank zij de volgehouden onderzoeksinspanningen op het gebied van riothermie in dat land. In de 20 jaar ervaring dat het bedrijf met riothermie heeft opgebouwd, heeft het diverse systemen ontwikkeld, zie Figuur 7:

- Een rioleringsbuis met geïntegreerde warmtewisselaar in de bodem
- Een goot dat kan ingebouwd worden in een bestaande rioleringsbuis
- Een externe warmtewisselaar voor drukleidingen



Figuur 7: Riothermieproducten van Rabtherm, CH

Doordat de warmtewisselaar in de buis zelf ingebouwd wordt, verkleint hierdoor de doorvoerdoorsnede. Voor sommige rioleringsexploitanten vormt dit een probleem.

Rabtherm heeft ook ontwikkelingen moeten doorvoeren om een antwoord te bieden bij een veel voorkomend probleem bij riothermie, nl de vorming van een biofilm waardoor de efficiëntie van de warmteoverdracht met 40% kan dalen. De vinding bestaat uit het aanbrengen van een koperen strip op regelmatige afstand in de buis, zoals te zien in Figuur 7 middenste foto boven.

Rabtherm systemen laten zich installeren in:

- Rioleringsbuizen van min 800 mm
- Met minstens 12 l/s aan debiet
- Lengte van de warmtewisselaar: min 9 – max 200 m
- Minimaal thermisch vermogen: 80 kW
- Op maximaal 300 meter van de warmteverbruiker
- Levert maximaal 70°C aan de warmteverbruiker
- Heeft een warmteonttrekkingsvermogen van 2 à 6 kW/m², afhankelijk van waterhoeveelheid, -snelheid en –bevuiling alsook van de hellingsgraad van de leiding

Rabtherm duidt de relatie tussen het afvalwaterdebiet en het thermisch vermogen als volgt:

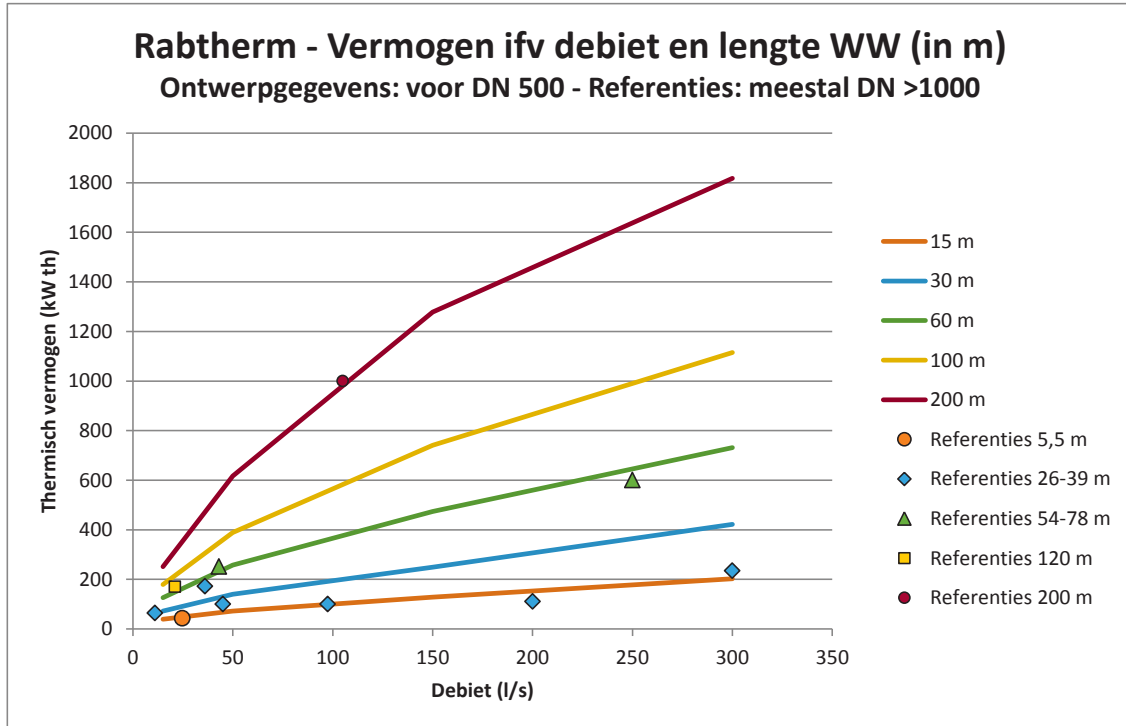
- Uit 1 m³ afvalwater (5 badkuipen) kan de warmtewisselaar ongeveer 2 à 3 kWh energie onttrekken
- Om 1 kWh aan warmte te produceren is er 420 l afvalwater nodig.

Rabtherm heeft omwille van zijn lange ervaring ook een lange lijst van referenties, vooral in Zwitserland, Duitsland en Oostenrijk, zie Tabel 2.

Tabel 2: Een aantal referenties van Rabtherm met technische specificaties en kostprijzen

Referenties	Bouwjaar	Debiet (l/s)	Lengte (m)	Diameter (mm)	Vermogen WW (kW)	Kostprijs WW (€)
Zürich (CH)	1999	105	201		1000	€ 748.596
Singen (DE)	2003	36	30	1500	172	€ 260.000
Winterthur (CH)	2003	250	78		600	€ 487.773
Leverkusen (DE)	2003	21	120		170	€ 480.000
Wien (AT)	2005	300	30	1100	235	€ 96.000
Winterthur (CH)	2006	11	39		64	€ 305.169
Wädenswil (CH)	2007	45	30	1000	100	€ 261.764
Zürich (CH)	2007	43	54	1250	252	€ 353.077
Romanshorn (CH)	2010	97,5	36		100	€ 76.795
SPAR (AT)	2012	200	26		111	€ 168.000
Buchs (CH)	2014	24,7	5,5		43	€ 29.822

Deze referenties laten toe om het werkelijk thermisch vermogen aan de ontwerpgegevens te toetsen, zie Grafiek 1. Uit die informatie is af te leiden dat de temperatuur van het afvalwater daalt met 0,5 à 1°C.



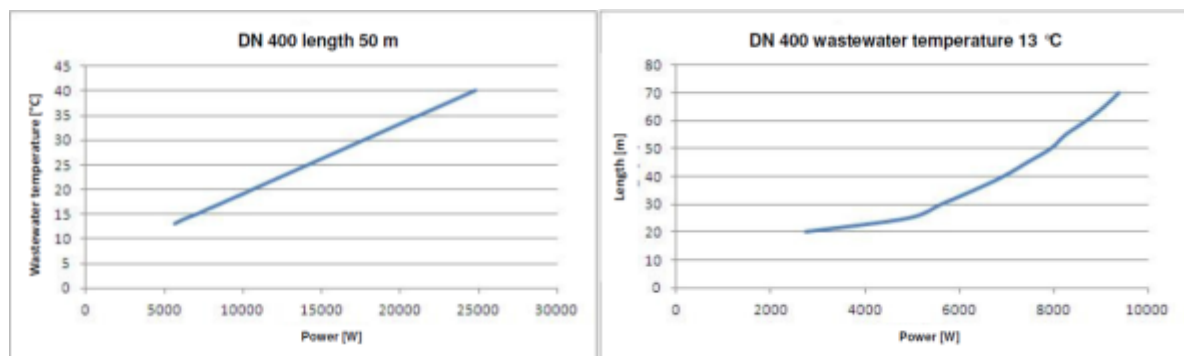
Grafiek 1: Thermisch vermogen van Rabtherm

2.1.2. BRANDERBURGER HEATLINER®

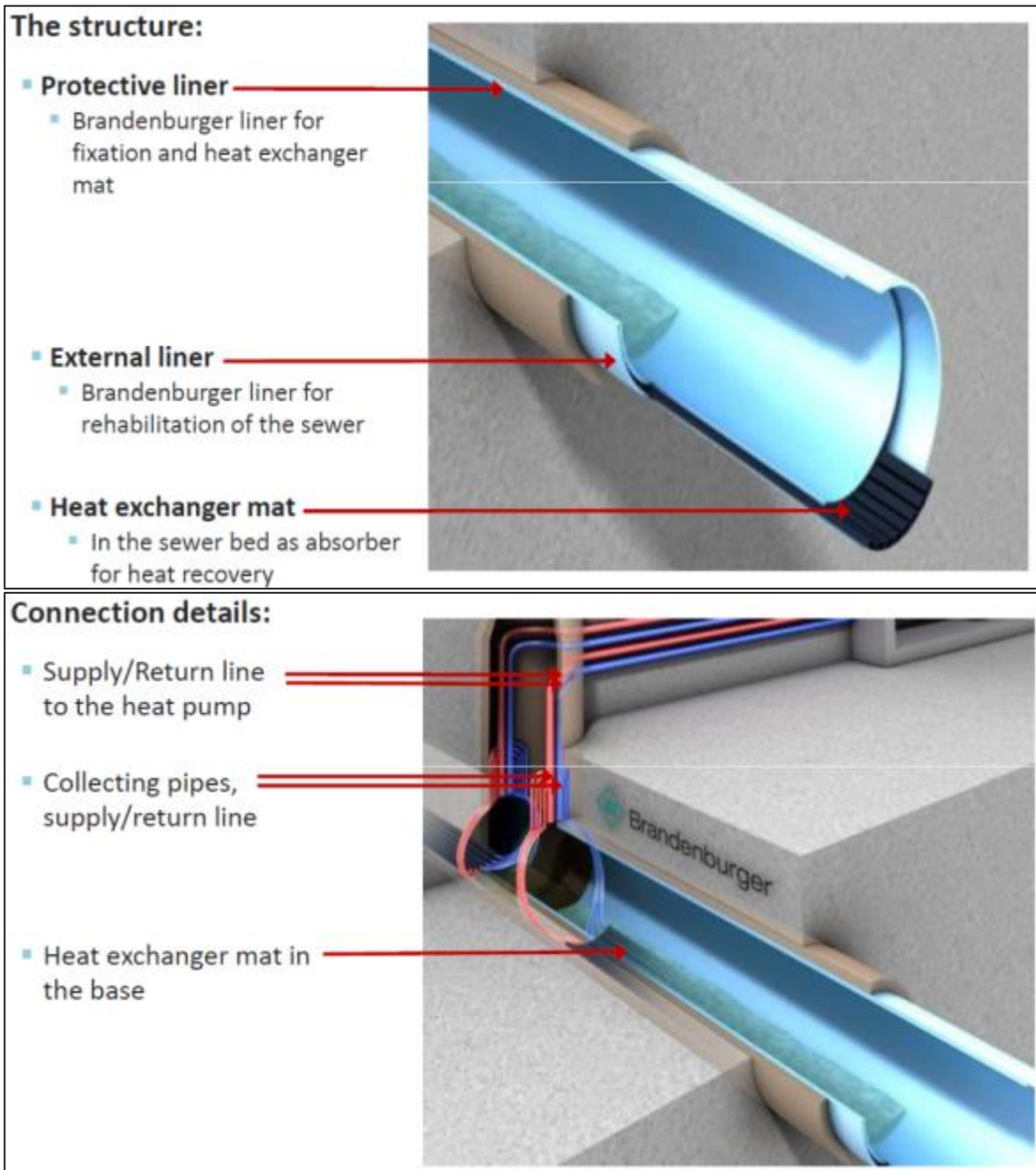
Uit: www.brandenburger.de – geraadpleegd op 28/2/2014

De Heatliner van het Duitse bedrijf Branderburger is een warmtewisselaarsysteem die in de vorm van een mat in de rioleringsbuis wordt uitgerold. Om deze mat te beschermen tegen vuil wordt er eerst een beschermfolie in de riolering gelegd, dan de warmtewisselaar en vervolgens een tweede beschermfolie, zie Figuur 9 en Figuur 8.

Het systeem kan geïnstalleerd worden in eerder kleine rioleringsbuizen, gaande van een diameter 300 mm tot een diameter van 1 m. De afvalwatertemperatuur moet minstens 9°C bedragen en het droogweerdebiet minstens 8 l/s. Per warmtewisselaar kan er 5 à 20 kW aan energie gerecupereerd worden, zie Grafiek 2.



Grafiek 2: Technische performantie van de Branderburger Heatliner i.f.v. watertemperatuur en lengte



Figuur 8: Schema van de Brandenburger Heatliner



Figuur 9: Installatie van de Branderburger Heatliner

In de loop van 2014 pakte Branderburger Heatliner uit met een eerste pilootproject in de Wellingsbüttlerweg in Hamburg, DE. Over een lengte van 29 m is in een DN 400 rioolbuis een warmtewisselaar van een 500 mm breed ingebracht, van boven en van onder beschermd door een folie van 3,5 mm dik. De kosten van deze warmtewisselaar zijn 500 €/m, daar bovenop komen dan nog de kosten voor de warmtepomp en de warmtetransport van de riool naar de warmtegebruiker. Het thermisch vermogen van deze warmtewisselaar is 4,4 kW.

2.1.3. FRANK

Uit: <https://www.frank-gmbh.de/en/index.php> - geraadpleegd op 28/2/2014

Het Duitse bedrijf Frank gooit het over een andere boeg. In plaats van een interne warmtewisselaar, heeft Frank een externe warmtewisselaar ontwikkeld in kunststof zie Figuur 10. Naar eigen zeggen heeft dit twee voordelen:

- De vrij doorsnede van de riolering blijft behouden
- Vuil en vet hechten zich minder goed aan kunststof, waardoor er goede warmteoverdracht is tussen afvalwater en warmtewisselaar.

Doordat de warmtewisselaar uitwendig is zorgt de omliggende grond (desgevallend beton als het in beton ingegoten wordt) voor een temperatuursbuffering. PKS-Thermpipe is beschikbaar in diverse diameters, gaande van 300 tot 1800 mm, zie Tabel 3.

Tabel 3: Vermogen en bijkomende kost i.f.v. diameter van PKS-Thermpipe

Diameter	Vermogen [W/m]	Kost° [€/kW]	Diameter	Vermogen [W/m]	Kost° [€/kW]	Diameter	Vermogen [W/m]	Kost° [€/kW]
300	350	206	800	840	102	1300	1320	77
400	450	163	900	930	94	1400	1420	74
500	550	135	1000	1030	86	1500	1520	74
600	640	120	1100	1130	81	1600	1610	72
700	740	110	1200	1220	77	1800	1810	70

(°): bijkomende kost ten opzichte van conventionele PKS afvoerleidingen



Figuur 10: Foto en schema van PKS-Thermipe van Frank, DE

Het bedrijf kan een aantal referenties voorleggen.

Een eerste referentie betreft een DN 1500 buis dat warmte onttrekt van het waterzuiveringsstation Winnenden in Duitsland. De buis is 60 m lang en heeft 10 warmtewisselaars. Het droogweerdebiet bedraagt 40 l/s. Er wordt 34,4 kW aan de leiding onttrokken.

Een tweede referentie een 36 m DN 500 buis, gekoppeld aan de afvoer van een sportcentrum in Weimar. Het droogweerdebiet bedraagt 7,5 l/s en het vermogen 18,5 kW. Er zijn drie warmtewisselaars ingegoten in beton. In dit project koelt het afvalwater met 0,3°C af na warmteonttrekking. De warmtepomp haalt het merendeel van zijn warmte – 80 à 90% – uit de grond.

2.1.4. HYDREA THERMPIPE

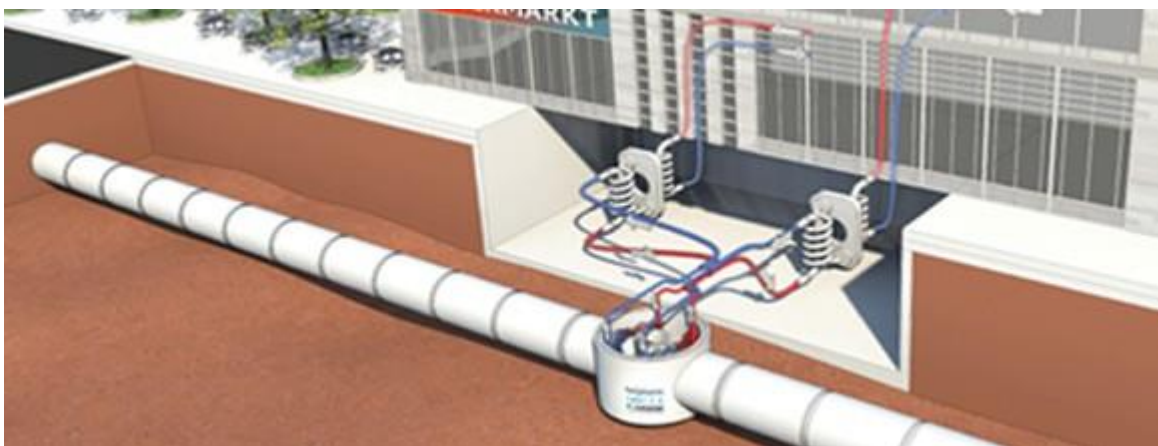
Het Nederlandse aannemersbedrijf Heijmans heeft de PKS-Thermipe van Frank leren kennen en appreciëren. Het betrok er ook een derde partij bij: de rioolbuizenbouwer Socea uit Oelegem – Ranst.

Met hun drieën hebben ze een systeem bedacht die een combinatie is van de kunststof warmtewisselaar van Frank en de betonnen buis van Socea. Het resultaat is een ingenieuze standaardbuis van 3,3 meter lang met de uitwendige warmtewisselaar van Frank in stevig gewapend Belgisch beton gegoten, zie Figuur 11. Dit systeem heeft een aantal voordelen:

- De warmtewisselaar is niet in de riolering ingebracht; hierdoor blijft de ganse doorsnede van de riolering vrij voor waterafvoer
- De warmtewisselaar is stevig ingekapseld in beton en is daardoor beschermd tegen schade door bvb. graafmachines
- Door die inkapseling fungeert het beton ook als warmtebuffer, waardoor het systeem minder gevoelig is aan temperatuurschommelingen van het rioolwater
- De binnenwand bestaat uit kunststof; vet en vuil hechten er zich minder goed aan vast zodat de warmtegeleidbaarheid op peil blijft. Ook biedt de kunststoffen binnenkant bescherming tegen betonrot.



Figuur 11: Opbouw van de Hydrea Thermopipe



Figuur 12: Schakeling van Hydrea Thermopipe

De standaardbuis is zo geconcipeerd dat ze een aaneenschakeling van 14 dergelijke buizen toelaat, zie Figuur 12. Hierbij worden de warmtewisselaars per drie buizen in serie geschakeld; deze vijf sequenties van drie buizen (en één sequentie van 2 buizen) worden in vijf parallelle circuits geschakeld. Vanuit een verdeelput twee dergelijke sequenties uitgebouwd worden. Geheel vormt dit een systeem van 300 m lang met 10 parallelle circuits.

Dit systeem is in twee versies beschikbaar:

- Klein: binnenschil 1000 mm – buitenschil 1500 mm
- Groot: binnenschil 1600 mm – buitenschil 2160 mm

Uit persoonlijk contact met Heijmans hebben we kunnen vernemen dat de Hydrea Thermpipe DN 1000 van 300 m lang een meerkost heeft van 450 k€. Het warmteleverend vermogen bedraagt 300 kW.

2.2. VERGELIJKING RIOTHERMIESYSTEMEN

2.2.1. ONDERLING

Tabel 4 zet de karakteristieken van de verschillende systemen naast elkaar op basis van bovenstaande informatie. Voor kostprijzen trachten we ons te concentreren op de prijs van de warmtewisselaar zelf, maar is het een uitdaging om die vergelijking correct te maken. Deze vergelijking moet ook gevalideerd worden ten overstaan van de marktinformatie die in het kader van het INNERS-project verzameld wordt.

Tabel 4: Vergelijking tussen de verschillende riothermiesystemen

	Vorm	Diameter (mm)	Lengte (m)	Debiet (l/s)	Vermogen (kW/m)	Kost (€/m)
Rabtherm	Rond	800 - 1500 ?	9 – 200	>12	1,4 - 8	5.700
Heatliner	Vrij	300 - 800	<50 ?	>8	0,13	500
PKS Thermpipe	Rond	300 - 1800			0,4 - 1,8	
Hydrea	Rond	1000 / 1600	<300		1 / 1,6	2.800 / ?

Uit deze vergelijking blijkt dat de in dit hoofdstuk beschreven riothermiesystemen ingepast kunnen worden in rioolbuizen gaande van DN 300 tot DN 1800. Boven deze diameter moet gekeken worden naar andere concepten, bijvoorbeeld het aftappen van rioolwater in een pompput zoals in het demonstratieproject van VLARIO in het kader van het INNERS-project, zie 3.5.2 Demonstratieproject in Leuven.

Uit deze vergelijking komt het Rabtherm-systeem als het meest performante (hoogste kW/m) naar boven, maar ook het duurste. De Branderburger Heatliner is de goedkoopste, maar heeft ook het laagste vermogen. De Hydrea Thermpipe zit er wat tussenin.

2.2.2. MET BOORGATENERGIEOPSLAG

Voor de vergelijking met een boorgatenergieopslag-systeem baseren we ons op de prijsindicatie van de Hydrea Thermpipe: een meerkost van 450 k€ voor een warmteleverend vermogen van 300 kW voor een systeem van DN 1000 en 300 m lang.

Deze gegevens werden voorgelegd aan TerraEnergy om ze te kunnen vergelijken met de kost van een boorgatenergieopslag (BEO)-veld. Uit de discussie bleek dat niet alleen het vermogen van belang is maar ook de vollastduur, zie Tabel 5.

Tabel 5: Vergelijking investering van riothermie - boorgatenergieopslag

Vollasturen Geleverde warmte	Meerinvestering Thermpipe (k€)	Investering Boorgatenergieopslag (k€)
1500 h/a 500 MWh/a	450	350
8000 h/a 2500 MWh/a	450	700

Een BEO-veld met eenzelfde vermogen (300 kW) dat ongeveer 450 à 500 MWh warmte per jaar kan leveren (aantal vollasturen 1500 h/a) kost ongeveer 350 k€. Daarvoor moeten er 90 putten van 100 m diep geboord worden.

Daarentegen; een BEO-veld met eenzelfde vermogen (300 kW) dat ongeveer 2500 MWh warmte per jaar kan leveren (aantal vollasturen 8000 h/a) kost ongeveer 700 k€. Daarvoor moeten er 180 putten van 100 m diep geboord worden.

Conclusie: als de warmtewisselaar in basislast zijn warmte aan het rioleringsysteem kan onttrekken vormt riothermie een waardig alternatief ten overstaan van een BEO-veld.

HOOFDSTUK 3. ERVARINGEN MET RIOthermie

3.1. ZWITSERLAND

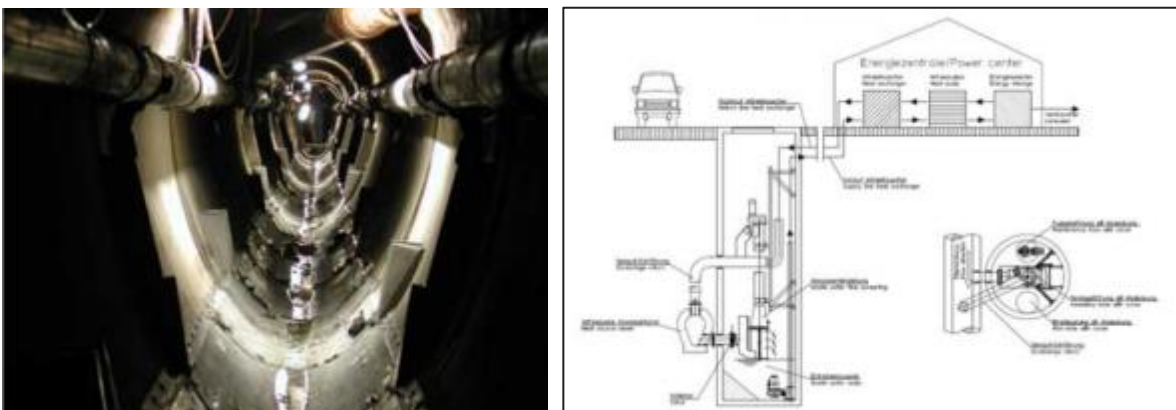
Al in 1993 gelastte het Zwitsers Federaal Bureau voor Energie het Zwitsers EnergieAgentschap met de taak om het gebruik van afvalwater voor verwarming en koeling van gebouwen verder te ontwikkelen en verder te verspreiden. Deze vroege focus op dat thema maakte van Zwitserland internationaal een pionier (Schmidt, 2008).

3.1.1. ONTWIKKELDE TECHNOLOGIEËN

In het kader van dit programma werden diverse technologieën getest. Zo werden er ondermeer 200 installaties gebouwd om warmte uit afvalwater te recupereren in het gebouw zelf. Die installaties zijn verspreid in diverse sectoren: industrie, zwembaden, scholen, hospitals als in residentiële gebouwen. Uit deze praktijkervaring blijkt dat de vuilvracht in het afvalwater een uitdaging kan vormen voor het recupereren van voldoende warmte.

Inzake het onttrekken van warmte uit het rioolwater zelf, werden er twee systemen uitgetoet, zie Figuur 13. Het eerste systeem voorziet in de installatie van een warmtewisselaar in de rioleringsbuis. Hierbij wordt een warmtewisselaar in gootvorm, vervaardigd in roestvrijstaal, in de riool gemonteerd. Deze wordt vervolgens hydraulisch verbonden met het intermediaire circuit van een warmtepomp. De toepassing van deze methode stelt een aantal technische randvoorwaarden. De binnendiameter van de riool moet minstens 800 mm zijn; het droogweerdebiet moet minstens 30 l/min bedragen en tijdens droog weer moet per meter buis het wateroppervlak minstens 0,8 m² bedragen.

Het andere systeem bestaat uit een uitwendige warmtewisselaar. Hierbij wordt het ruwe afvalwater opgepompt en gefilterd en dan ofwel met het intermediaire circuit van de warmtepomp ofwel direct met de verdampers van de warmtepomp in contact gebracht.



Figuur 13: Twee in Zwitserland geteste systemen om warmte te onttrekken uit rioolwater

De praktijkervaring leert dat beide systemen voor- en nadelen hebben. De variant met de gootwarmtewisselaar heeft als voordeel dat het minder hulpenergie nodig heeft. Het heeft dan weer als nadeel dat het meer onderhevig is aan bevuilding. Om er deels aan te moeten komen zijn er ondertussen rioolbuizen ontwikkeld met ingebouwde warmtewisselaar, zie Figuur 14.



Figuur 14: In Zwitserland ontwikkelde rioolbuizen met ingebouwde warmtewisselaar

De variant met externe warmtewisselaar laat zich flexibeler connecteren aan het rioleringsysteem, omdat de installatie ervan losstaat van de geometrie of helling van de rioolbuis zelf. Het laat ook gemakkelijker standardisatie van installaties toe, wat de kostprijs ten goede komt. De grootste dergelijke installatie in de wereld heeft een thermisch vermogen van meer dan 50 MW.

3.1.2. PRAKTIJKVOORBEELDEN

→ Binningen, Basel

Basel en omgeving is in Zwitserland gekend als pioniersgebied op vlak van warmterecuperatie uit afvalwater. Reeds in 1982 werd een eerste installatie gebouwd om de kleedkamers van een sportgebouw van sanitair warm water en verwarming te voorzien. Deze installatie werkt nog steeds.

Bij de bouw van een nieuwe wijk in de Baselse voorstad Binningen in 2001 werd resoluut gekozen voor collectieve warmtevoorziening waarbij ook een gedeelte van de warmte uit het afvalwater wordt onttrokken. Zeventig gebouwen worden zo van warmte voorzien, waaronder een gebouw van de gemeenteadministratie, een school en woongebouwen met in totaal 700 wooneenheden. Er werden 5 warmtenetten uitgebouwd, samen 3,5 km lang. De thermische capaciteit bedraagt 4,8 MW. Twee warmtepompen, met samen een vermogen van 380 kW, leveren per jaar 2400 MWh warmte afkomstig van afvalwater. Dat is 14% van het totaal. Het overgrote deel van de warmte komt van een bio-WKK-installatie dat ook mee in de stroom voorziet van de twee warmtepompen. Om de warmte uit het afvalwater te kunnen onttrekken, is een 140 m lange warmtewisselaar in een rioleringsbuis ingebracht, die het afvalwater van ongeveer 30 000 mensen vervoert. De warmtewisselaar bestaat uit 47 elementen en heeft een capaciteit van 330 kW. Met ruim 6500 bedrijfsuur per jaar staat dit systeem in voor de basiswarmtelast van Binningen.

Vooralsnog zijn er geen storings opgetreden en is de bevuilding van de warmtewisselaars binnen de perken gebleven.

→ **Luzern – Swiss Concordia**

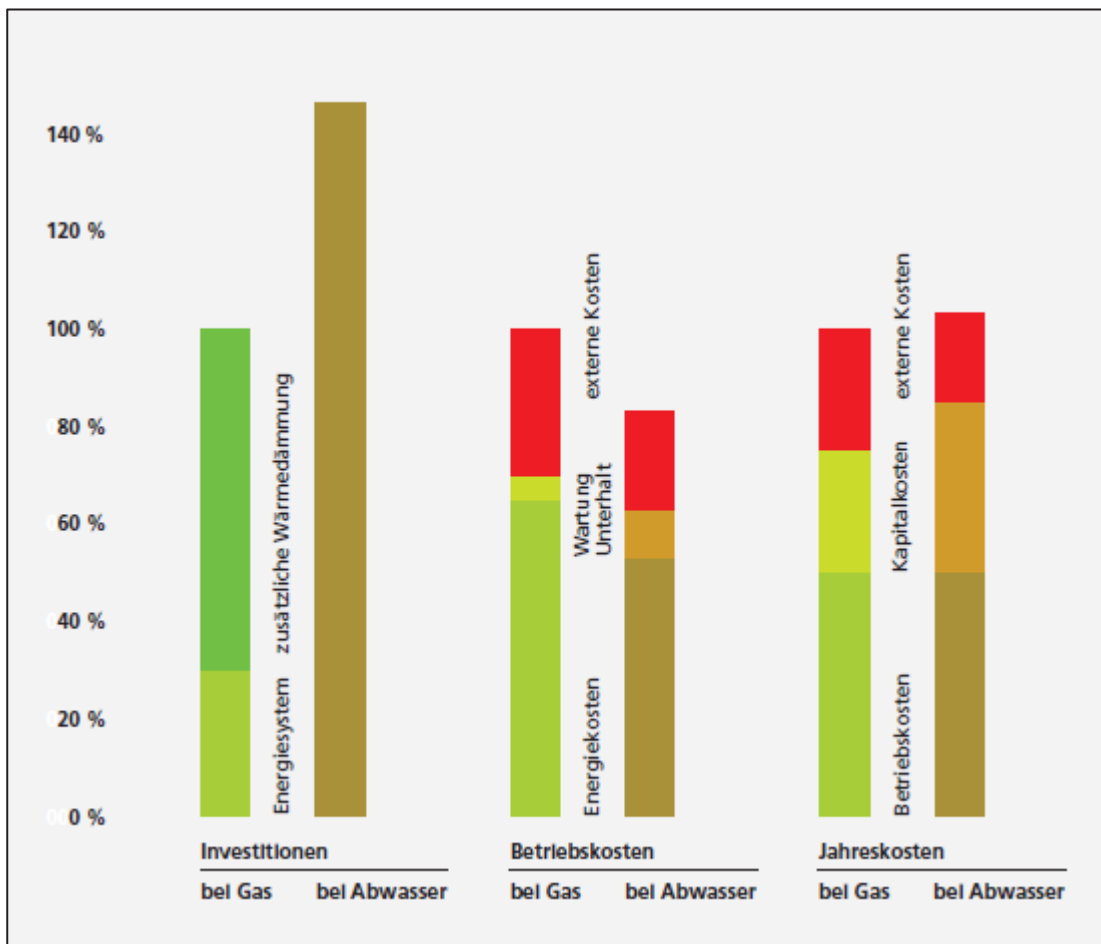
Het hoofdkantoor van de verzekeringsmaatschappij Swiss Concordia in Luzern werd in 2007 uitgerust met een verwarmingssysteem op basis van afvalwater. In een riool met een droogweerdebiet van 50 l/s werd een gootwarmtewisselaar van 60 m lang ingebouwd.

Naast het voorzien in warmte in de winter, voorziet het afvalwater ook in koude om de ICT-infrastructuur op temperatuur te houden en om het gebouw in de zomer te koelen. Eventuele overtollige warmte kan men kwijt aan een naburig hotel dat een meer continue warmtevraag heeft.

→ **Uster**

In de stad Uster worden drie woonwonderzettingen met 133 gebouwen verwarmt met energie die uit het effluent van de waterzuiveringsinstallatie wordt gewonnen. Die bron staat in voor 70% van de warmtevraag.

Er is voor dit opzet gekozen omdat een rendabiliteitsberekening uitwees dat de jaarlijkse kosten ervan slechts 3% hoger zijn dan van gasgestookte ketels, zie Figuur 15. Deze berekening nam geen subsidies in rekening, maar wel externe kosten. Ten opzichte van een lucht-water-warmtepomp in combinatie met een gasketel bleek het riothermieproject wel het meest voordelige te zijn.



Figuur 15: Rendabiliteitsvergelijking van riothermie versus gasketels

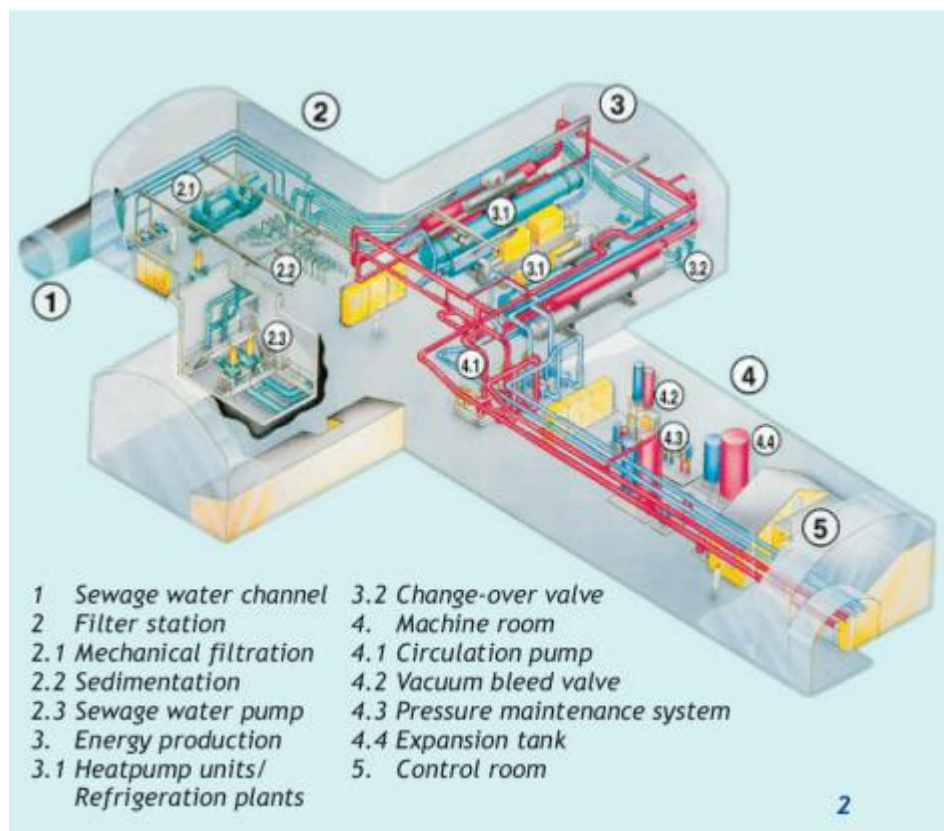
Er is voor warmteonttrekking van het effluent van de waterzuiveringsinstallatie gekozen omdat dit eenvoudiger en goedkoper uit te voeren is. Zo is er slechts 1 leiding nodig om het gezuiverde water 1,2 km verder naar de warmtegebruikers te voeren, waarna het geloosd kan worden.

3.2. NOORWEGEN

In de jaren '80 van vorige eeuw kende Sandvika, voorstad van Oslo, een sterke groei. Het centrum werd er uitgebreid met 300.000 m², inclusief kantoren, huizen en recreatiefaciliteiten. Bij wet moest een warmtenet worden uitgebouwd voor deze wijk.

Er werd een energiestudie uitgevoerd om na te gaan welk energieconcept het voordeligst was. Het gebruik van afvalwater als energiebron kwam er als goedkoopste uit. Vooral ook de vraag naar koude ligt hier mee aan de basis. Daarnaast wordt warmte ook gebruikt voor het ijsvrij houden van voetpaden, een energieverbruik dat in Zwitserland niet is toegestaan.

Naast het rioleringskanaal, dat gemiddeld 3000 l/s afvalwater afvoert, is een grot uitgegraven. Daarin zijn twee warmtepompen opgesteld, elk met een thermisch vermogen van 6,5 MW en een koudevermogen van elk 4,5 MW. Ze staan in voor de basislast van warmte en koude; 52% van de totale warmtevraag is warmte van het afvalwater.



Figuur 16: Schema van de riothermie-(en -frigorie-)centrale in Sandvika, Oslo

Deze installatie werd in 1989 in gebruik genomen. Drie bestaande oliestookketels en een conventionele koudemachine, op een aantal honderd meter van de grot, werden behouden die in de pieklust voorzien. Het warmtenet zelf is 10 km lang, het koudenet 4 km. De jaarlijkse

warmtebehoefte is 47 GWh, de koudebehoefte 11 GWh. De warmtepomp zelf is van Zwitserse makelij (Friotherm, 2005).

3.3. ZWEDEN

Ook in Zweden is het inzetten van restwarmte als warmtebron reeds ongeveer drie decennia een gangbare praktijk. In totaal 85 warmtepompen met een totaal thermisch vermogen van 1387 MW leveren warmte aan warmtenetten in Zweden. De helft ervan onttrekken hierbij warmte van afvalwater; gezuiverd afvalwater, d.w.z. van het effluent achter de waterzuiveringsinstallatie. Het grootste deel (32 warmtepompen - 619 MW) heeft alleen afvalwater als warmtebron. Een kleiner deel (10 warmtepompen - 156 MW) onttrekken hun warmte van afvalwater en een andere bron, zij het zeewater, industriële restwarmte of warmte van een koelnet of van rookgascondensatie. Het merendeel van deze installaties is gezet in het midden van de jaren '80, zie Tabel 6.

Tabel 6: Aantal warmtepompen gekoppeld aan warmtenetten in Zweden volgens warmtebron en jaar van indiening

	Afvalwater		Zeewater		Afvalwater/ander		Ander	
	#	MW	#	MW	#	MW	#	MW
1981	1	3						
1983	5	84			4	38	2	24
1984	7	53	5	27	1	12	7	81
1985	4	52	5	86	2	34	3	28
1986	9	278	10	232	2	50	3	29
1988					1	22		
1989			2	4				
1991	1	32						
1996	1	29						
1997	2	80					3	22
1999	1	7					1	9
2001							2	70
2002	1	1						
Som	32	619	22	349	10	156	21	263

Ander: grondwater, industriële restwarmte, koelnet of rookgascondensatie

Bron: Persoonlijke communicatie met Svensk Fjärrvärme

3.4. NEDERLAND

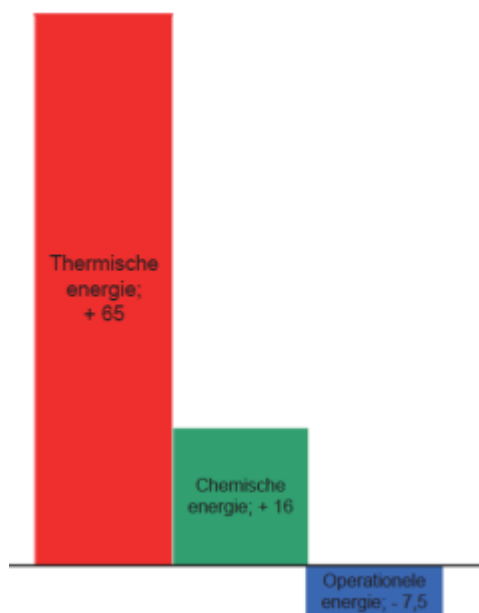
3.4.1. DE HYPE

In Nederland is op het eind van vorig decennium de interesse voor riothermie ontstaan. Aanleiding daartoe was een analyse van de energiehuishouding in de waterketen (STOWA, 2009). Deze studie kwam tot volgende conclusie: "De hoeveelheid thermische energie die huishoudens aan de waterketen toevoegen (voor het verwarmen van water) is een factor 10 tot 20 groter dan de operationele energie. Deze thermische energie gaat grotendeels onderweg naar de rwzi verloren door uitwisseling van warmte met de wanden van het rioolstelsel en de menging met koudere

waterstromen zoals regenwater en grondwater. Het winnen van deze energie kan relatief eenvoudig worden gerealiseerd.”

Het jaar erop werd de mogelijke bijdrage van riothermie als warmtebron berekend; het resultaat was dat over het ganse land niet minder dan 65 PJ aan warmte met het rioolwater wordt weggespoeld, zie Figuur 17 (STOWA, 2010). Dit rapport besluit namelijk: *“Door huishoudens en bedrijven wordt 65 PJ per jaar aan thermische energie aan het afvalwater toegevoegd. Driekwart (49 PJ/jaar) is afkomstig van huishoudens. De temperatuur van het afvalwater van huishoudens en bedrijven op het lozingspunt wordt geschat op 25 – 30 °C.”*

In Zwitserland kwam men tot gelijkaardige inschattingen; ongeveer 6000 GWh – wat overeenkomt met ruwweg 20 PJ – aan warmte gaat per jaar verloren via het rioolputje. Dit komt overeen met 7% van de warmtevraag voor ruimteverwarming en sanitair warm water in Zwitserland (Schmidt, 2008).



Figuur 17: De omvang van de belangrijkste energiesoorten in de waterketen in Nederland

Maar deze berekening strooit ons zand in de ogen. Ten eerste is het een berekening van het theoretisch potentieel. Het neemt hierbij een zeer hoog temperatuursverschil in rekening. Het steunt immers op de aanname dat huishoudelijk afvalwater geloosd wordt aan een gemiddelde temperatuur van 27°C (zie bijgevoegde tabel 4.1). Voor industrieel- en bedrijfsafvalwater is een lozingstemperatuur van 25 °C aangenomen. Als referentietemperatuur neemt deze studie een nulpunt van 4 °C aan; dit is de ondergrens voor winning van thermische energie uit water met een warmtepomp. Het neemt zo een temperatuursval van ongeveer 22°C in rekening, daar waar riothermiesystemen in werkelijkheid de temperatuur van het afvalwater zelden met meer dan 1 °C doen dalen. In werkelijkheid zal er in Nederland hoogstens enkele PJ aan warmte uit het afvalwater te halen zijn.

TABEL 4.1 VERWARMDE WATERSTROMEN IN HET HUISHOUDEN PER PERSOON

Watergebruik	Volume in liter/dag	Temperatuur in °C	Toegevoegde warmte in Wh/inw/d
Voedselvoorbereiding	2	14	7
Wastafel	5	15	26
bad	3	30	77
Wassen hand	2	14	7
Toiletspoeling	37	15	189
Douche	50	35	1870
Wasmachine	16	40	738
Afwassen hand	4	25	88
Afwasmachine	3	30	92
Koffie/thee	1	22	17
Water drinken	1	37	43
Overige keukenkraan	5	14	17
Totaal	128	27	Circa 3.170

Bron: TNS-NIPO (2008). Watergebruik thuis 2007. Rapport C6026, 31 januari 2008

Een ander belangrijk aspect dat niet in de berekening is opgenomen, is de energie die nodig is om de laagwaardige warmte op te krikken tot een bruikbaar niveau. Daarvoor is dus een warmtepomp nodig en deze heeft elektriciteit nodig. Een degelijke warmtepomp heeft al rap 0,25 MJ aan stroom nodig om 1 MJ aan warmte op een hoger temperatuurniveau te brengen (COP = 4). Rekenen we verder om naar primaire energie door een globaal opwekkingsrendement voor stroom van 40% aan te nemen, dan komen we tot een primaire energie-input van ongeveer 0,6 PJ die nodig is om 1 PJ uit afvalwater een nuttige bestemming te kunnen geven.

Deze rigoureuze presentatie van het potentieel heeft in Nederland een ware hype rond riothermie veroorzaakt en elke Nederlandse stad, die zichzelf een beetje respecteert, heeft dan een studie besteld om het potentieel aan riothermieprojecten in haar gebied te kennen.

3.4.2. DE PROJECTEN

Na een aantal jaren kunnen we de balans opmaken van het aantal projecten dat is uitgevoerd naar aanleiding van de interesse naar riothermie.

Tabel 7 geeft een overzicht; het werd samengesteld op basis van diverse berichten van het internet.

Wat uit het overzicht opvalt is dat de alle projecten warmteonttrekken aan het waterzuiveringsstation; meestal van het effluent, bij enkele uitzondering ook van het influent. Een aantal projecten worden nader toegelicht.

Tabel 7: Overzicht riothermieprojecten in Nederland

Gemeente	Warmte uit	Bevoorraadt	Hoeveelheid warmte [MWh/jaar]	Van start
Apeldoorn	Effluent RWZI	Kantoorgebouw		Uitgevoerd?
Harnaschpolder	Effluent RWZI	1600 woningen 13000 m ² utiliteit		Januari 2013
Raalte	Effluent RWZI	Zwembad	1130	26/9/2013
Urk	Riolering	Zwembad		Najaar 2015
Ede	Effluent RWZI	Woonwijk		Interesse
Groningen	Effluent RWZI	Voedingsbedrijf Zwembad		Afgevoerd

→ Harnaschpolder - Delft

Uit: http://waterenergie.stowa.nl/Projecten/Warmtepomp_RWZI_Harnaschpolder.aspx?pld=70 –
geraadplaagd op 22/6/2014

Warmtebedrijf Eneco Delft wint als eerste in Nederland op grote schaal restwarmte uit rioolwater. Via een lokaal warmtenet kunnen we hiermee ca. 1600 woningen en 13.000 m² utiliteit van milieuvriendelijke warmte voorzien.

Het belangrijkste warmteproductiemiddel van het station is een warmtepomp van 1,2 MWth die warmte onttrekt aan het gezuiverde afvalwater van de rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) Harnaschpolder. De warmtepomp is in Denemarken gebouwd en per vrachtwagen naar het warmtestation getransporteerd. Een warmtepomp die warmte aan effluent onttrekt met deze capaciteit is in Nederland nog niet eerder toegepast. Omdat het warmtenet is ontworpen als zogenaamd laag temperatuurnet (de aanvoer temperatuur is 75°C) was de toepassing van de warmtepomp mogelijk.

Het hoogheemraadschap van Delfland levert warmte via rioolwaterzuiveringinstallaties. Deze warmte verdwijnt momenteel onbenut in het oppervlaktewater. Bij de RWZI in de Harnaschpolder is een pomp geïnstalleerd met een vermogen van ca. 200 m³/uur. Deze pompt maximaal 6 miljoen liter van het schone effluent, met een temperatuur tussen de 12 en 20 °C, naar het naastgelegen Warmtestation. Hier onttrekt de warmtepomp warmte aan het effluent en verwarmt hiermee het water van het warmtenet. Het effluent, dat circa 5 °C is afgekoeld gaat vervolgens weer terug naar de RWZI en verdwijnt daarna alsnog in zee.

De warmtepomp is een gesloten systeem op basis van zuigercompressoren en heeft als koelmiddel ammoniak. Dit koelmiddel draagt niet bij aan het broeikas-effect. Ter voorkoming van mogelijke schade voor mens en milieu in het geval van een calamiteit, is de warmtepomp in een aparte machinekamer opgesteld en is voorzien van een 'scrubber' welke bij een eventuele lekkage, de lucht in de machinekamer zuivert van het ammoniak. Naast de warmtepomp zijn in het warmtestation een aardgasgestookte WKK, 3 ketels (met elk een vermogen van circa 5 MW) en 3 buffervaten opgesteld voor piekvraag en back-up.

Dagelijks wordt er gemiddeld 260 miljoen liter afvalwater gezuiverd op de RWZI Harnaschpolder. Er is op termijn dus nog voldoende water beschikbaar om het op grotere schaal in te gaan zetten.

→ Raalte

Uit: http://waterenergie.stowa.nl/Projecten/Verwarming_Zwembad_Raalte.aspx?pid=72 – geraadpleegd op 22/6/2014

Waterschap Groot Salland en de gemeente Raalte hebben een demonstratieproject opgezet voor de warmtelevering vanuit de rioolwaterzuiveringsinstallatie aan het Raalter zwembad Tijenraan. De temperatuur van het effluent van de waterzuivering varieert van 8 tot 20 °C en bevat dus thermische energie. Effluent wordt geloosd op het oppervlaktewater.

In dit project willen Waterschap Groot Salland en de gemeente Raalte de thermische energie gebruiken om het dichtbijgelegen zwembad Tijenraan te verwarmen. Doelstelling van het project is om een efficiënte Thermische Energie Transfer Systeem (TETS) te ontwikkelen en te realiseren en de daarmee opgedane kennis te delen.

De rioolwaterzuivering in Raalte is gebouwd in 1963 en is drie keer uitgebreid. Deze zuivert het afvalwater van woningen en bedrijven uit de kernen Raalte, Broekland, Heeten, Nieuw Heeten, Haarle, Luttenberg, Mariënheem en Lemelerveld. Per dag stroomt er 7.500.000 liter afvalwater (bij regen kan dat oplopen naar 3 à 4 zoveel) door de riolering richting rioolwaterzuivering. De rioolwaterzuivering levert twee 'eindproducten': schoon water en slib. Het is de bedoeling dat daar als derde product 'energie' bijkomt. Kortom, het afvalwater-effluent 'maakt een uitstapje': in plaats van dat het direct geloosd wordt op het oppervlaktewater gaat het eerst nog langs het zwembad. Daar geeft het de warmte af die er nog in zit. De verwachting is dat het zwembad daardoor zo'n 50 procent kan besparen op de stookkosten (gasverbruik). Uiteraard vermindert daarmee ook de CO₂-uitstoot. Zo is uitgerekend dat Restwarmte rwzi Raalte per jaar 137.000 kilo minder CO₂-uitstoot oplevert en een kostenbesparing voor het zwembad (de gemeente) van 25.000 euro.

In de zomer van 2012 is het haalbaarheidsonderzoek door een onafhankelijk en gespecialiseerd bureau afgerond met een positief resultaat. [...] De terugverdientijd is zeven jaar. Het hart van de installatie wordt gevormd door de leidingen, aangevuld met een warmtepomp en een warmtewisselaar. Die zetten het warme water om in energie. De installatie werd in september 2013 in bedrijf genomen. Het Raalter zwembad is het eerste zwembad in Nederland dat wordt verwarmd met energie uit gezuiverd rioolwater.

→ Urk

Uit: <http://www.denoordoostpolder.nl/nieuws/56952/water-zwembad-t-bun-wordt-verwarmd-uit-afvalwater/> – geraadpleegd op 22/6/2014

Uit: *Algemene Vergadering van Waterschap Zuiderzeeland van 29 oktober 2013*

Dit project is een uitzondering op de andere projecten vermeld in Tabel 7 omdat de warmte hier onttrokken wordt uit de riolering en niet uit het effluent. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de rioolpersleiding van Waterschap Zuiderzeeland, die van het hoofdgemaal naar de waterzuiveringsinstallatie in Tollebeek loopt. Deze duurzame manier van verwarmen wordt naar verwachting in het najaar van 2015 gerealiseerd. De rioolpersleiding die een groot deel van het afvalwater uit de kern Urk afvoert, ligt op 100 meter van het zwembad.

Het project is tot stand kunnen komen dankzij een gunstige samenloop van omstandigheden; zowel aan het zwembad als de riolering zijn er op korte termijn renovatiewerken gepland. Het project is ook mee aan het licht gekomen dankzij de opmaak van een riothermiekansenkaart,

getuige de notules van de Algemene Vergadering van Waterschap Zuiderzeeland van 29 oktober 2013:

[...]

Kanttekening bij toepassing van riothermie is dat door de onttrekking van warmte uit het afvalwater, dit water met een lagere temperatuur aankomt op de RWZI. Dit kan een negatieve invloed hebben op het zuiveringsrendement. Dit aspect speelt met name een rol als de riothermie plaatsvindt dichtbij de zuivering. Bij toepassing van riothermie bij zwembad 't Bun op Urk is de afstand tot de RWZI Tollebeek ca. 7,5 km. Hiermee heeft dit waarschijnlijk geen invloed op het zuiveringsrendement van de RWZI, hierop zal gemonitord worden. Afspraken over wanneer wel en wanneer niet warmte onttrekken kunnen, indien nodig, vastgelegd worden in een overeenkomst.

[...]

Zwembad 't Bun - Urk

Het rioolstelsel van Urk is voornamelijk een gemengd rioolstelsel. De gemalen Urk-kern en Urk-Stortemelk voeren het afvalwater via twee persleidingen af naar RWZI Tollebeek waarvan de noordelijke leiding de grootste afvoer verzorgt. Uit de berekening van het energieaanbod uit afvalwater blijkt dat in deze persleidingen 60 tot 80 kW beschikbaar is (zie kanskaart riothermie Urk - zie Figuur 18). Langs de noordelijke leiding (vanaf Urk-kern) ligt zwembad 't Bun. Dit zwembad wordt komend jaar grondig gemoderniseerd. Door toepassing van het energieaanbod in de noordelijke leiding voor de verwarming van het zwembad kan een aanzienlijke besparing worden behaald in het energieverbruik van het zwembad (ruim 50%). Door toepassing van riothermie te integreren met de verbouwing kunnen de investeringskosten voor riothermie worden beperkt.

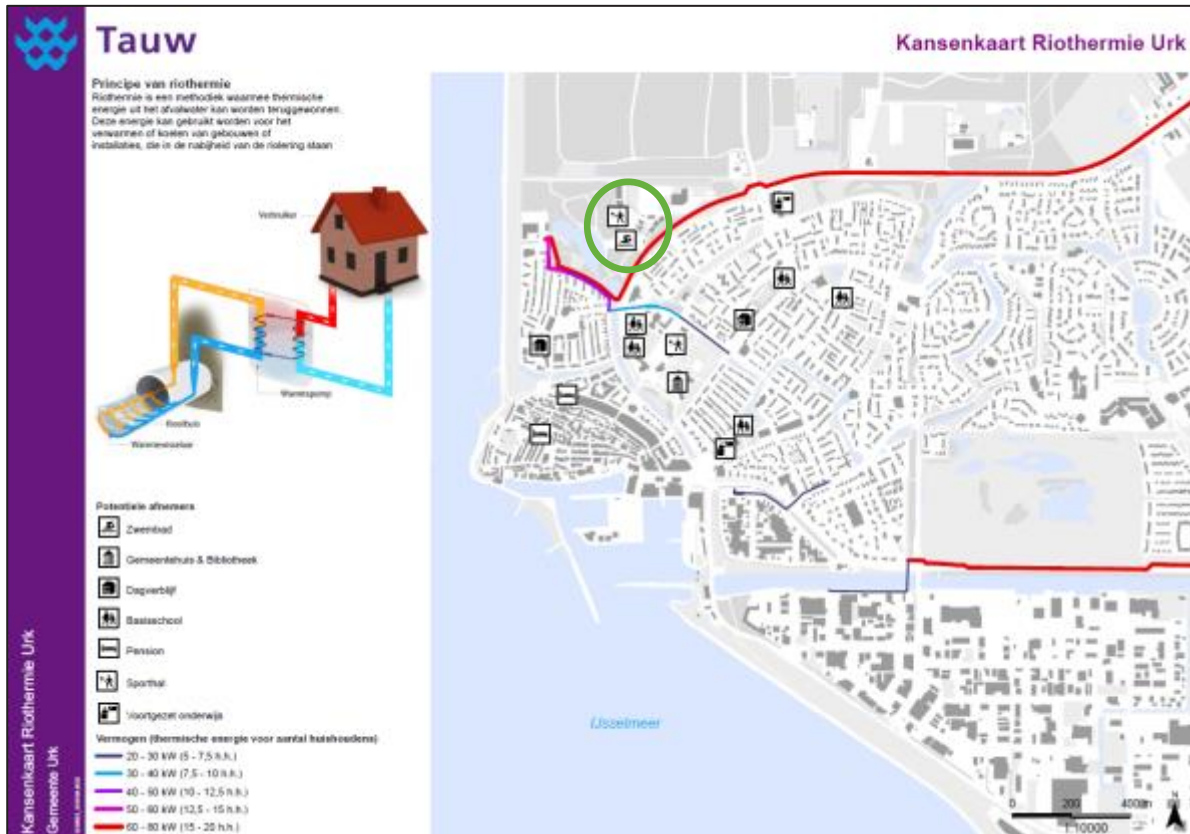
Overige ontwikkelingen op Urk m.b.t. afvalwaterketen

In de meerjarenbegroting van Waterschap Zuiderzeeland staat voor 2015 een investering geraamd voor het aanpassen van het gemaal Urk-kern, dat nabij het zwembad ligt. Deze aanpassing heeft geen invloed op het leidingwerk. In combinatie met planontwikkeling vanuit de gemeente Urk kan de locatie van het gemaal wijzigen (deze zou dan dichterbij het zwembad komen te liggen), echter in deze fase is dat te onzeker. Een andere ontwikkeling die speelt met betrekking tot de persleidingen op Urk is het in gebruik nemen van de koppelleiding tussen de noordelijke persleiding (Urk-kern – RWZI Tollebeek) en de zuidelijke persleiding (Urk-Stortemelk – RWZI Tollebeek). Deze koppelleiding prikt in nadat de noordelijke persleiding het zwembad is gepasseerd en heeft derhalve geen invloed op het riothermie project.

Werkzaamheden voor Waterschap Zuiderzeeland

De gemeente Urk heeft een bestuurlijk verzoek gedaan voor een bijdrage aan het demonstratieproject riothermie bij Zwembad 't Bun op Urk. DenH heeft besloten om het aanbrengen van een warmtewisselaar in de persleiding onder directievoering van Waterschap Zuiderzeeland plaats te laten vinden. Daarnaast zal het jaarlijks uit te voeren beheer en onderhoud aan de persleiding (voor een goede functionaliteit) door het waterschap worden gedaan. De motivatie hiervoor is:

1. Het aanbrengen van een warmtewisselaar rondom de persleiding van het waterschap moet dusdanig gebeuren dat de integriteit van de leiding gegarandeerd blijft. Het transport van het afvalwater via de persleiding is een kerntaak van het waterschap, directievoering over de werkzaamheden aan de persleiding is dan op zijn plaats. Hiermee houdt het waterschap de regie over de persleiding, wordt kennis opgebouwd over nieuwe ontwikkelingen en weten we zeker dat de kwaliteit van het werk goed is. De interne personeelskosten voor deze directievoering worden geraamd op €17.000. Deze personeelsinzet wordt opgevangen binnen de huidige formatie.
2. Door het bouwen van een installatie aan de persleiding, waarmee deze op een eenvoudige manier schoongemaakt kan worden zijn de jaarlijkse interne personeelskosten ca. €1.200 per jaar. Deze personeelsinzet wordt opgevangen binnen de huidige formatie.
3. De eenmalige investering voor de schoonmaakinstallatie wordt geraamd op €15.000 (inclusief BTW). De dekking hiervan wordt gevonden binnen het MVO Innovatiebudget van 2014.



Figuur 18: Riothermiekansenkaart voor Urk, Nederland

→ Groningen

Uit: <http://www.denewa.eu/websites/wetsus.nl/mediadepot/19155eb701e8.pdf> – geraadpleegd op 22/6/2014

Naast het Urkse project, dat wel van de grond is gekomen, is het ook interessant te kijken naar projecten in Groningen die juist werden afgelast.

In 2012 liet Groningen een quickscan van het potentieel aan riothermie voor haar gemeente uitvoeren (Ekwadmaat, 2012). De conclusie van deze studie was: *“Op basis van de resultaten van de Quick Scan kan globaal 7% van de warmte in de toekomst uit afvalwaterwarmte worden betrokken. Dit is een besparing van ca. 16 Miljoen m³ aardgas per jaar. Op basis van huidige prijzen (0,60 ct/m³ voor huishoudens) vertegenwoordigt dit een waarde van ruim 8 miljoen euro per jaar.”* (Zie Tabel 8)

Op basis van dit resultaat werd gezocht naar concrete projecten. Zo kwam ondermeer een nieuwe persleiding in het stadscentrum van Groningen in het visier, dat een gebied doorkruist waar stadsuitbreiding met maximaal 2.000 huizen voorzien is, zie Figuur 19 (Venema, 2013). Een kostencalculatie gaf een investeringskost aan tussen de 3,8 en 5,8 miljoen €, waarvan 0,095 miljoen gedekt zou kunnen worden door een subsidie. Het riothermieproject zou in ongeveer 70% van de warmtebehoefte van de huizen kunnen voorzien. De verwarmingskosten voor de huishoudens zouden dezelfde zijn met aardgas. Deze kosteninschatting gaf m.a.w. een weliswaar matig maar niettemin positief resultaat, waardoor het project groen licht kreeg.

Tabel 8: Resultaten riothermiepotentieel Groningen

Overzicht potentieel terug te winnen warmte	Huidig gebruik m ³ AE op jaarbasis**	Verwacht gebruik 2035	Terugwin potentie (m ³ AE)	Percentage in 2035	Percentage t.o.v. huidig gebruik
Huishoudens	120.000.000	52.800.000			
Potentie in pandig douche WTW			3.800.000	7,20%	3,20%
Potentie lokaal nieuwe woningen			3.840.000	7,30%	3,20%
Potentie verzamelleidingen			3.454.545	6,50%	2,90%
Combinatie met bodemwarmte			604.545	1,10%	0,50%
Combinatie met WKO			1.036.364	2,00%	0,90%
MKB*	105.000.000	105.000.000			
Te herwinnen warmte uit riolering			800.000	0,80%	0,80%
Grootverbruikers (industrie)*	65.000.000	65.000.000			
Te herwinnen warmte			2.600.000	4%	4%
Totaal	290.000.000	222.800.000	16.135.454	7%	6%

* Aangenomen dat dit ongewijzigd blijft

** Bron: warmtevisie Groningen



Figuur 19: Riothermieprojecten bij stadsuitbreiding in Groningen

Het jaar erop echter brak in Nederland de huizen crisis door. Het bouwtempo zakte van 200 nieuwe huizen per jaar naar 20. Dit had als gevolg dat het ganse project on hold werd gezet.

Naast het project in het stadscentrum, kwam een ander project in de deelgemeente Bedum onder de aandacht. Het betreft specifiek een uitwisseling van restwarmte van het voedingsbedrijf Friesland Campina Domo aan het naburig sportcomplex 'De Beemde, zie Figuur 20.



Figuur 20: Project met restwarmteuitwisseling in Groningen

Friesland Campina Domo loost per dag ruim 5.000 m³ afvalwater met een temperatuur tussen de 22 en 35 °C. Het zwembad heeft anderzijds een jaarlijkse aardgasverbruik van 230.000 m³ voor het opwarmen van het zwembad tot een temperatuur van 29 tot 31 °C.

In 2007/2008 was er reeds een studie die aantoonde dat het haalbaar was om restwarmte, dat toen een temperatuur had tussen de 70 en 90°C aan een warmtenet te leveren. Echter besliste Friesland Campina Domo in 2009 om de restwarmte meer intern te valoriseren, waardoor de temperatuur van het afvalwater daalde tot 22 à 35°C. In 2010 steeg de politieke druk om afvalwater voor energie in te zetten en dat werd in 2011 en 2012 onderzocht. Eind 2012 viel uiteindelijk de beslissing om niet voor restwarmte van Friesland Campina Domo te kiezen, maar voor een gasabsorptiewarmtepomp. Terzelfdertijd was er een renovatie van het luchtbehandelingssysteem van het zwembad met een halvering van het energieverbruik tot gevolg. Een van de grote struikelblokken, die deze beslissing in het nadeel van riothermie deed overhellen, was ook de beperkte leveringsgarantie die Friesland Campina Domo wilde bieden. Het bedrijf wilde zich slechts engageren voor warmtelevering voor 10 jaar, terwijl het gemeentebestuur een afschrijftermijn van 15 jaar voor het project in rekening wil brengen.

In 2013 blijkt de discussie toch nog niet zijn afgesloten. In plaats van de gasabsorptiewarmtepomp zou er dan een eerder klassieke elektrisch aangedreven warmtepomp komen in combinatie met aardgasketels voor de piekbelasting. Ook wil men een projectsubsidie van 50.000 €, dat eerst voorzien was voor het riothermieproject in het centrum naar Bedum halen. Anderzijds bekijkt het Waterbedrijf Groningen of ze niet kan instaan voor de leveringszekerheid van de warmte. Wordt dus vervolgd.

3.5. BELGIË

Het buitenland mag dan al ervaring hebben opgedaan met riothermie, België blijft niet achter, getuige onderstaande demonstratieprojecten.

3.5.1. DEMONSTRATIEPROJECT IN BRUSSEL

Bron: www.vivaqua.be

Het eerste concrete demonstratieproject met riothermie vond in Brussel plaats.

In Anderlecht, waar het een roosterinstallatie op de Zenne exploiteert, wordt zijn gebouw verwarmd dankzij een warmtepomp (water-water) die warmte-energie uit de Zenne haalt. De pomp heeft een rendement van 400 %.

Op de site van Zaventem haalt een warmtepomp (water-water) de warmte van een aanvoerleiding die heel dicht in de buurt ligt. Deze pomp helpt bij het verwarmen van het gebouw waarin zo'n veertig beampten zijn ondergebracht.

De Brusselse watermaatschappij Vivaqua heeft een in 2013 proefproject opgezet om te onderzoeken in hoeverre rioolwater kan worden aangewend voor de verwarming van woningen. Onder een kruispunt van de Gentsesteenweg in de gemeente Sint-Jans-Molenbeek heeft Vivaqua in de riool een warmtewisselaar geïnstalleerd. De warmte die daar onttrokken wordt, wordt naar de technische lokalen van Vivaqua, 120 meter verderop, gevoerd. Doordat de leiding grotendeels door een ondergronds stormbekken loopt is er nauwelijks warmteverlies. Doel van dit proefproject is om na te gaan of de warmtewisselaar het normale debiet en de reiniging van de riolering beïnvloedt en of de materialen waaruit hij bestaat bestand zijn tegen de omstandigheden in de riolering.

3.5.2. DEMONSTRATIEPROJECT IN LEUVEN

Bron: toelichting over INNERS en beschrijving project door Mevr. Francken op Vlaams Smart City Energy Netwerk, Antwerpen, 8/10/2014

Het demonstratieproject in Leuven maakt onderdeel uit van het INNERS-project, zie 1.3.3 Het INNERS-project. Bij dit demonstratieproject wordt een gedeelte van het rioolwater afgeleid naar een appartementsgebouw, waar een warmtepomp er warmte uit onttrekt.

Op de locatie van het project stroomt er gemiddeld 45 m³/h (of 12 l/s) rioolwater met een gemiddelde temperatuur van 19,4 °C, zie Tabel 9. Dit is betrekkelijk warm en komt omdat zich stroomopwaarts het UZ zich bevindt.

Tabel 9: Demonstratieproject VLARIO: karakteristieken afvalwater

	Min	Max	Gemiddeld
Waterhoogte (cm)	2	22	5
Snelheid (m/s)	0,25	2,5	0,44
Debiet (m³/h)	4,6	>100	45
Temperatuur (°C)	15,2	22,5	19,4

Een gedeelte van het rioolwater wordt eerst afgeleid naar een pompput naast de riolering. Daar wordt het gefilterd en vervolgens naar de stookplaats van een appartementsgebouw uit de jaren '80 met 93 wooneenheden. Het betreft een gerenoveerd gebouw; het dak en de achtergevel zijn geïsoleerd.



Figuur 21: Demonstratieproject VLARIO: boven: afzinken pompput; links midden: wateropvangbak met rooster; links onder: aansluiting persleiding in technisch lokaal; rechts onder: aansluiting retourleiding in bestaande put

In de technische ruimte zijn twee warmtepompen van elke 125 kW geïnstalleerd met een 45°C stooklijn (max 55°C). De ontwerp COP¹ van deze warmtepomp bedraagt 4,5. Door de

¹ COP = Coefficient of Performance = verhouding warmte-output versus elektriciteitsinput

warmteonttrekking daalt de temperatuur van het rioolwater met 4,5°C. Naar verwachting zullen deze in kunnen staan voor 50 à 60% van de warmtebehoefte van het appartementsgebouw.

Om deze nieuwe warmtebron in het gebouw te kunnen inpassen werden tevens het bestaande verwarmingssysteem op stookolie vervangen door een aardgascondensatieketels (500 kW, fungeert als back-up), een warmtebuffer werd toegevoegd en verschillende radiatoren werden hergedimensioneerd.

De installatie werd in de zomer van 2014 geïnstalleerd; in het vervolg van dit project wordt deze installatie bemonsterd om er de werkelijke prestaties van te kennen.

3.6. ERVARING MET IMPACT VAN NEERSLAG

In dit subhoofdstuk gaan we dieper in op ervaringen van neerslag op de temperatuur van het rioolwater. Het is immers een belangrijke kritische succesfactor voor riothermie, maar het is pas met de ontwikkeling van riothermie dat er ook aandacht is voor de temperatuurhuishouding in de waterketen. Er zijn thans bijgevolg slechts een paar studies beschikbaar die ons meer inzicht geven op de temperatuur van het rioolwater en hoe neerslag deze beïnvloedt.

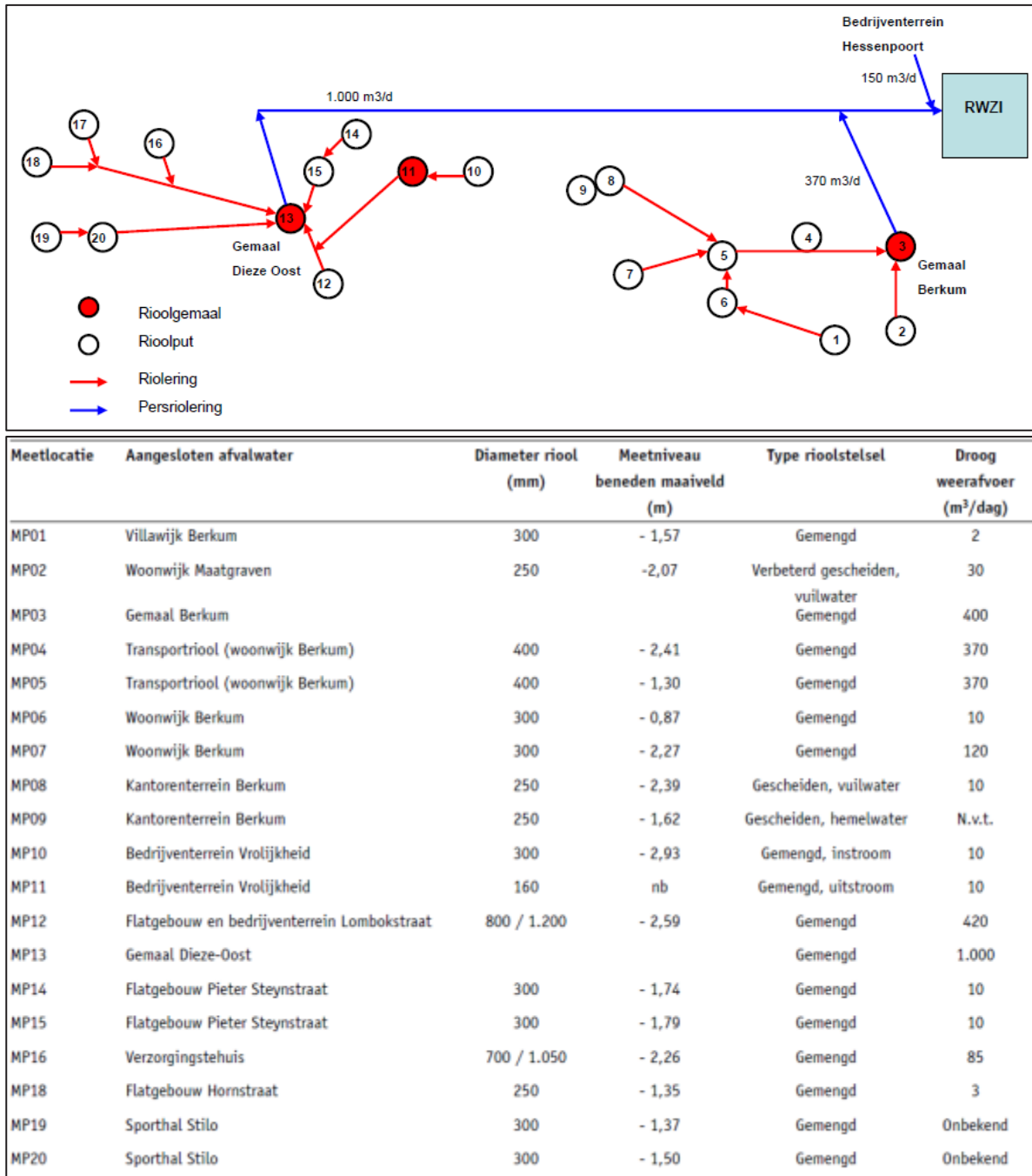
3.6.1. MEETCAMPAGNE DOOR STOWA IN ZWOLLE

Een eerste studie werd uitgevoerd door het Nederlandse STOWA in 2010 (STOWA, 2011). In het rioleringsstelsel van de stad Zwolle werden 20 meetinstallaties ingebracht, zie Figuur 22. Om de invloed van neerslag inzichtelijk te maken zijn de neerslaggegevens van de regenmeter op de RWZI Hessenpoort geanalyseerd. Aan de hand van drie peilbuizen in de omgeving van het onderzoeksgebied is inzicht verkregen in de grondwaterstand en de temperatuur van het grondwater en de ondergrond.

De metingen startten op 12 januari 2010, in het midden van een uitzonderlijk strenge winter. De meetcampagne liep tot juli 2010.

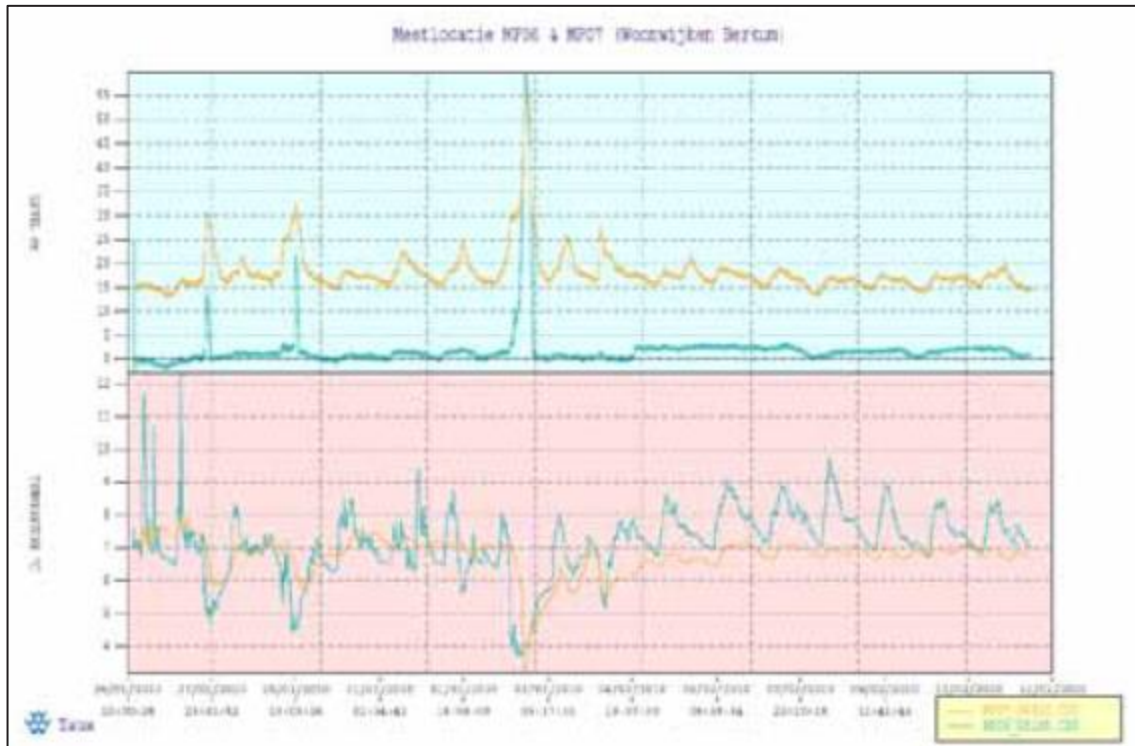
Grafiek 3 illustreert voor twee verschillende meetpunten in Berkum (MP06 en MP07) de meetwaarden van temperatuur en druk (waterhoogte) in de periode 26 januari tot en met 12 februari 2010. Uit deze grafiek komt een duidelijk dagritme naar voren bij zowel de druk- als de temperatuurmeting. Op enkele dagen (27/1, 29/1 en 3/2) is een plotse daling van de temperatuur waarneembaar, die gepaard gaat met een relatief grote afvoer. Dit is het gevolg van neerslag en smeltende sneeuw geweest. Op 2 februari is een dooiperiode ingetreden. Het effect daarvan is vertraagd waargenomen op 3 februari als gevolg van de instroom van smeltwater. Deze afvoerpieken van smeltwater gaan gepaard met lage temperaturen.

Grafiek 4 toont het effect van neerslag op twee andere punten (MP04 en MP05). Door neerslag op 3 april daalt de temperatuur van het rioolwater met ongeveer 2°C, maar de neerslag van 20 maart doet de temperatuur van het rioolwater eerder toenemen.

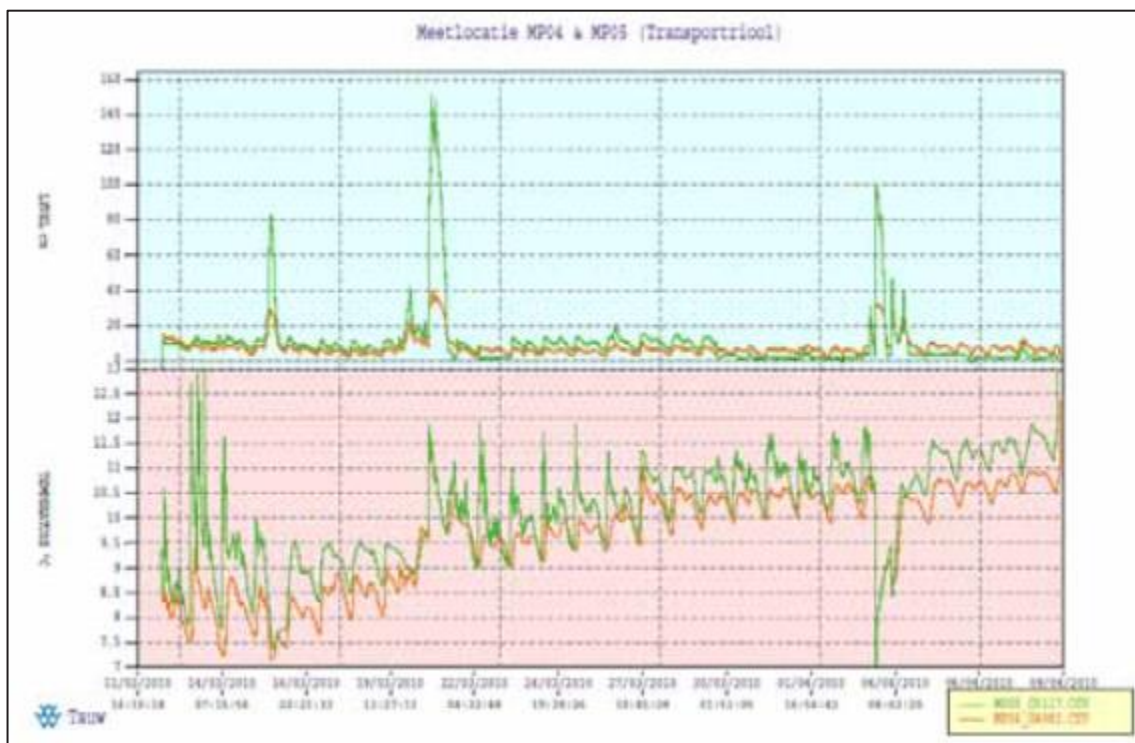


Figuur 22: Locaties voor meten van temperatuur van rioolwater in Zwolle

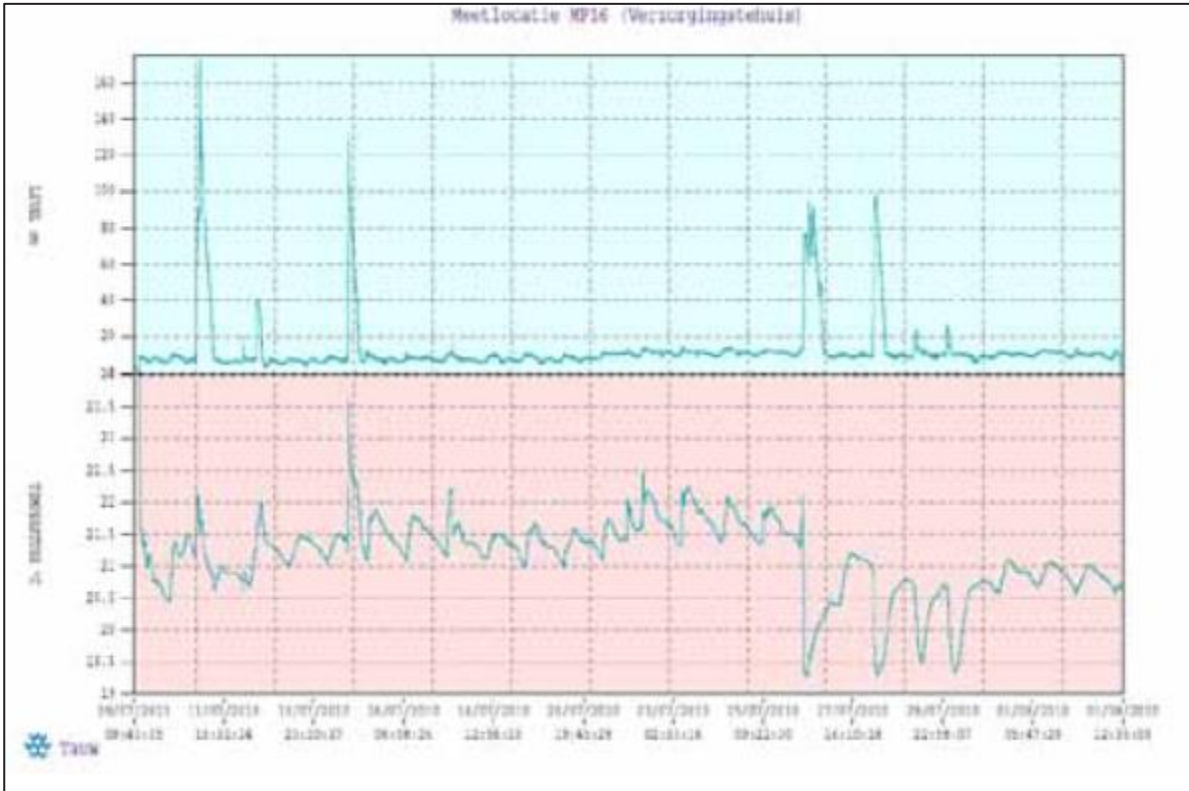
Dat onder invloed van neerslag er een stijging van de temperatuur van het rioolwater kan plaatsvinden wordt geïllustreerd door Grafiek 5. Een stijging doet zich voor op 14/7; een daling op 26 t/m 29/7/2010. De temperatuur van regenwater dat in het riool stroomt is sterk afhankelijk van de temperatuur van het afstromend oppervlak. Wanneer het afstromend oppervlak eerder op de dag is opgewarmd door de zon zal dit een verhoging van de afvalwatertemperatuur in de riolering veroorzaken.



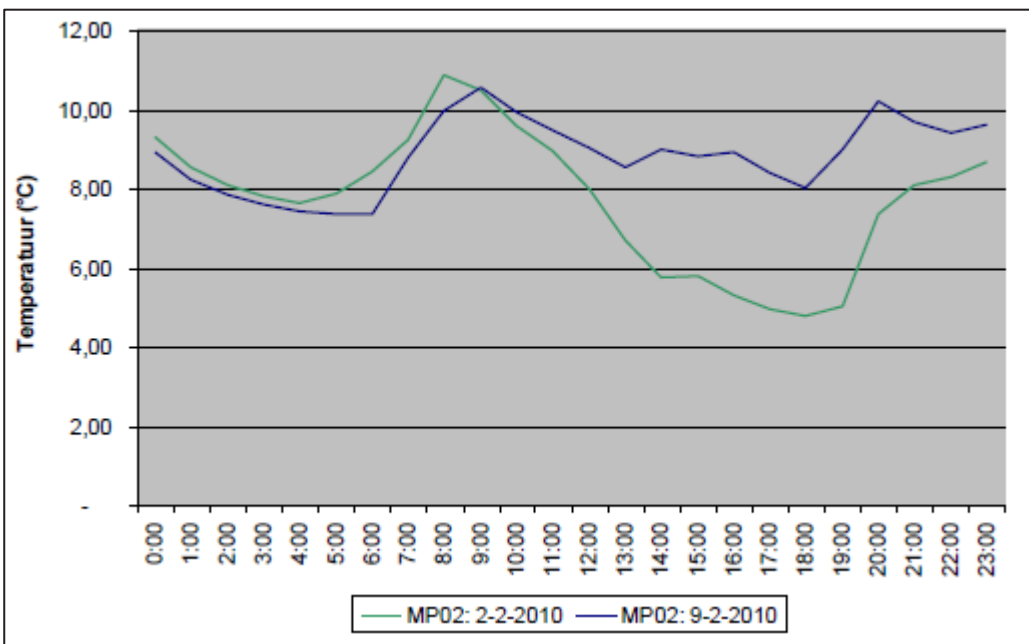
Grafiek 3: Metingen in twee woonwijken van Zwolle: boven: waterhoogte van het rioolwater - onder: temperatuur van het rioolwater



Grafiek 4: Metingen langs transportriool in Zwolle: boven: waterhoogte van het rioolwater - onder: temperatuur van het rioolwater



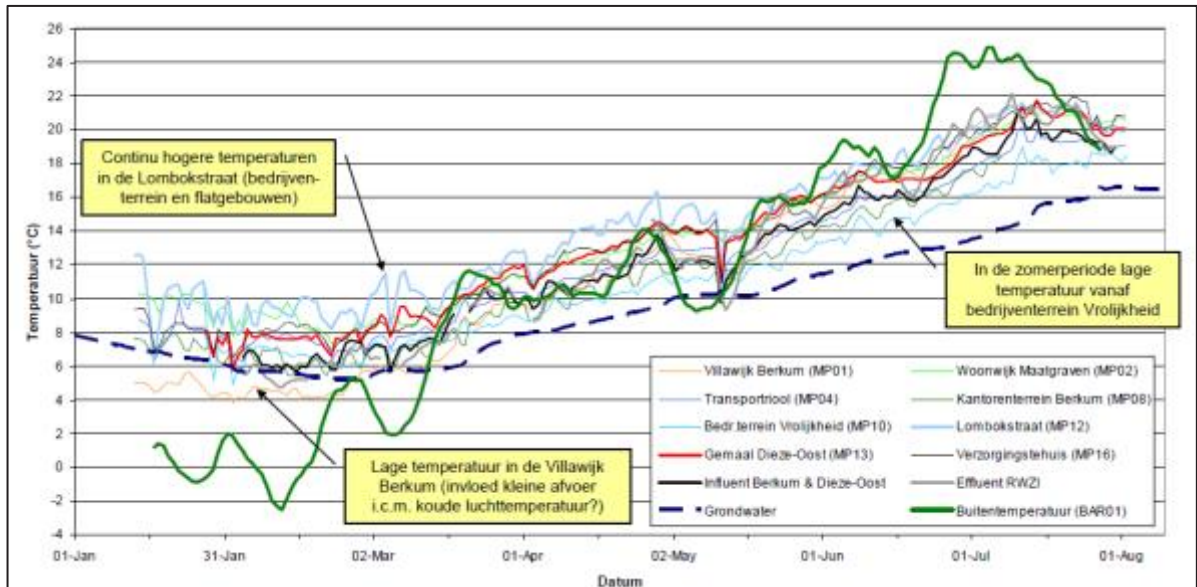
Grafiek 5: Meting nabij verzorgingstehuis: boven: waterhoogte van het rioolwater - onder: temperatuur van het rioolwater



Grafiek 6: Gemiddelde uurtemperatuur op een meetpunt: met en zonder regen

In Grafiek 6 is voor meetpunt 2 de gemiddelde uurtemperatuur van het afvalwater op een DWA dag (9 februari 2010) vergeleken met een dag met veel koude neerslag (2-2-2010). Op dinsdag 2

februari viel er 17 mm neerslag en op dinsdag 9 februari viel er geen neerslag. Onder invloed van deze winterse neerslag vertoont de temperatuur van het afvalwater een sterke daling. Meetpunt 2 betreft een verbeterd gescheiden stelsel waarbij de eerste hoeveelheid neerslag in de riool terecht komt.



Grafiek 7: Daggemiddelde temperatuur van het rioolwater op diverse plaatsen, grondwater en buitenlucht

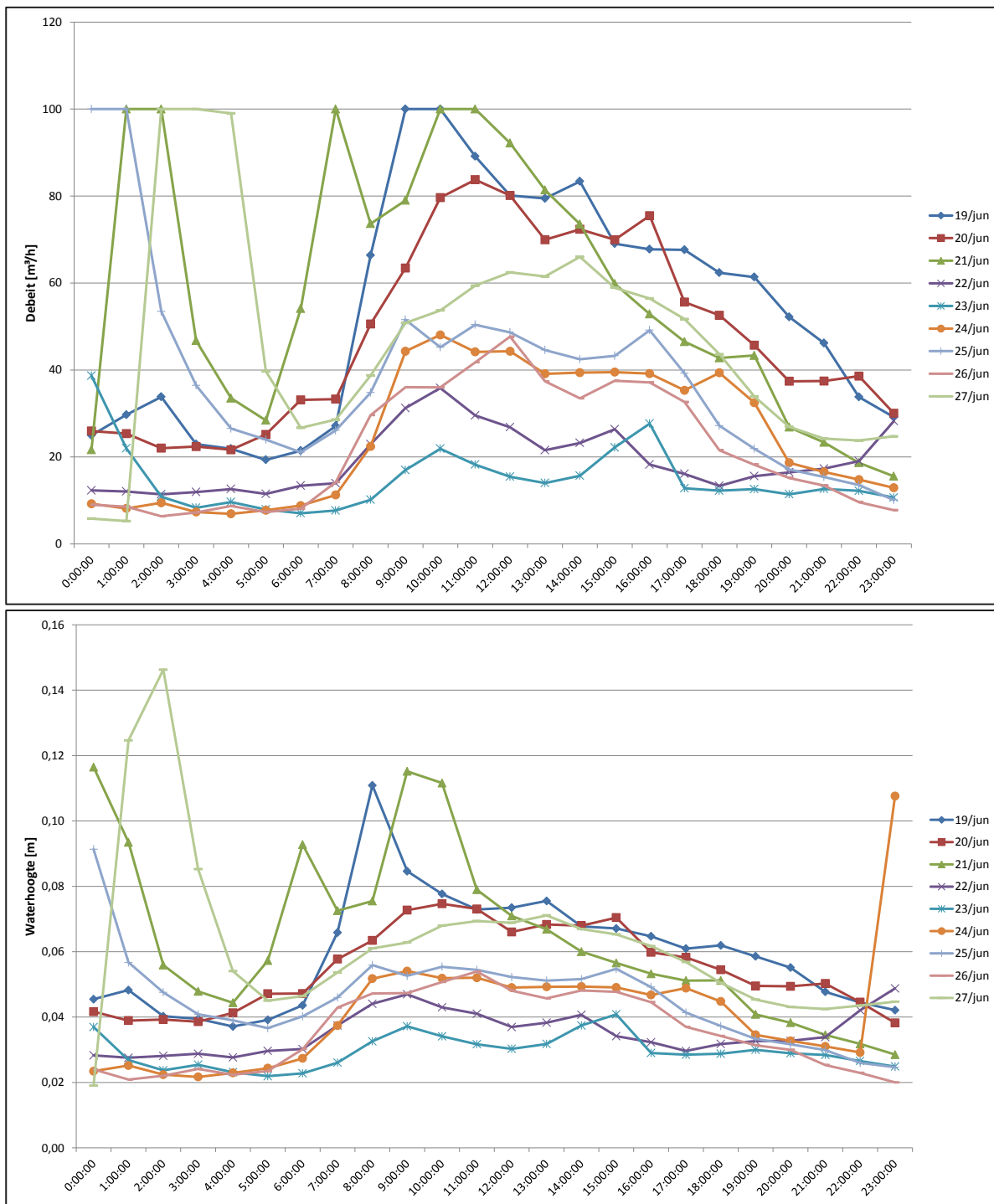
Grafiek 7 vergelijkt tot slot de gemiddelde dagtemperaturen van het rioolwater op diverse plaatsen met de grondwater- en buitenluchttemperatuur. Deze grafiek toont onder andere aan dat de temperatuur van het afvalwater in de winter hoger is dan de buitentemperatuur en de grondwatertemperatuur. De gemiddelde dagtemperaturen in de winter in zowel het rioolstelsel als op de RWZI varieerden van 6,6 tot 8,3 °C. De buitenluchttemperatuur was in de winter van 2010 vaak onder het vriespunt. In de zomerperiode varieerden de temperaturen van de meetpunten tussen 16,4 en 19,4 °C. Ook volgt uit de figuur dat de temperatuur van het grondwater in bijna alle gevallen lager is dan die van het rioolwater.

3.6.2. MEETCAMPAGNE DOOR AQUAFIN IN LEUVEN

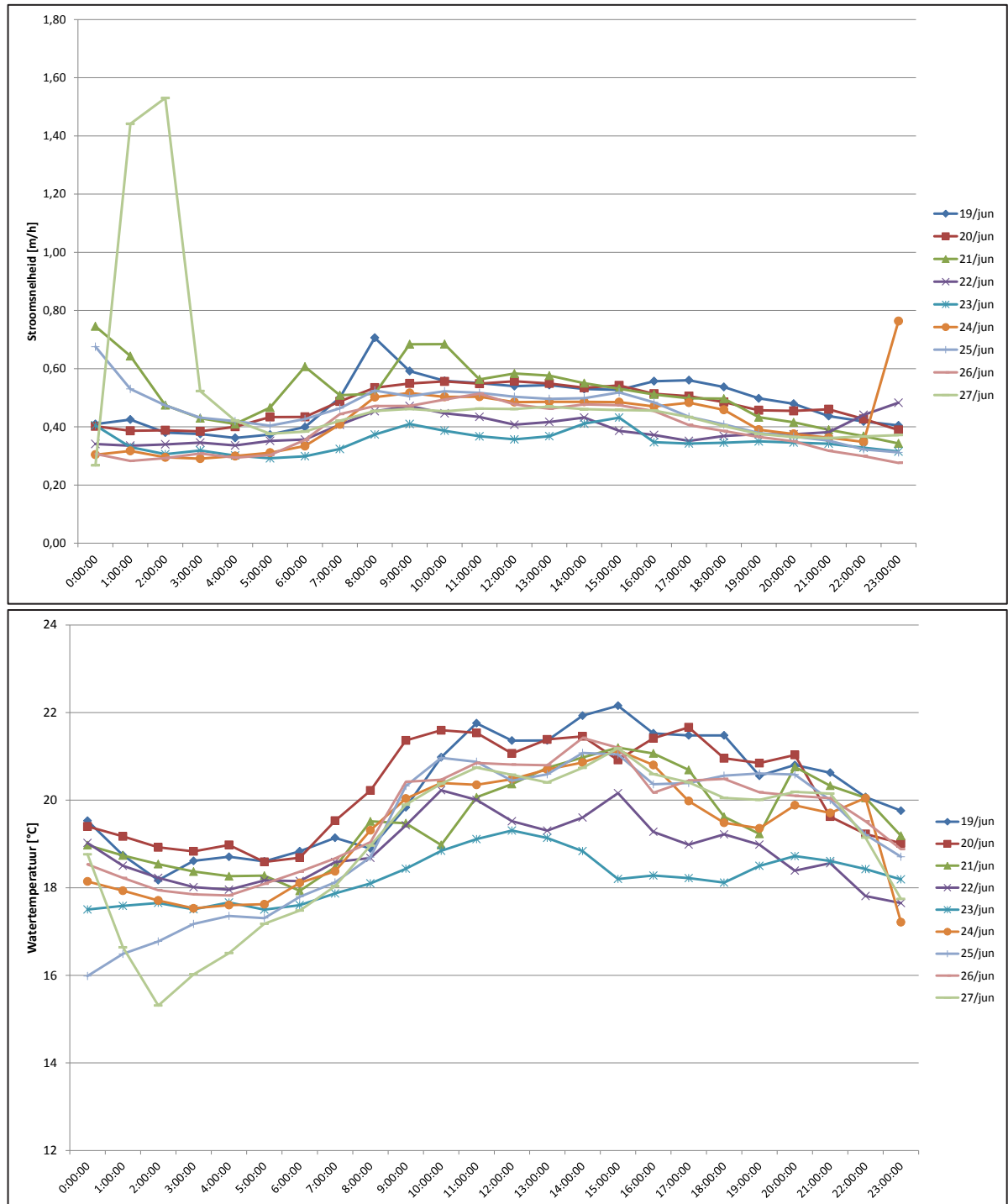
Het INNERS project voorziet ook in metingen van het rioolwater. Grafiek 8 en Grafiek 9 tonen tussentijdse meetresultaten van de periode 19 juni t.e.m. 27 juni 2014 van het rioolwater bij het demonstratieproject in Leuven.

Op die grafieken is een toename van het debiet te zien in de nacht van 24 op 24 juni (23/6 23:00 – 24/6 1:00) en in de vroege uren van 27 juni (1:00 – 2:00). In beide gevallen zakt de temperatuur van het rioolwater binnen 1 à 2 uur met 3°C. Na een paar uur is dit effect wel weggewerkt.

Ook op 19 en 21 juni is er een verhoging van het debiet zij het minder sterk; de temperatuurdaling (o.a. op 19/6 8:00 en 21/6 10:00) is echter beperkt tot 1°C en duurt minder dan een uur.



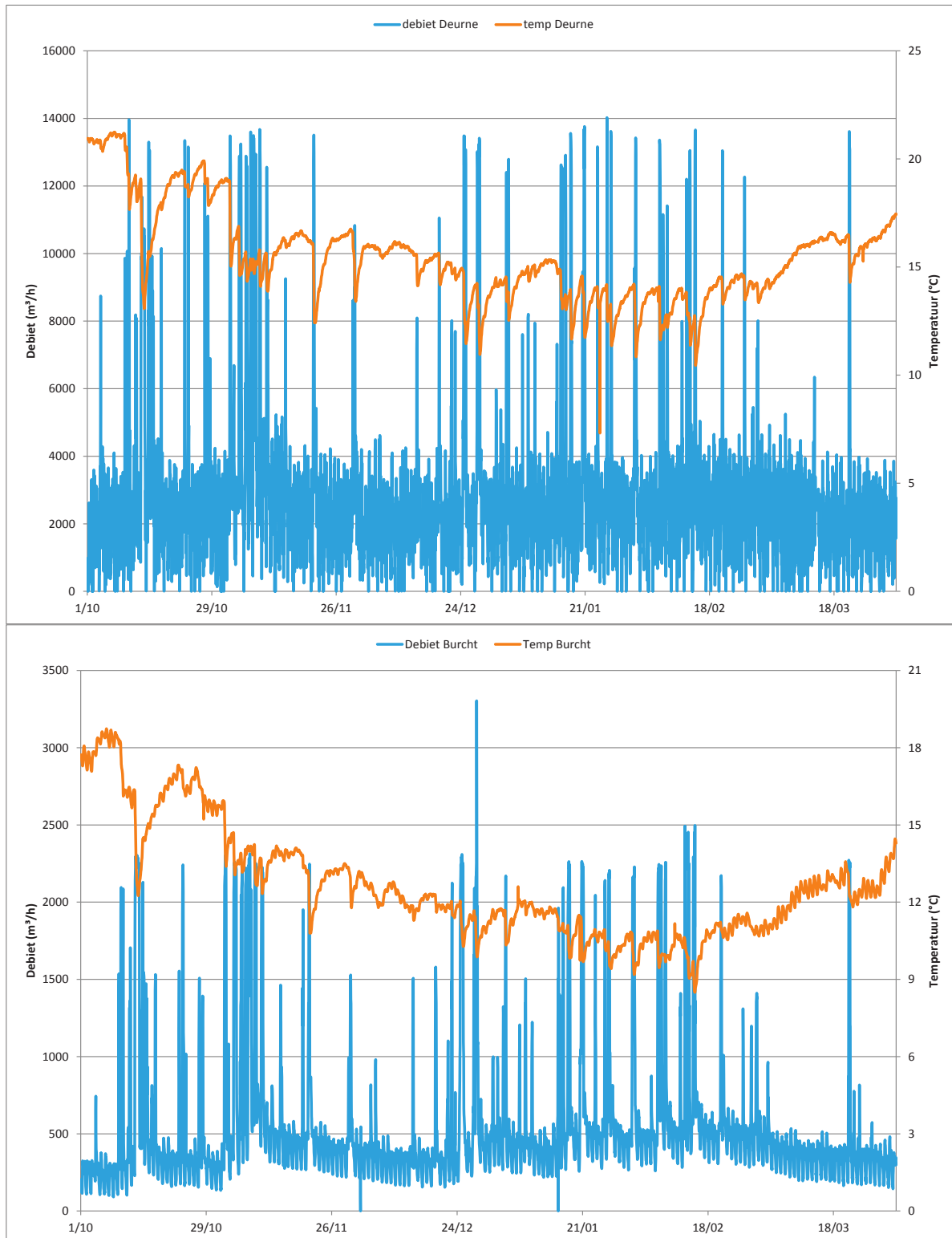
Grafiek 8: Metingen van rioolwater in Leuven: boven: debiet - onder: waterhoogte



Grafiek 9: Metingen van rioolwater in Leuven: boven: stroomsnelheid - onder: watertemperatuur

3.6.3. MEETGEGEVENS RWZI'S ANTWERPEN

Tot slot geven we nog meetgegevens weer van RWZI's van Deurne en Burcht, ons verstrekt door Aquafin. De meetgegevens zijn uurwaarden van 1 oktober 2013 t.e.m. 31 maart 2014 van het debiet en de temperatuur, zie Grafiek 10.



Grafiek 10: Debiet en temperatuur van 2 RWZI's: boven: Deurne - onder: Burcht

Op deze grafiek is duidelijk te zien hoe het debiet aanzwelt met een factor 7 à 8 onder invloed van neerslag. Temperatuurdaling met 3 à 4 °C zijn in deze gevallen geen uitzondering.

Wat hier opvalt is de duur van de verstoring; het duurt een aantal dagen eer de temperatuur weer het normale peil bereikt. Deze gegevens hebben dan ook betrekking op het effluent van de RWZI. Een RWZI is immers een installatie waar het water enige tijd wordt vastgehouden om het de tijd te geven om gezuiverd te worden. Een regenvlaag spoelt het vuile water deels weg en het duurt even eer vers influent de situatie herstelt.

3.6.4. CONCLUSIE

Uit deze meetgegevens blijkt dat neerslag een significante impact kan hebben op de temperatuur van het regenwater. Het kan aanleiding geven tot daling met een drietal °C. In de zomer treedt echter ook het omgekeerde effect op; regenwater komt eerst op een warm oppervlak terecht en neemt die warmte mee in de riolering waardoor in deze gevallen het rioolwater opwarmt.

Wat van belang is, is de duur van de verstoring. Deze kan variëren van een aantal uur tot een ganse dag, afhankelijk van de plaats in het stroomgebied: hoe verder stroomafwaarts, hoe langer dat de verstoring kan duren. In het effluent van RWZI's kan deze verstoring een aantal dagen aanhouden omdat de RWZI een grote hoeveelheid water vasthoudt en het tijd vergt eer er terug voldoende vers afvalwater binnenkomt om de situatie te herstellen.

HOOFDSTUK 4. OPMAAK KANSENKAART VOOR RIO THERMIE

4.1. METHODIEK

De opmaak van de kanskaart voor riothermie is een overlay van een kaart, die de vraag naar warmte toont enerzijds, en van een kaart die het potentieel warmteaanbod weergeeft uit het rioleringsstelsel anderzijds.

De kansen worden vervolgens bepaald door de mate waarin vraag en aanbod overeenstemmen.

4.2. IN KAART BRENGEN VAN VRAAG NAAR WARMTE

Voor de warmtevraag baseren we ons op de energievraagkaart van Eandis. We beperken ons tot de kaart 'warmte voor sanitair warm water' omdat we bij de zoektocht naar potentieel rendabele projecten ons eerst baseren op een warmtevraag die voldoende continu is in de tijd. Deze methodiek kan evenwel uitgebreid worden naar de volledige warmtevraag, dus inclusief ruimteverwarming.

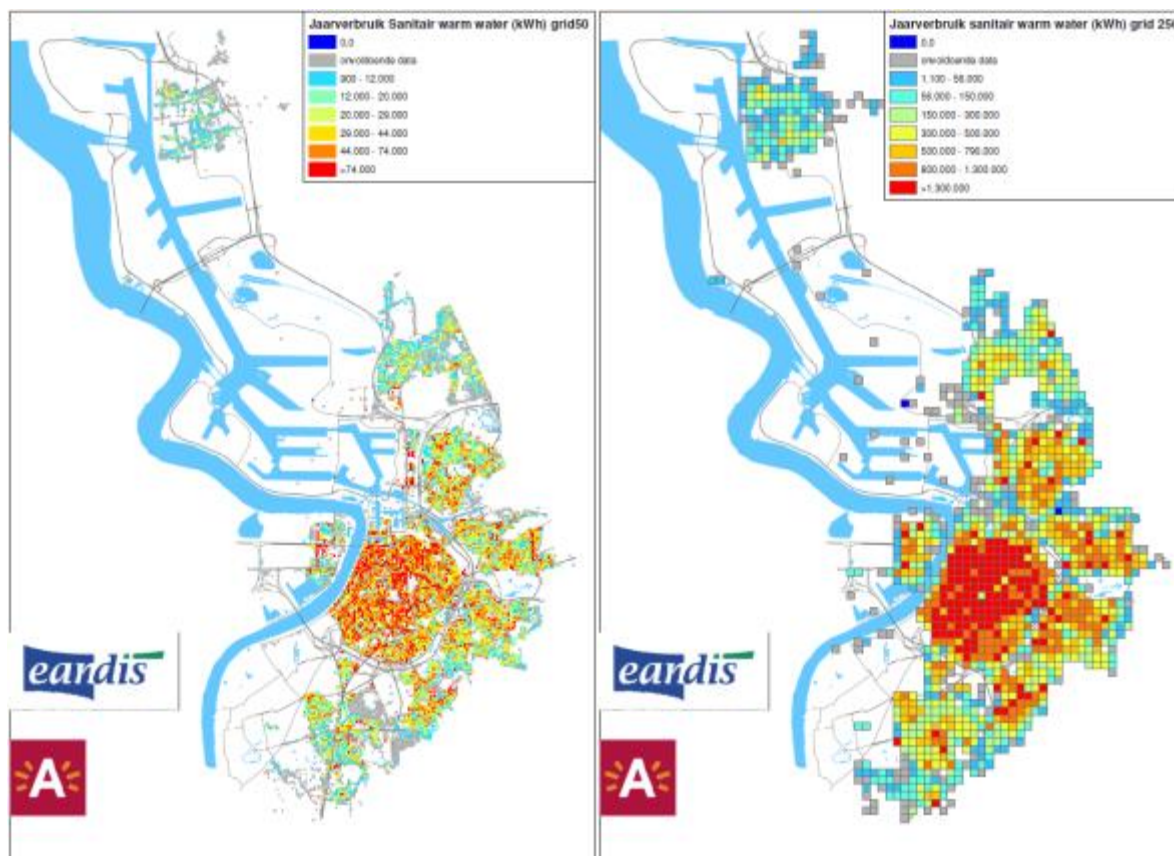
We kiezen voor het raster met een resolutie van 250m. De warmtevraag voor sanitair warm water is ook beschikbaar op een resolutie van 50m. Door de toepassing van confidentialiteitsregels (gridcellen met minder dan vier aansluitpunten worden niet weergegeven) verliezen we in deze kaart echter 13% van het jaarlijks verbruik voor sanitair warm water. Bij een resolutie van 250m is dit verlies beperkt tot 1,6% en worden de gegevens weergegeven voor een veel ruimer studiegebied, zie Tabel 10. Wat de uitval betreft, gaat het voornamelijk om grote verbruikers, want inzake het aantal aansluitingen die zo wegvallen betreft het minder dan 0,1%.

Tabel 10: Vergelijking tussen resolutie 50m en 250m

	Resolutie 50m	Resolutie 250m
Uitval verbruik	13%	1,6%
Totale warmtevraag SWW op kaart	634 GWh	716 GWh
Oppervlakte met warmtevraag	31 km ²	71km ²

De warmtevraag wordt uitgedrukt in kWh per gridcel, toestand 2012 en bestrijkt het grondgebied van de gemeente Antwerpen, met uitzondering van de deelgemeente Hoboken en de wijk Kiel (Infrac), zie Figuur 23.

Door onze keuze van de resolutie van 250m voor de vraagkaart werd ook de resolutie van de analyse aan de aanbodkant vastgelegd op 250m, zodat maximale afstemming tussen vraag en aanbod mogelijk is.



Figuur 23: Jaarlijks energieverbruik voor sanitair warm water (in kWh per gridcel). Links: resolutie 50m – Rechts: resolutie 250m

4.3. IN KAART BRENGEN VAN AANBOD AAN WARMTE

Voor het aanbod van warmte concentreren we ons op het warmte-aanbod vanuit de riolering. In deel 4 wordt vraag en aanbod dan met mekaar geconfronteerd.

Het aanbod aan warmte vanuit de riolering wordt berekend op basis van een aantal parameters die aangeleverd werden door Aquafin. Een belangrijke parameter hierbij is het gemiddelde droogweeraanvoerdebiet, ook afgekort als DWA-debiet.

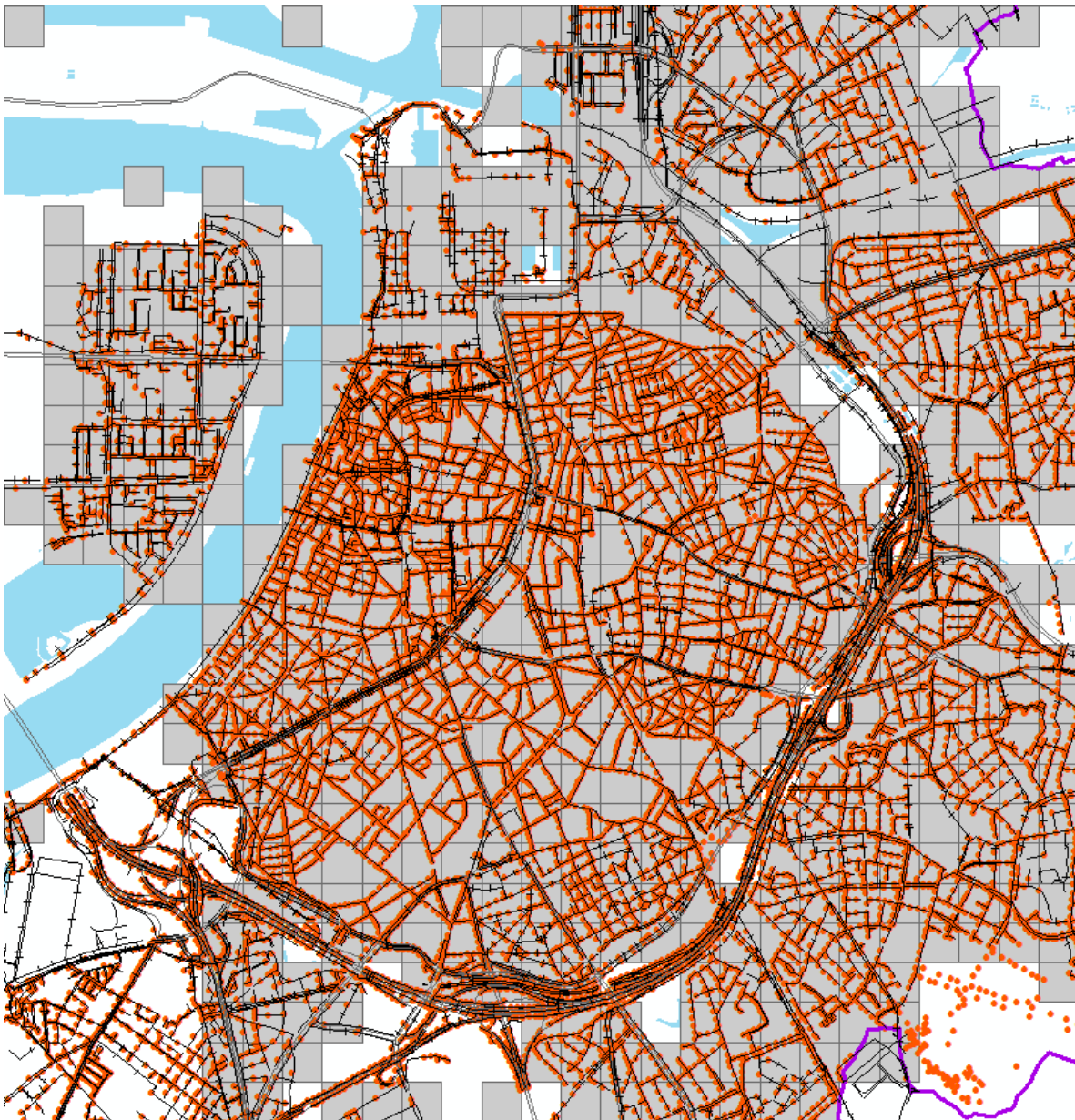
Gemiddelde DWA-debietsgegevens zijn beschikbaar voor 28.873 knopen in de Antwerpse riolering, zie Figuur 24. Het aantal knopen is het hoogst in het centrum met zijn fijnmazig wegennetstructuur en langs de ring.

Als eerste benadering werd aan de 250x250m gridcellen telkens het hoogste debiet toegekend en dit cijfer werd verder vertaald naar het warmteleverend vermogen. Die vertaling steunt op een aantal aannames.

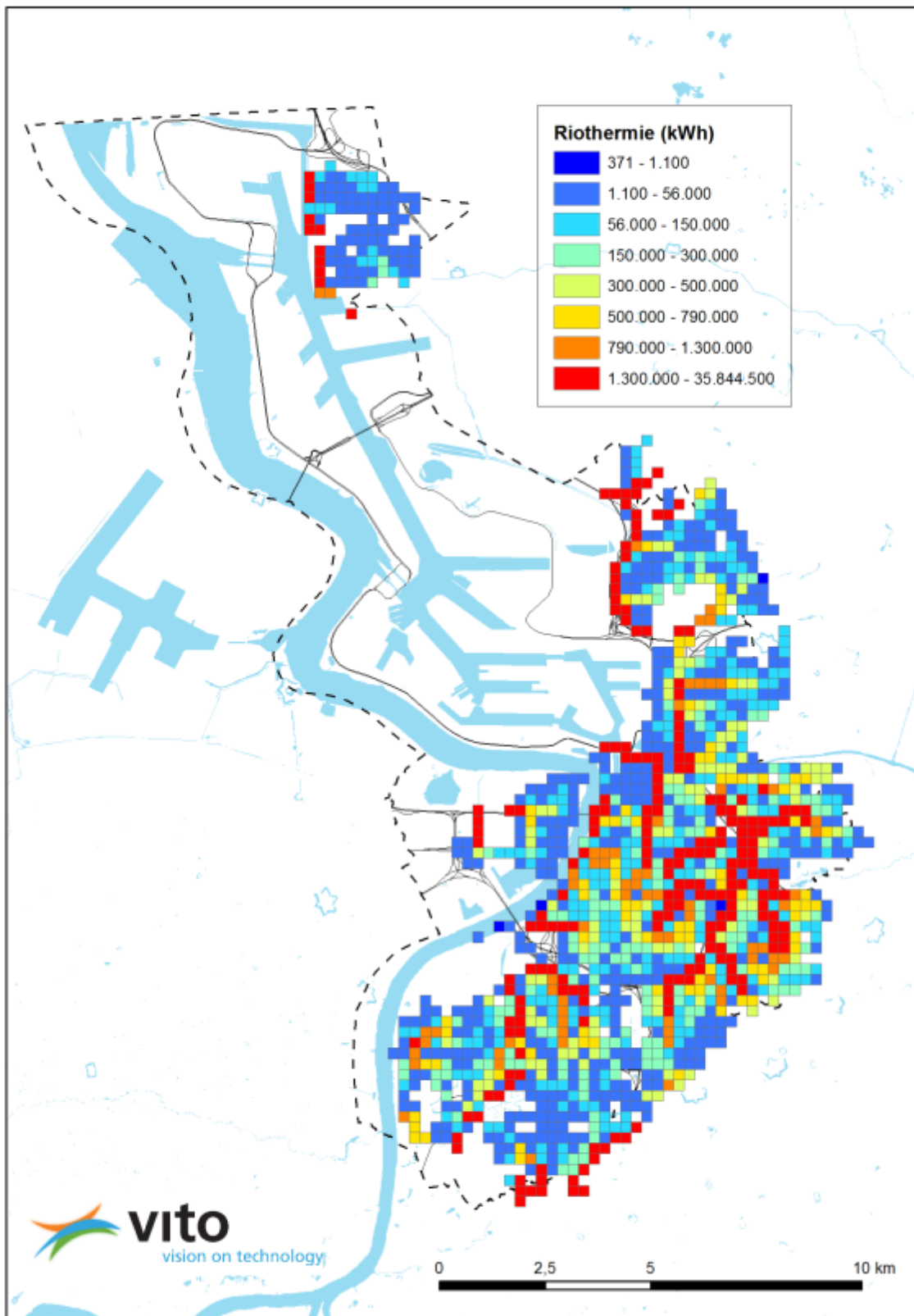
- Ten eerste nemen we aan het riothermisch systeem de temperatuur van het rioolwater met 1°C doet dalen
- Ten tweede houden we rekening met de kans op instroom van koud regenwater in de winterperiode en de tijd die het vergt om terug tot een stabiele en voldoende temperatuur te komen. We baseren ons hiervoor op temperatuurgegevens (uurwaarden) van het effluent ter hoogte van 2 RWZI's van de periode 1 oktober 2013 t.e.m. 31 maart 2013, zie

Grafiek 10 en de bespreking van deze gegevens in 3.6.3 Meetgegevens RWZI's Antwerpen. Na een analyse van deze gegevens komen we tot de conclusie dat er in de winterperiode 70% stabiele debietcondities zijn en 30% verstoorde omwille van de neerslag. In de lente-zomer heb je ook regelmatig een regenbui, maar dan is het water ook warmer en vormt dat minder een verstoring van het potentieel warmteaanbod via riothermie. Op basis daarvan veronderstellen we een warmteontrekking in 85% van de tijd (100% in lente-zomer, 70% in herfst-winter), wat ongeveer overeenkomt met 7500 uur per jaar.

Figuur 25 toont de resulterende warmteaanbodkaart vanuit riothermie. De grote collectoren zijn er duidelijk op te zien.



Figuur 24: Aanwezigheid van knopen met debietsinschatting bovenop het rioleringsnetwerk (Bron: Aquafin)



Figuur 25: Warmteaanbodkaart vanuit riothermie

4.4. KANSENKAART = WARMTEVRAAG \cap WARMTEAANBOD

De kansenkaart een overlay van de warmtevraagkaart (Figuur 23) en de warmteaanbodkaart (Figuur 25). Het wordt opgesteld voor de gebieden waarvoor zowel data over warmtevraag als warmteaanbod beschikbaar zijn. De resterende gebieden worden blanco gelaten. Het is immers niet duidelijk of het ontbreken van cijfers te wijten is aan confidentialiteitsredenen, ontbrekende debietsmetingen of aan het effectief ontbreken van riolering en/of warmteafnemers. Dat is voor ongeveer 5% van de bestudeerde oppervlakte het geval.

- Oppervlakte gebied met warmtevraagdata: 7.081 km²
- Oppervlakte gebied voor confrontatie vraag en aanbod: 6.688 km²

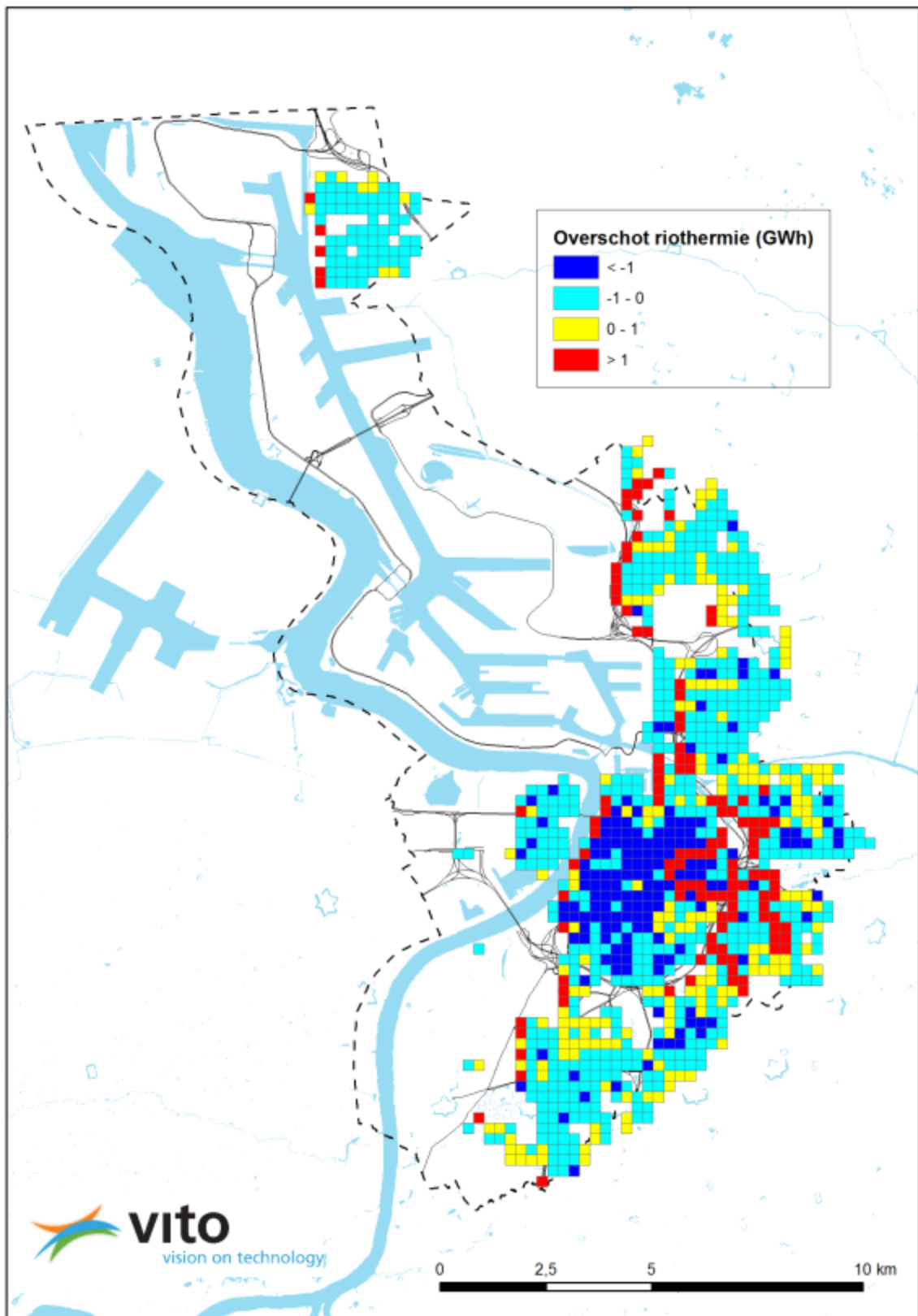
Het verschil tussen warmteproductie vanuit riothermie en het jaarlijks verbruik voor sanitair warm water geeft aanleiding tot een kaart met 'overschot' aan warmte-aanbod vanuit riothermie uitgedrukt in GWh per jaar, zie Figuur 26.

Een overschot aan aanbod versus de vraag is het geval voor de gele en rode cellen. Gebieden in het rood hebben nog het meeste 'overschot' als men de huidige vraag in rekening brengt.; minstens 1 GWh per jaar of meer. De hoofdcollectoren van het rioleringstelsel zijn er op te zien. Dit zijn de zones die eerst in aanmerking komen voor een detailstudie over het potentieel aan riothermie.

In de blauwe gebieden is het aanbod lager dan de vraag naar sanitair warm water. Hier valt vooral het stadscentrum op; allicht is de structuur van het rioleringsnet er te fijnmazig om er voldoende debiet te hebben en bijgevolg voldoende aanbod aan warmte.

Hier moet wel de kanttekening gemaakt worden dat enkel de warmtevraag voor sanitair warm water in beschouwing is genomen en niet bv. de warmte nodig voor ruimteverwarming.

In deze detailstudie moeten andere aspecten van de riolering ook in rekening gebracht worden. In voorliggende analyse werd enkel per gridcel van 250x250m gekeken naar vraag en aanbod aanwezig in dat gebied. Men zou de analyse ook ruimer kunnen aanpakken door de omgeving in een straal van bv. 500m in rekening te brengen. In dat geval moet het maximumprincipe dat toegepast werd voor de debietsgegevens wel herbekeken worden.



Figuur 26: Riothermiekansenkaart: overschot aan aanbod vanuit riothermie versus vraag naar warmte (enkel SWW)

4.5. MOGELIJKE PROJECTGEBIEDEN

In dit sub-hoofdstuk gaan we dieper in op een aantal gebieden die op de riothermiekansen kaart oplichten. Uit de riothermiekansenkaart, zie Figuur 26, blijkt dat we ons vooral moeten richten naar de grote rioolbuizen. Op basis van de technische karakteristieken van de verschillende riothermiesystemen, zie Tabel 4, leiden we een minimumdebiet van 10 l/s af die we als ondergrens hanteren.

Idealiter kijken we niet alleen naar de (minimum)stroming in de rioleringsbuis, maar ook naar zijn geometrie – en indien mogelijk – ook naar potentiële warmteafnemers. Helaas zijn de gegevens, die VITO van Aquafin heeft mogen ontvangen, zie Figuur 27, niet compatibel met elkaar: de DWA-debieten zijn gegevens als puntinformatie; de geometrie van de riolering als lijninformatie en beide zijn niet met elkaar gekoppeld. Dat maakt dat we geen gecombineerde selecties kunnen uitvoeren.

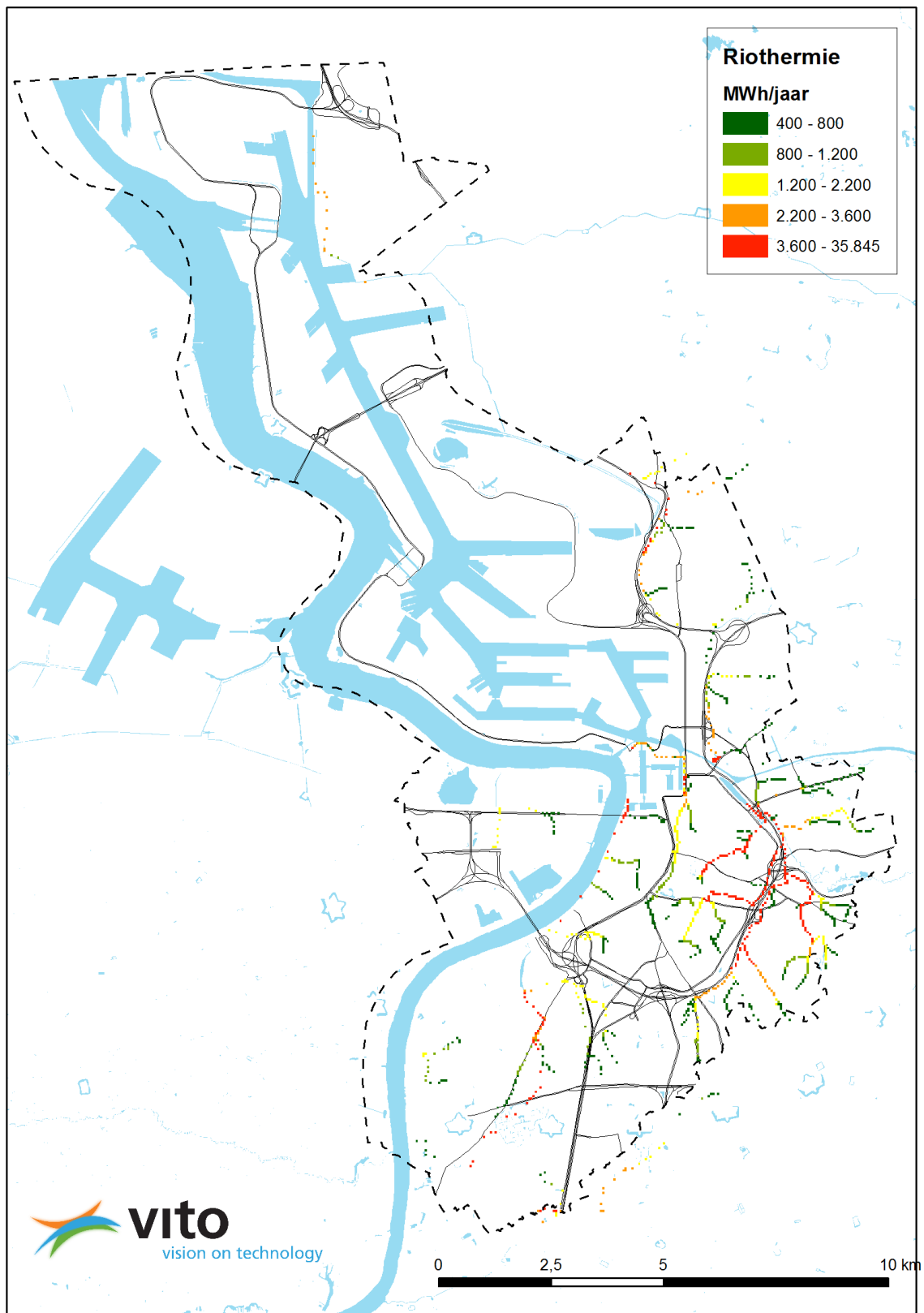


Figuur 27: Rioleringstelsel en DWA-debieten in het centrum van Antwerpen

De basis voor de bespreking van de mogelijke projectgebieden is Figuur 28; het toont de rioolbuizen met een potentieel minimumaanbod aan warmte op een 50m x 50m grid.

4.5.1. TEN OOSTEN VAN ANTWERPSE RING

Ten oosten van de Antwerpse Ring ligt een belangrijke afvoerleiding die het rioolwater naar het waterzuiveringstation van Deurne voert. Het betreft een gemengd systeem; een mengeling van afvalwater met regenwater met andere woorden.



Figuur 28: Kansrijke projectgebieden voor riothermie

Tabel 11 geeft de geometrie van deze leiding weer ter hoogte van een aantal potentiële warmteafnemers. Het betreft in hoofdzaak een leiding met een rechthoekige doorsnede.

Langs de Diksmuidelaan loopt een belangrijke eivormige aftakking, alsook langs de Muggenberglei.

Voor het uitvoeren van riothermieprojecten in dat deel van het rioleringsstelsel zal eerder uitgekeken moeten worden naar het concept zoals door VLARIO in Leuven werd uitgetest en waarbij water wordt getapt om er warmte te onttrekken.



Tabel 11: Geometrie van riolering ten oosten van Antwerpse Ring

Ter hoogte van	Vorm doorsnede	Afmetingen	Strategische score
Xaveriuscollege	Rechthoek	H 2500 B 2000	Hoog
Scandic Hotel	Rechthoek	H 2500 B 2000	Hoog
ZNA St-Erasmus	Rechthoek	H 2500 B 2000	Hoog
Tulip Hotel	Rechthoek	H 2500 B 2000	Hoog
Tussen Diksmuidelaan – Saffierstraat	Cirkel	Ø 2000 mm	Hoog
Diksmuidelaan	Eivormig	H 2100 B 1400 H 1800 B 1200	Hoog Hoog
Muggenberglei	Eivormig Cunette	H 2100 B 1400 H 1950 B 2050	Hoog Hoog

4.5.2. TEN WESTEN VAN ANTWERPSE RING

Ook ten westen van de Antwerpse ring is er een leiding die van ongeveer het Harmoniepark het water wegvoert naar het waterzuiveringsstation van Deurne. Tot aan de Plantin-Moretuslei betreft het een riool met gewelf. Mocht deze riolering heraangelegd moeten worden zou men hier kunnen denken aan het Hydrea Thermpipe systeem.

Tabel 12: Geometrie van riolering ten westen van Antwerpse Ring

Straat	Vorm doorsnede	Afmetingen	Strategische score
Engelselei	Rechthoek	H 2500 B 2000	Hoog
Lt Naeyaertplein	Rechthoek	H 2500 B 2000 H 2200 B 2000	Hoog Matig
Sterlingerstraat	Cirkel	Ø 2200 mm	Matig
Koxplein	Cirkel	Ø 2200 mm	Matig
Bleekhofstraat	Cirkel	Ø 2200 mm	Matig
V.d. Meydenstraat	Cirkel	Ø 2200 mm	Hoog
Plantin-Moretuslei	Cirkel	Ø 2200 mm	Hoog
Provinciestraat	Gewelf	H 1300 B 1000	Hoog
Lamorinierestraat	Gewelf	H 1300 B 1000	Hoog

Verder stroomafwaarts, ter hoogte van de Plantin-Moretuslei, gaat de riolering over in een ronde leiding met diameter 2,2 meter. Vanaf Lt Naeyaertplein gaat het over in een riolering met rechthoekige doorsnede van minstens 2,2 m breed, zie Tabel 12. In dit gedeelte ligt het aftappen van rioolwater eerder voor de hand dan het installeren van een buis met warmtewisselaar.

4.5.3. KORTRIJKSTRAAT – GROENINGERPLEIN – OOIEVAARSTRAAT – KERKSTRAAT – PROVINCIESTRAAT

Nog een andere leiding voert het water weg van ongeveer de Zoo ook naar het zuiveringsstation van Deurne. Het zijn ronde leidingen van 1,8 tot 2,5 m diameter, zie Tabel 13. Deze leiding loopt voornamelijk door residentieel gebied.

Tabel 13: Geometrie van riolering in Borgerhout

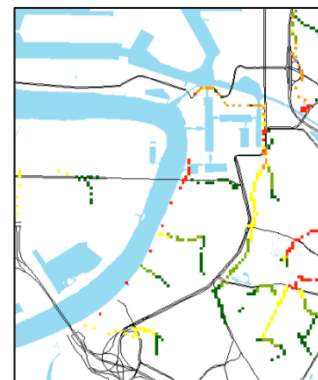
Straat	Vorm doorsnede	Afmetingen	Strategische score
Kortrijkstraat	Cirkel	Ø 2500 mm	Matig
Groeningerplein	Cirkel	Ø 2000 mm	Hoog
Ooievaarstraat	Cirkel	Ø 2000 mm	Hoog
Kerkstraat	Cirkel	Ø 1800 mm	Hoog
Provinciestraat	Gewelf	H 1370 B 990	Hoog

4.5.4. DE KAAIEN

Langs de kaaien ligt er een ronde leiding dat veel water afvoert. De diameter bedraagt in hoofdzaak 1,6 m, met uitzondering van het voorste stuk waar het 1,4 meter bedraagt.

Het breedste stuk zou zich bijvoorbeeld lenen voor het installeren van een Hydrea Thermpipe.

Het warmteleverend vermogen in dit deel van het rioleringstelsel is ongeveer 5000 MWh/jaar.



Tabel 14: Geometrie van riolering langs de kaaien

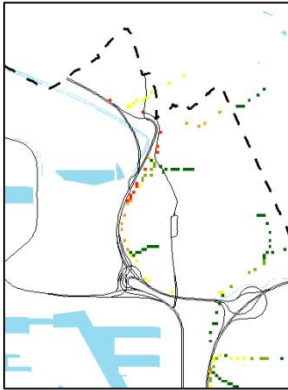
Straat	Vorm doorsnede	Afmetingen	Strategische score
Ledeganckkaai Orteliuskaai	– Cirkel	Ø 1600 mm	Hoog
Orteliuskaai – Van Meterenkaai	Cirkel	Ø 1400 mm	Hoog

4.5.5. KIEL – SCHOONSELHOF

Deze riolering volgt het traject: Emiel Vloorstraat – Hendriklei – St-Bernardsesteenweg en zo verder langs de Hollebeek. Het interessante aan deze leiding is dat ze de Karel de Grote-Hogeschool passeert. VITO heeft geen gegevens over deze riolering beschikbaar.



4.5.6. EKEREN – LANGS HAVENWEG



Ten westen van de Havenweg laat de riothermiekansenkaart een gebied zien met een potentieel. Het betreft er een residentiële wijk. Op 350 – 400 meter van deze leiding bevindt zich het Zwembad De Schinde.

Leidinggegevens kunnen niet gegeven worden.

HOOFDSTUK 5. BESLUIT

Riothermie zit in de lift. Dat blijkt zowel uit de technologische evolutie van de verschillende systemen om warmte aan het rioleringstelsel te onttrekken als aan de referenties, die de verschillende aanbieders van deze systemen kunnen voorleggen. Warmte kan op diverse plaatsen uit het rioleringstelsel onttrokken worden, gaande van dicht bij de bron tot helemaal stroomafwaarts uit het effluent van de waterzuiveringsinstallaties. Bij een keuze van locatie van warmteonttrekking moet een afweging gemaakt worden tussen een aantal parameters: hoe dicht bij de bron, hoe warmer het water is maar ook hoe discontinuer de aanvoer. Verder stroomafwaarts is er een grotere zekerheid van een minimaal debiet, maar is er ook grotere kans bij verstoring van de temperatuur door neerslag, zeker bij gemengde rioleringen. Ook is er de invloed van de vuilvracht die aanleiding kan geven tot het ontstaan van een biofilm op de warmtewisselaar die de warmteoverdracht significant kan reduceren.

Dit rapport richt zich specifiek op warmteonttrekking langsheen het rioleringstelsel; het is daarmee complementair aan andere studies die warmteonttrekking aan de bron bekijken (de MIP haalbaarheidsstudie) of aan waterzuiveringsinstallaties (het INNERS-project).

Uit een analyse van de beschikbare technologieën blijkt dat bij warmteonttrekking langsheen het rioleringstelsel het potentieel te zoeken is bij rioolbuizen met een minimaal droogweerafvoerdebiet van 10 l/s.

Het doel van dit rapport was om een kansenkaart te maken voor riothermieprojecten in Antwerpen. VITO maakte deze kansenkaart op basis van GIS-gegevens, die ze ontving van Aquafin inzake de morfologie van het rioleringstelsel en de droogweerafvoerdebieten. Op basis hiervan maakte VITO een potentieel warmteaanbodkaart uit riothermie. Deze kaart werd vervolgens vergeleken met een warmtevraagkaart (in dit rapport enkel sanitair warm water).

Uit deze ontwikkelingen bleek de potentiële warmteaanbodkaart uit riothermie, met enkel de leidingen met minimaal 10 l/s droogweerafvoerdebiet, en op een 50m x 50m rooster het duidelijkste resultaat te tonen.

Op basis van deze kaart was het mogelijk om een aantal rioolleidingen aan te wijzen waar riothermie potentieel haalbaar kan zijn.

In het ideale geval houdt deze potentieelkaart niet alleen rekening met het droogweerafvoerdebiet maar ook met de karakteristieken van de riolering zelf. Helaas was het niet mogelijk om de twee GIS-bestanden met deze respectievelijke informatie aan elkaar te koppelen. Een analyse van de interessante rioolleidingen toonde dat hun diameter op zijn minst ongeveer 1,3m bedraagt. Vaak gaat het om grote rechthoekige collectoren van 2m hoog en breed. In het geval van dergelijke grote riolen is het aftappen van rioolwater om er warmte te onttrekken het meest haalbare concept. Dit is overigens het concept dat Vlario in het kader van het INNERS-project heeft uitgetoet in Leuven. Desalniettemin zijn er een aantal leidingen waar innovatieve rioolbuizen met geïntegreerde warmtewisselaars mogelijk zijn. Vooral langs de Kaaien dient deze opportuniteit zich aan.

