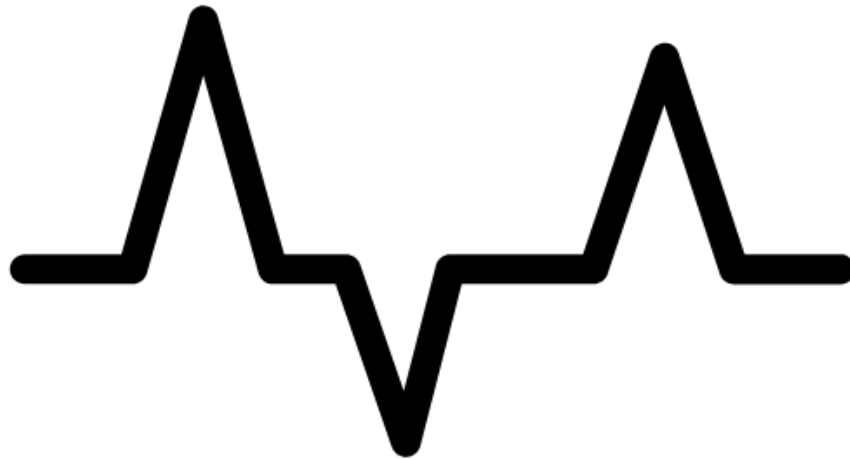


Master Thesis – Human Geography

Ritmes, de hartslag van de Stad

Kansen in het koppelen van water en energiestromen in de Amsterdamse
energietransitie



Ian Minnes
Human Geography, Universiteit van Amsterdam
11 juni 2018

Ian Minnes
10573348
[*ianminnes92@gmail.com*](mailto:ianminnes92@gmail.com)
+31 6 41137668
MSc Human Geography
Environmental Geography Track

Universiteit van Amsterdam
Graduate School of Social Sciences

Mw. Dr. M.A. (Michaela) Hordijk
Dhr. M.A. (Andres) Verzijl MSc

Waternet
Korte Ouderkerkdijk 7
1096AC Amsterdam

Stagebegeleiders Waternet:

- *Rob Ververs*
- *André Struiker*

11 juni 2018



UNIVERSITEIT VAN AMSTERDAM

Abstract

Arenapoort West, liggend in Amsterdam, is een gebied dat enorm in transitie is. Het wilt zich in korte tijd ontwikkelen tot een hoogstedelijk gebied. Een zeer belangrijke vraag is of in de grote ambities van deze transformatie ook de verschillende duurzaamheidsambities en in het bijzonder de energietransitie kunnen worden meegenomen. Actoren (nutsbedrijven) uit Amsterdam hebben de handen ineengeslagen om dit Amsterdam breed te onderzoeken en hebben in een Co-Creatie traject Arenapoort West aangemerkt als een kans hebbend casegebied. Dit onderzoek is het resultaat van een combinatie van een half jaar lang actieve en passieve deelname aan het Co-Creatie traject aangevuld met een serie semigestructureerde-interviews en documentanalyses. Dit onderzoek dient een twee ledig doel, enerzijds wil het directe input bieden voor het proces en gaat het concreet in op vragen van de actoren. Anderzijds beoogt dit onderzoek een bijdrage te leveren aan de theorievorming over de kansen van het koppelen van energie en waterstromen. Dit onderzoek doet dit door zowel de mogelijkheden en de uitdagingen te belichten vanuit het perspectief van systeemtransities en de energietransitie. De resultaten laten zien dat er een grote verscheidenheid aan koppelkansen en synergiën bestaat tussen water en energiestromen. Echter is het 1 op 1 koppelen van deze stromen, waarbij rekening wordt gehouden met de ritmes in termen van piekbelasting op het gebied van productie en consumptie een onhaalbare opgave. Hiervoor moet de ondergrond bewuster worden ingericht op buffercapaciteit en cascadering. Dit vergt echter fundamentele systeemveranderingen om de koppelkansen te benutten tot systeemintegratie. Overgaan tot systeemintegratie zal resulteren in substantiële uitdagingen die alleen kunnen worden overwonnen door nieuwe vormen van integrale samenwerking, met mandaat en handelingscapaciteit op alle vlakken.

Lijst met afkortingen

AMC: Amsterdam Medisch Centrum
BES: Bodemenergiesystemen
DWA: Droogweerafvoer
GFE: Groente, Fruit en Etenresten
HT: Hoog temperatuur
IE: Industriële Ecologie
LES: Leidraad Energetische Stedenbouw
LT: Laag temperatuur
MES: Multi-energiesystemen
MFA: Material flow analysis
NOM: Nul-op-de-meter
REAP: Rotterdamse Energie Aanpak en Planning
RWZI: Rioolwaterzuiveringsinstallatie
TE: Trias Energetica
TEA: Thermische Energie uit Afvalwater
TED: Thermische Energie uit Drinkwater
TEO: Thermische Energie uit Oppervlaktewater
WEF Nexus: Water-energy-food Nexus
Wko: Warmte-Koude opslag

Lijst met figuren

FIGUUR 1: INTEGRATIE VAN WATER-ENERGIE-VOEDSEL SECTOREN, BRON: SPERLING & BERKE 2017	16
FIGUUR 2: TRIAS ENERGETICA / NEW STEPPED STRATEGY, BRON: VAN DEN DOBBELSTEEN (2008).....	21
FIGUUR 3: MULTI-ENERGIESYSTEMEN, MANCERALLA (2013).....	23
FIGUUR 4: GESLOTEN BES, RIJKSWATERSTAAT 2018.....	41
FIGUUR 5: OPEN BES, RIJKSWATERSTAAT 2018	41
FIGUUR 6: LIGGING ARENAPOORT WEST IN RELATIE TOT HET VOLLEDIGE GEBIED (GEEL ARENAPOORT WEST / ROZE ARENAPOORT OOST), BESTEMMINGSPLAN ARENAPOORT WEST, 2015.....	46
FIGUUR 7: BOUWONTWIKKELINGEN ARENAPOORT, GEMEENTE AMSTERDAM 2017.....	48
FIGUUR 8: URBAN INTERACTIVE DISTRICT, GEMEENTE AMSTERDAM, 2018	49
FIGUUR 9: KANSENKAART ARENAPOORT WEST, BRON: MINNES (2018)	61
FIGUUR 10: RITMISCHE KALENDER VERSCHIL OUDBOUW EN NIEUWBOUW VAN WONINGEN EN KANTOREN, PRACTITONER ENERGIE 4, 14 MEI 2018	64
FIGUUR 11: PIEKEN IN AFVOER VAN AFVALWATER VAN GEMAAL DE LOPER WAAROP DE ARENA STAAT AANGESLOTEN, PROFESSIONAL WATER 2, 14 MEI 2018	65
FIGUUR 12: RITME ELEKTRICITEITSVERBRUIK OP EEN ZOMER EN WINTERDAG, LIANDER 2014.....	67
FIGUUR 13: RITME ELEKTRICITEITSVERBRUIK GEDURENDE EEN WEEK IN DE ZOMER EN WINTER, LIANDER 2014	67
FIGUUR 14: RITME ELEKTRICITEITSVERBRUIK GEDURENDE HET JAAR, LIANDER 2014.....	67
FIGUUR 15: RITME AARDGASVERBRUIK OP EEN ZOMER EN WINTERDAG, LIANDER 2014.....	68
FIGUUR 16: RITME AARDGASVERBRUIK GEDURENDE EEN WEEK IN DE ZOMER EN WINTER, LIANDER, 2014.....	68
FIGUUR 17: RITME AARDGASVERBRUIK GEDURENDE HET JAAR, LIANDER, 2014.....	68

FIGUUR 18: DAGPROFIEL AFVALWATERAFVOER IN GEMAAL 5190, PROFESSIONAL WATER 2, 14 MEI 2018	69
FIGUUR 19: VERDELING WIND EN ZON ENERGIEOPWEKKING, LIANDER, 2016	71
FIGUUR 20: DUCKCURVE, VAN DAAL, 2017	72
FIGUUR 21: KANSENKAART ARENAPoORT WEST, BRON: MINNES 2018.....	73
FIGUUR 22: COLLECTIEF WARMTE- EN KOUDENET, WATERNET 2018.....	78
FIGUUR 23: GEKOPPELDE WKO NETWERKEN (NETWORK VAN NETWERKJES), WATERNET, 2018.....	78
FIGUUR 24: RESTSTROMEN (WARMTE) VAN DATACENTERS DIE WORDEN AANGESLOTEN OP EEN WKO-SYSTEEM, WATERNET 2018	80
FIGUUR 25: VERDELING PRIVAAT EN PUBLIEK BEZIT BOVENGRONDS EN ONDERGRONDS, WATERNET 2018	83
FIGUUR 26: EEN PUBLIEK WKO-NET DAT OPEN STAAT VOOR ALLE AANBIEDERS EN AFNEMERS (PUBLIEK EN PRIVAAT), WATERNET, 2018 ..	88

Tabellen

TABEL 1: ROTTERDAMSE ENERGIE AANPAK EN PLANNING (REAP), VAN DEN DOBBELSTEEN (2011)	22
TABEL 2: CATEGORISERING VAN DE TEMPERATUURBRONNEN, MRA 2016.....	43
TABEL 3: BESTEMMINGSPLAN ARENAPoORT WEST, 2015	47
TABEL 4: OPPERVLAKTE PER (ENKEL)BESTEMMING ARENAPoORT WEST, PLANVIEWER 2015	47

Tekstboxen

TEKSTBOX 1: DE ARENA, EEN FIT-FOR-PURPOSE SYSTEEM IN ARENAPoORT WEST.....	55
TEKSTBOX 2: AFVALKOPPELKANS - BIOVERGISTER OP HET URBAN INTERACTIVE DISTRICT	82

Inhoudsopgave

ABSTRACT	3
LIJST MET AFKORTINGEN	4
LIJST MET FIGUREN	4
TABELLEN	5
TEKSTBOXEN	5
INHOUDSOPGAVE	6
VOORWOORD	9
1. INTRODUCTIE	10
1.2 CO-CREATIE KOPPELKANSEN WATER EN ENERGIE.....	11
1.2 LEESWIJZER.....	13
1.3 ONDERZOEKSVRAGEN.....	14
2. THEORETISCH KADER	15
2.1 WATER-ENERGIE-VOEDSEL NEXUS EN KOPPELKANSEN	15
2.1.1 <i>Water-energie-voedsel Nexus</i>	15
2.1.2 <i>Koppelkansen water-energie-voedsel</i>	16
2.1.3 <i>Governance binnen de Water-Energy-Food Nexus</i>	18
2.2 TRANSITIE-THEORIE, STEDELIJK METABOLISME, SYSTEEMINTEGRATIE, PAD-AFHANKELIJKHEID EN LOCK-IN	19
2.2.1 <i>Transitie-theorie: Socio-technologische Transitie</i>	19
2.2.2 <i>Stedelijk metabolisme</i>	20
2.2.3 <i>Methoden voor analyseren van stromen</i>	21
2.2.4 <i>Systeemintegratie</i>	24
2.2.5 <i>Uitdagingen door pad-afhankelijkheid en Lock-in in Stedelijke infrastructuur</i>	25
2.3 CENTRALE, DECENTRALE EN HYBRIDE INFRASTRUCTUREN EN ROLVERSCHUIVINGEN	27
2.3.2 <i>Decentrale infrastructuur</i>	28
2.3.3 <i>Hybride infrastructuur</i>	29
2.4 DYNAMIEKEN IN ENERGIEVRAAG	30
3. METHODOLOGIE	32
3.1 AARD VAN HET ONDERZOEK	32
3.2 ONDERZOEKSTRATEGIE	33
3.3 ONDERZOEKSONTWERP	33
3.4 ONDERZOEKSMETHODEN	33
3.4.1 <i>Literatuuronderzoek</i>	34
3.4.2 <i>Participatieve observatie</i>	34
3.4.3 <i>Semigestructureerd interview</i>	35
3.4.4 <i>Documenten analyse</i>	36
3.4.5 <i>Seasonal Calendar</i>	36
3.5 ANALYSE VAN DE RESULTATEN.....	37
3.6 BEPERKINGEN	37
3.7 ETHIEK	38

4. TRIAS ENERGETICA IN DE ENERGIETRANSITIE VAN AMSTERDAM.....	39
4.1 ALL-ELECTRIC	39
4.2 BODEMENERGIESYSTEMEN	40
4.3 WARMTENET	42
4.4 ANDERE ALTERNATIEVEN	43
4.5 VERWACHTTE BARRIÈRES IN AMSTERDAMSE ENERGIETRANSITIE.....	43
5. AMSTERDAM EEN GROEIENDE STAD	45
5.1 ARENAPOORT EEN INTERESSANT ONTWIKKELINGSGEBIED	45
5.2 CASE ARENAPOORT WEST	46
5.2.1 Activiteiten.....	46
5.2.1 Verantwoordelijkheid Gemeente Amsterdam	49
6. STROMEN EN ACTOREN IN ARENAPOORT WEST.....	51
6.1 ENERGIESTROMEN	51
6.1.1 Centrale infrastructuur en actoren	51
6.1.2 Elektriciteit.....	52
6.1.3 Gas	52
6.1.4 Warmte en Koude.....	53
6.2 DECENTRALE INFRASTRUCTUUR	54
6.3 WATERSTROMEN.....	56
6.3.1 CENTRALE INFRASTRUCTUUR EN ACTOREN.....	56
6.3.2 Drinkwater.....	57
6.3.3 Afvalwater	57
6.3.4 Hemelwater	58
6.4 DECENTRALE INFRASTRUCTUUR	59
6.5 KANSENKAART	60
7. RITMES.....	62
7.1 KORTE RITMES	62
7.2 SYNCHRONIE: GEAGGREGEEDE RITMES	65
7.3 VERANDERENDE RITMES DOOR DUURZAME TECHNIEKEN	70
7.3.1 Veranderingen in aanbodritmes	70
7.3.2 Veranderingen in gebruikritmes.....	71
8. KOPPELKANSSEN.....	73
8.1 HERNIEUWBARE BRONNEN IN ARENAPOORT WEST	74
8.1.1 Warmte en Koude.....	74
8.2 KOPPELKANSSEN RITMES: OPSLAGMOGELIJKHEDEN EN BUFFERCAPACITEIT	76
8.2.1 Individueel schaalniveau.....	77
8.2.2 Collectief schaalniveau	77
8.2.3 Andere buffertechnieken	79
8.3 RESTSTROMEN	79
8.4 CASCADEREN	80
9. BARRIÈRES EN UITDAGINGEN.....	83
9.1 BARRIÈRES IN RUIMTE.....	83
9.2 BARRIÈRES IN WERKZAAMHEDEN EN INVESTERINGEN.....	84
9.3 FINANCIËLE BARRIÈRES	85

9.4 BARRIÈRES IN WET EN REGELGEVING	86
9.5 BARRIÈRES IN VERSCHUIVINGEN TUSSEN PUBLIEK EN PRIVAAT	87
10. CONCLUSIE.....	89
10.1 BIJDRAGE AAN DE WATER-ENERGY NEXUS.....	94
11. LITERATUURLIJST	96
APPENDIX A: SEMI-GESTRUCTUREERD INTERVIEW	104
APPENDIX B: OVERZICHT RESPONDENTEN.....	110
APPENDIX C: OVERZICHT CO-CREATIE-SESSIES (PARTICIPATIEVE OBSERVATIES)	111
APPENDIX D: PIEKBELASTING AFVOER AFVALWATER EVENEMENTEN.....	113
APPENDIX E: SECUNDAIRE DATA VAN GAS/ELEKTRICITEIT PROFIELEN	114
APPENDIX F: CENTRALE INFRASTRUCTUUR WATER ARENAPOORT WEST	115
APPENDIX G: RITMISCHE KALENDER; 1 OP 1 KOPPELEN ARENA EN AMC.....	116

Voorwoord

“In Nederland was er altijd weinig noodzaak op het gebied van duurzaamheid. Nu is dat heel anders... Groningen zakt, we moeten van het gas af, we moeten meer duurzame Kyoto afspraken maken... We wisten het allemaal wel, maar nu hebben we een Minister die heeft ballen en die heeft gezegd die kraan gaat dicht en ploep iedereen gaat om... Was er noodzaak, nee. Is er nu noodzaak, ja! – Professional Energie 1, 7 mei 2018

Bovenstaande quote dekt op zeer treffende wijze de kernboodschap van dit onderzoek. Namelijk dat we aan de vooravond staan van misschien wel de grootste transitie in de geschiedenis van de mens. Beslissingen, zoals van het gas af hebben als gevolg dat bestaande structuren doorbroken worden en er maatschappelijk draagvlak ontstaat voor de veranderingen waar wij nu voor staan. De technieken zijn er, maar laten wij met onze individualistische kijk op zaken beseffen dat de energietransitie vooral van sociale aard is.

Ook in Amsterdam moet het roer drastisch om, maar is er tegelijkertijd ook veel kennis beschikbaar om met dergelijke vraagstukken aan de slag te gaan. Daarnaast bieden de stadsuitbreidingen die plaatsvinden natuurlijke momenten om duurzame systemen te implementeren. Op dit moment is er al geruime tijd een co-creatie traject gaande die dergelijke (koppel) kansen bepaalt tussen en over verschillende sectoren. Dit onderzoek is een product van dit traject, waarin vraagtekens rond een concrete koppelkans uitvoerig zijn uitgewerkt.

Vooraf wil ik iedereen die aan dit onderzoek heeft bijgedragen bedanken en nadrukkelijk mijn thesissupervisor Michaëla Hordijk. Met name haar enthousiaste en actiegerichte kritische kijk op zaken heeft dit onderzoek gevormd tot wat het is. Daarnaast heeft het mij ook als persoon gevormd en heb ik persoonlijk geboden koppelkansen, zoals een stage bij Waternet, een rol als onderzoeksassistent en het helpen organiseren van de co-creatie sessies en twee WeMakeThe.City events met beide handen aangegrepen. Deze geboden handvaten hebben bijgedragen aan het meest leerzame jaar van mijn loopbaan tot nog toe zonder daarvoor veel in de schoolbanken te hebben moeten zitten.

Volgend jaar zal ik mede dankzij de geboden kansen mijn weg vervolgen in dit co-creatie traject. Hier zal ik verder voortborduren op hetgeen wat ik dit jaar heb geleerd: dat nieuwe (integrale) samenwerkingsvormen moeten ontstaan om de grote maatschappelijke opgaves waar wij voor staan te kunnen oplossen. Alleen met gedeeld eigenaarschap kunnen wij het verkokerde denken ontschotten en daarbij moeten we concreet durven fantaseren, met concrete aanknopingspunten in de realiteit. Op deze manier kunnen we onze duurzame toekomstvisie vormgeven en komen tot reële dromen.

Ian Minnes
Amsterdam, 16 juni 2018

1. Introductie

De Nederlandse overheid heeft in 2018 besloten dat Nederland in 2050 van het gas af moet en dat een transitie naar een fossielbrandstof vrije energievoorziening noodzakelijk is om verdere emissies tegen te gaan. Met het besluit om in 2050 aardgas vrij te zijn gaat Amsterdam mee. Hierdoor moet de energievoorziening van de stad in de aankomende decennia resoluut veranderen en worden ingericht op een manier die overeenkomt met de gemaakte afspraken in het Klimaatakkoord van Parijs, waarin is gesteld dat de opwarming van de aarde moet worden beperkt tot onder de twee graden Celsius (Ministerie van Economische Zaken, 2016). De energietransitie¹ naar een fossielbrandstof vrije energievoorziening vraagt om inspanning vanuit alle hoeken van de samenleving. Burgers, bedrijven en overheden moeten samenwerken om deze complexe opgave de komende decennia te realiseren. Alternatieve energie voor het Amsterdam van de toekomst zal uit duurzame bronnen moeten komen en hierdoor is het noodzakelijk om hierop vroeg te anticiperen. Onder andere het koppelen van energie- en waterstromen en hun infrastructuur kan bijdragen aan de gezochte energietransitie.

De opgave waar Nederland en waar met name Amsterdam voor staat is omschreven als zeer complex (Ministerie van Economische zaken, 2016; Co-Creatie, 7 december 2017; NOS, 2018). Er moet nu worden gedacht aan de ontwikkeling en beschikbaarheid van duurzame alternatieven, er moeten grote investeringen worden verricht en er moeten aanpassingen worden gedaan aan de huidige productie-installaties en de ondergrondse infrastructuur (Co-Creatie, 7 december 2017). Hierdoor zal de energietransitie worden gevoeld in alle facetten van de samenleving, waaronder het dagelijks leven en de leefomgeving van mensen. Zowel wetenschappers als overheden stellen dat deze grote opgaven ook kansen en perspectief bieden, namelijk het inzetten van de beschikbare kennis en het bundelen en versterken van arrangementen en capaciteiten. Hierdoor zullen er nieuwe samenwerkingsverbanden moeten ontstaan tussen de private sector, publieke sector en kennisinstellingen (Ministerie van Economische Zaken, 2016; Co-Creatie, 7 december 2017; Co-Creatie, 12 februari 2018; Co-Creatie, 28 februari 2018)

Dit urgente maatschappelijke vraagstuk is niet onopgemerkt gebleven in Amsterdam. Zoals eerder beschreven vraagt de energietransitie om zaken drastisch anders aan te pakken en is een langetermijnvisie nodig om de stad van morgen duurzaam in te richten. Amsterdam en de omliggende regio zetten hierdoor vol in op het realiseren van de energie- en grondstoffentransitie met als ambitie het creëren van een internationaal concurrerende stad (MRA, 2018). Deze ambitie heeft geleid tot het samenkomen van verschillende actoren en

¹ Energietransitie zal in dit onderzoek als overkoepelend begrip worden gebruikt, onder andere de warmtetransitie kan hieronder worden geschaard.

nutsbedrijven die elk een actieve rol willen spelen in energietransitie, zoals Alliander² en Waternet³ (Alliander, 2018; Waternet, 2018).

Het samenkomen van deze actoren en het aankoppelen van de Gemeente Amsterdam die voor een grote bouwopgave staat en wilt kijken in hoeverre duurzaamheidsambities kunnen worden meegenomen in transformatieopgaves, heeft geleid tot een co-creatie project *“Koppelkansen Water en Energie”*. Hierin zoeken verschillende stakeholders samen naar het resoluut anders aanpakken van zaken. Zoals het koppelen van dergelijke opgaven en zodoende holistische duurzame (her)ontwikkeling te bewerkstelligen in Amsterdam (Keey's & Huemann, 2017). Het bereiken van duurzame ontwikkeling is complex vanuit de traditionele lineaire planningsmodellen die gefocust zijn naar een zo groot mogelijke winstoptimalisatie en het linken van strategie en zakelijke doelstellingen waar het maatschappelijke doel regelmatig over het hoofd wordt gezien (Boon & Horlings, 2013; Keey's & Huemann, 2017). Een mogelijk instrument om holistische duurzame ontwikkeling te bereiken is co-creatie wat kan worden gebruikt als nieuwe hervormingsstrategie voor verschillende sectoren (Voorberg et al., 2014).

1.2 Co-Creatie Koppelkansen Water en Energie

Co-creatie wint snel aan populariteit gezien het groeiende wetenschappelijke debat, waardoor een duidelijke definitie moeilijk te formuleren is (Voorberg et al., 2014; Co-Creatie, 7 december 2017). Co-creatie wordt met name ingezet naar het vinden van oplossingen voor *ongestructureerde problemen* die moeilijk af te bakenen zijn (Boon & Horlings, 2013). Deze problemen zijn complex, waardoor er geen duidelijke oplossing kan worden aangewezen door de vele betrokkenen die hierin een rol spelen. Daarnaast kunnen dergelijke problemen de levens van miljoenen mensen beïnvloeden, waardoor de maatschappelijke urgentie groot is (Hisschemöller, 1993; Rittel & Webber, 1973 in Boon & Horlings, 2013).

Co-creatie-traject *“Koppelkansen Water en Energie”* brengt vele actoren (Alliander, Gemeente Amsterdam, Waternet etc.) samen om te denken vanuit de grote maatschappelijke opgaven waar zij zelf voor staan en die van de Amsterdam. Het overkoepelende perspectief dat wordt aangewezen in dit co-creatie traject is “loos”, waaronder gasloos, rioolloos en afvalloos. Dit is geen gemakkelijke opgave, omdat men denkt vanuit een eigen “disciplinaire koker”, waardoor samenwerking een vereiste is om tot een gewenste oplossing te komen (Co-Creatie, 7 december 2017).

² Alliander is als nutsbedrijf verantwoordelijk voor de distributie van energie in eenderde van Nederland (regio Amsterdam)

³ Waternet is een overheidsbedrijf dat verantwoordelijk is voor de drinkwatervoorziening, riolering en waterbeheer in Amsterdam

Waternet heeft het traject geïnitieerd vanuit hun eigen grote vervangingsopgave, namelijk die van het rioolsysteem veroorzaakt door verzakking door de slappe bodem in Amsterdam (Co-Creatie, 7 december 2017). Daarnaast stelt de gemeente Amsterdam dat het aandeel verouderde riolering exponentieel zal toenemen na 2021 (Mo & Zhang, 2013; Gemeentelijk Rioleringsplan, 2016). De vervangingsopgave zorgt echter ook voor kansen voor grondstof en energie terugwinning uit afvalwater. Wanneer dit gekoppeld wordt aan de vervangingsopgave van het riool liggen daar grote kansen om duurzaam te werk te gaan (Co-Creatie, 7 december 2017).

Alliander heeft een soortgelijke grote opgave die wordt veroorzaakt door de energie-transitie naar een Nederland zonder aardgas. Door de steeds goedkoper wordende zonnepanelen, warmtepompen en de economische groei in Nederland kiezen consumenten steeds vaker voor dergelijke duurzame opties (Grol, 2018; CBS, 2017). Daarnaast spelen er andere innovaties die de vraag van het energienet laten toenemen, zoals de toenemende digitalisering. Hierdoor is de verwachting binnen Alliander dat de capaciteit van het elektriciteitsnet vergroot moet worden. Dit maakt de infrastructuur robuuster voor de enorme teruglevering van elektriciteit en het toenemende gebruik van duurzame technieken die alleen gebruik maken van elektriciteit. Deze uitbreidingsopgave zal traditioneel gezien niet gerealiseerd kunnen worden (Co-Creatie, 7 december 2017)

De gemeente Amsterdam heeft een opgave van een ander kaliber, namelijk het op grote schaal uitbreiden van de stad om de woning schaarste tegen te gaan in Koers 2025 (Gemeente Amsterdam, 2018H). Verder zoekt het naar manieren om afval terug te dringen, meer te recyclen en uiteindelijk een volledig circulaire afvalketen te creëren die bijdraagt aan de duurzame ambities van Amsterdam (MRA, 2017; Co-Creatie, 7 december 2017).

Het samenbrengen van deze verschillende opgaven (vervanging en uitbreiding) zorgt voor complexe uitdagingen, maar ook voor enorme kansen die kunnen bijdragen aan een duurzame ambitie van Amsterdam, die zich richt op gekoppelde energie- en watersystemen die op grootstedelijke schaal kunnen worden geïmplementeerd (Gemeente Amsterdam, 2012). Voornamelijk het koppelen van deze opgaven heeft tijdens het lopende co-creatie traject geleid tot de identificatie van een grote hoeveelheid aan koppelkansen op verschillende vlakken, bijvoorbeeld op fysiek, technisch, financieel en bestuurlijk vlak tussen verschillende sectoren zoals energie, water en afval (Gemeente Amsterdam, 2012). Met name de rol die de verduurzaming van de watercyclus⁴ kan spelen in de energietransitie door middel van het terugwinnen van energie uit deze cyclus, biedt perspectief om te voldoen aan de toenemende vraag en belasting van het elektriciteitsnet (van der Hoek, 2012; Roest et al., 2010).

⁴ afvalwater, drinkwatervoorziening en oppervlaktewater

Onderzoek heeft aangetoond dat thermische energie vanuit de watercyclus een significante bijdrage kan leveren aan de Nederlandse energie en warmte transitie (Scholten et al., 2016). Met name het leveren van koude en warmte vanuit drinkwater is een technologie die zijn intrede doet in Amsterdam⁵ (van der Zee, 2016). Echter roept het koppelen van energie- en watersystemen verschillende vragen op, zoals waar de koppelkansen liggen en hoe deze nieuwe systemen georganiseerd moeten worden.

Deze thesis zal onderzoeken op welke wijze het koppelen van energie- en waterstromen en hun infrastructuur kan bijdragen aan de energietransitie. Dit zal worden gedaan aan de hand van de water-energie nexus. De actoren hebben in het co-creatie traject de handen ineengeslagen en gekeken of duurzaamheidsambities kunnen worden meegenomen in de verschillende gebieden die in ontwikkeling zijn. Zij hebben ArenAPoort West in Amsterdam aangewezen als kans hebbende casus waar dit onderzoek zich specifiek op zal richten. Aan de hand van een sterke academische positionering in een theoretisch kader zal dit onderzoek bijdragen aan nieuwe kennis over het koppelen van infrastructuur van stedelijke energie- en waterstromen. Dit onderzoek draagt daarnaast bij aan twee wetenschappelijke programma's die zoeken naar nieuwe kennis over systeemveranderingen, namelijk het co-creatie-traject *"Koppelkansen Water en Energie"* en het *"Kennissactieprogramma Water"* dat actiegericht onderzoek doet naar water in de duurzame stad van de toekomst.

1.2 Leeswijzer

In het volgende hoofdstuk zal eerst de centrale onderzoeksvraag en deelvragen bespreken die zijn geformuleerd aan de hand van de introductie.

Voordat er een analyse kan worden uitgevoerd moet er een uitvoerig literatuuronderzoek worden verricht, waarin de sleuteldefinities en theoretische concepten die worden gebruikt nader worden beschreven. Het theoretisch kader richt zich op het identificeren van de mogelijkheden en de belemmeringen in het koppelen van de eerdergenoemde infrastructuur en hoe deze kunnen bijdragen aan de energietransitie. Dit wordt gedaan in hoofdstuk twee aan de hand van de water-energie nexus als overkoepelend thema. Hierna worden verschillende theorieën en concepten uitgelicht, zoals de transitie-theorie, stedelijk metabolisme, systeemintegratie, pad-afhankelijkheid en lock-in, centrale, decentrale en hybride infrastructuur en de dynamieken in energievraag.

In het derde hoofdstuk zal de theorie verder worden geoperationaliseerd en hoe deze gebruikt wordt. Het gaat in op hoe en op welke manier de concepten kunnen worden behandeld in de analyse. De methoden die behandeld zullen worden zijn een specifieke casestudie,

⁵ Bijvoorbeeld het leveren van koude uit drinkwater aan de Sanquin Bloedvoorziening en warmte aan woningen in de nieuwbouwwijk Plantage de Sniep in Diemen (van der Zee, 2016).

systematisch literatuuronderzoek, participatieve observatie, diepte-interviews en het gebruik van een *seasonal calender*.

In het vierde hoofdstuk start de analyse van het onderzoek. De analyse bestaat uit drie onderdelen. Als eerste zal aan de hand van de Trias Energetica worden besproken wat er in Amsterdam wordt gedaan op het gebied van de energietransitie en zullen alternatieven worden besproken die bijdragen aan deze transitie. Het tweede onderdeel zal het casegebied: ArenAPoort West en de transformatie, de functies die het gebied kenmerkt en de rol van de gemeente Amsterdam in het gebied gedetailleerd beschrijven. Hierna zal het derde onderdeel van de analyse voornamelijk ingaan op de stromen, hun ritmes en de actoren die verantwoordelijk zijn voor deze stromen. Waarna de fysieke koppelkansen en met welke ritmes er rekening moeten worden gehouden wanneer men deze stromen wilt koppelen. Als afsluiting zullen de verschillende uitdagingen worden besproken die dergelijke koppelingen in de weg staan of mogelijk maken.

Daaropvolgend zullen de hoofd en deelvragen worden beantwoord in de conclusie. De laatste paragraaf zal uitleggen in hoeverre dit onderzoek heeft bijgedragen aan het nexus denken.

1.3 Onderzoeksvragen

Aan de hand van de geschetste maatschappelijke situatie in de inleiding staat in dit onderzoek de volgende onderzoeksvraag centraal:

Wat zijn de kansen en uitdagingen van het koppelen van de infrastructuur van stedelijke water- en energiestromen in de gebiedsontwikkeling van Arenapoort West en hoe en in welke mate moet er rekening worden gehouden met de verschillende ritmes die deze stromen kenmerken?

Daarnaast zijn er een verschillende deelvragen geformuleerd die kunnen bijdragen aan het beantwoorden van de onderzoeksvraag:

- Welke water en energie stromen lopen er door ArenAPoort West en wie zijn verantwoordelijk voor deze stromen?
- In welke mate kunnen deze water- en energiestromen aan elkaar gekoppeld worden in de gebiedsontwikkeling van ArenAPoort West?
- Met welke ritmes moeten er rekening worden gehouden wanneer deze water- en energiestromen aan elkaar gekoppeld worden?
- Welke barrières liggen koppelingen van deze stromen in de weg?

2. Theoretisch Kader

Zoals duidelijk werd in de introductie is er in Amsterdam een evidente maatschappelijke noodzaak tot verduurzaming gezien de energietransitie. Het hedendaagse leven is ondenkbaar zonder een continue energielevering. Gezien de context van klimaatverandering en de eindige voorraad van fossiele brandstoffen moeten de bestaande energiesystemen heroverwogen worden. Het transformeren van stedelijke infrastructuren is essentieel in het creëren van duurzame stedelijke regio's (Juwet & Ryckewaert, 2018).

Eerder onderzoek en nieuwe technische ontwikkelingen suggereren dat er veel onbenut duurzaam potentieel zit in het koppelen van nutsinfrastructuren (koppelkansen). Dit literatuuronderzoek beschrijft wat er al bekend is over het koppelen van infrastructuren en waar de kennishiaten zitten en doet dit aan de hand van de volgende concepten: technologie en maatschappij studies, transitie studies en het stedelijk metabolisme (Juwet & Ryckewaert, 2018). De water-energie-voedsel nexus beschrijft de koppelingen tussen de verschillende sectoren, hoe deze infrastructuren gekenmerkt worden, waar pad-afhankelijkheid en lock-ins zitten en hoe de dynamieken in energiebehoefte door deze infrastructuren loopt en welke sociale praktijken aan de grondslag van deze dynamieken ligt.

2.1 Water-energie-voedsel Nexus en koppelkansen

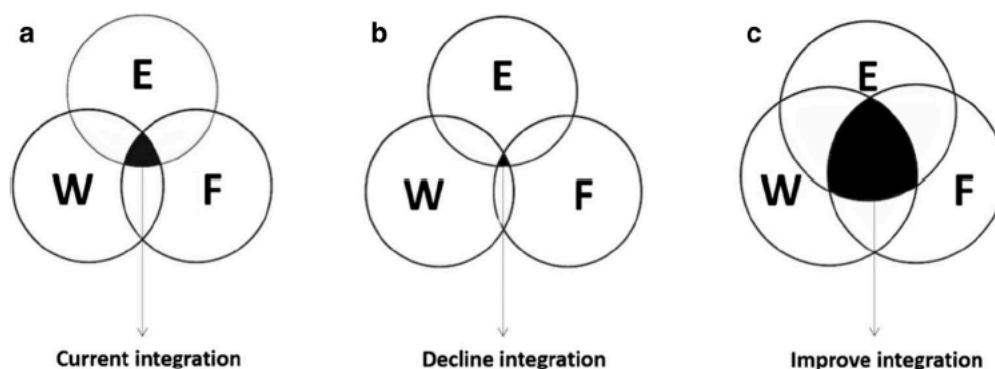
2.1.1 Water-energie-voedsel Nexus

De mogelijkheden voor het koppelen van water, energie en voedselsectoren is theoretisch gezien al veelvuldig besproken in de wetenschappelijke literatuur die ingaat op de water-energie-voedsel nexus. Op dit moment wordt het concept *water-energy-food nexus* (WEF nexus) veelvuldig gebruikt door wetenschappers om de nadelige milieueffecten veroorzaakt door een toenemend gebruik van grondstoffen, die leiden tot sociale en politieke problemen te analyseren (Bi et al., 2015). Deze onderzoeken maken duidelijk dat governance arrangementen en de connecties van deze arrangementen tussen sectoren het grootste probleem is (Klümper & Theesfeld, 2017; Weitz et al., 2013).

De nexus is een relatief nieuw concept en beschrijft de complexe relaties tussen bronnen en natuurlijke ecosystemen, zoals energie, water, land en het klimaat (FAO, 2014; Faeth & Hanson, 2016; Sachs & Silk, 1990; Fabiola & de Rosa, 2016). Het doel van de nexus is om intersectorale maatschappelijke oplossingen te zoeken door middel van het bepalen van de synergiën en trade-offs tussen water, energie en voedsel systemen die bijdragen aan een groene economie en duurzame ontwikkeling (Yumkella & Yillia, 2015; Benson et al., 2015; Pittock et al., 2015; FAO, 2014; Gain et al., 2015; Fabiola & De Rosa, 2015; Sperling & Berke, 2017; Sharmina et al., 2016; Gupta et al., 2013). Hierdoor kan het concept geplaatst worden in de bredere *sustainable development* discourses die zijn ontstaan sinds het omstreden Brundtland 1987 rapport. Deze

zoekt naar ontwikkeling die bijdraagt aan de behoeften van nu, zonder het in gevaar brengen van de behoeftes van toekomstige generaties (WCED, 1987; FAO, 2014).

Wetenschappers en beleidsmakers stellen dat het koppelen van de verschillende sectoren cruciaal is om de overexploitatie van grondstoffen tegen te gaan en het duurzaam gebruik en de governance van deze grondstoffen te bevorderen (Benson et al., 2015; Fabiola & de Rosa, 2015; Gupta et al., 2013). Daaropvolgend beschrijft het nexus concept de interacties tussen het menselijk handelen en haar invloed op het milieu op systematische wijze. Deze beschrijving draagt bij aan het koppelen en managen van de bronnen van de verschillende sectoren en schaalniveaus op gecoördineerde wijze (Benson et al., 2015). In figuur 1 wordt een model gegeven die beschrijft hoe de integratie van sectoren volgens de nexus wordt verklaard. De huidige situatie (a) wordt beschreven en hier valt te zien dat sectoren nauwelijks geïntegreerd opereren, (b) beschrijft de situatie wanneer sectoren nog meer vanuit hun eigen sector gaan werken en (c) beschrijft waar de nexus naar toe wil, namelijk naar integratie waarbij verbindingen tussen sectoren in management, planning en implementatie toenemen (Bach et al., 2012 in Benson et al., 2015).



Figuur 1: Integratie van Water-Energie-Voedsel sectoren, bron: Sperling & Berke 2017

2.1.2 Koppelkansen water-energie-voedsel

Ondanks dat de nexus benadering een relatief jong concept is, is het veelvuldig gebruikt in de wetenschappelijke literatuur om de koppelkansen tussen verschillende sectoren te beschrijven. In de literatuur wordt de nexus gepresenteerd als de integratie van verscheidende sectorale componenten binnen een overkoepelende governance aanpak. Het concept kan hierdoor worden beschreven als een strategisch instrument die gebruikt kan worden om de transformaties in stedelijke gebieden te beschrijven en wanneer het wordt ingezet kan de analyse bijdragen aan geïntegreerde gekoppelde systemen (Sperling & Berke, 2017).

Daarnaast bouwt het nexus concept verder op het concept van stedelijke duurzame gebiedsontwikkeling (Sperling & Berke, 2017). Deze vorm van gebiedsontwikkeling beschrijft de

integratie van verschillende energie- en waterstromen, technologieën of andere bronnen die naar elkaar stromen op een synergetische en duurzame manier. Deze manier van ontwikkelen richt zich met name op decentraliteit en gesloten-kring-modellen die de nadruk leggen op duurzaamheid van het milieu, economische ontwikkeling en sociale gelijkheid (Sperling & Berke, 2017).

Onder andere de stedelijke watercyclus kan worden aangewezen als een systeem waar potentiële koppelingen met andere sectoren kunnen ontstaan die bijdragen aan de energietransitie. Hoewel de stedelijke watercyclus wordt gezien als een systeem kan deze worden onderverdeeld in verschillende stromen. De stedelijke watercyclus omvat de abstractie van water, gevolgd door de transportatie en distributie naar de eindgebruiker. Wanneer het water is gebruikt, wordt het verzameld waarna het meestal met regenwater wordt gemixt en wordt afgevoerd naar een afvalwater-installatie. Hierna kan het water worden hergebruikt, maar vaak wordt het afgewaterd op het oppervlaktewater (Elias-Maxil et al., 2014). Tijdens dit proces kan het water worden gecategoriseerd in verschillende stromen aan de hand van voor, gedurende en na-gebruik. Deze stromen zijn: drinkwater, tapwater, afvalwater en een hemelwaterstroom. Elk van deze stromen heeft zijn eigen kenmerken en deze veranderen gedurende de verschillende fases van de watercyclus (Elias-Maxil et al., 2014).

De bijdrage van water aan de energietransitie kan worden omschreven aan de hand van de koppelkansen in de watercyclus op het gebied van energie en voedsel, aangezien er warmte en afvalstromen zitten in water. Onder andere het terugwinnen van thermische energie is een van deze koppelkansen, waarbij energie kan worden teruggewonnen uit verschillende waterstromen. Verder kan het terugwinnen van grondstoffen uit deze stromen een bijdrage leveren, bijvoorbeeld aan het produceren van voedsel (Gemeente Amsterdam, 2013; Sapkota et al., 2014; Frijns et al., 2012; Mo & Zhang, 2013; Sperling & Berke, 2017). Transitie naar duurzame stedelijke gebieden vraagt om veranderingen in de infrastructuur van de stedelijke water en energie stromen met als doel het creëren van energie neutrale activiteiten (Elias-Maxil et al., 2014; Sperling & Berke, 2017).

Het bepalen van verschillende productieprocessen binnen stedelijke systemen kan het potentieel hebben om de efficiëntie van elk individueel proces te bevorderen, de grondstoffen-input te minimaliseren (zoals brandstof, water, landgebruik etc.) en de productie van afval te elimineren. Het creëren van duurzame systemen vraagt echter om een holistische water-energie-voedsel manier van plannen (Sperling & Berke, 2017). De nexus kan dankzij zijn holistische duurzame benadering bijdragen aan het zoeken naar een evenwicht tussen sectoren met als uiteindelijke doel beleidsintegratie (FAO, 2014; Benson et al., 2015). Hierdoor kan de nexus bijdragen aan het koppelen van verschillende institutionele sectoren die vaak in isolatie van elkaar werken. De synergiën tussen deze sectoren kunnen door koppelingen een shift bewerkstelligen van het voeren van conventioneel beleid en besluitvorming naar nieuwe beleid en besluitvormen (Schreiner & Baleta, 2014).

2.1.3 Governance binnen de Water-Energy-Food Nexus

Hoewel de nexus bijdraagt aan het koppelen van sectoren die voorheen in isolatie van elkaar opereerden en zoekt naar een optimale vorm van geïntegreerde governance tussen verschillende stakeholders, worden er in de nexus literatuur slechts enkele normatieve principes gegeven over hoe deze governance eruit zou moeten zien (Pahl-Wostl, 2017; Benson et al., 2015; FAO, 2014). Volgens Pahl-Wostl (2017) zou de nexus bestuurd moeten worden met een focus op de interactie tussen de verschillende beleidsvelden en niet op de beleidsvelden in isolatie. Dit is een grote uitdaging, omdat er sprake is van verschillende barrières die samenwerking over verschillende sectoren tegen houdt. Onder andere systeem barrières, zoals dominante regelgeving, planningsprocedures, diepgewortelde domein interesses, machtsstructuren en gevestigde communicatiestructuren van sectoren zorgen ervoor dat geïntegreerde governance en management lastig haalbaar is. Hierdoor vraagt duurzame governance van de WEF-nexus om structurele transformaties in governance en managementsystemen die georganiseerd zijn binnen de grenzen van de verschillende sectoren (Pahl-Wostl, 2017).

Governance van de WEF-nexus zal in dit onderzoek worden beschreven als een breed omvattende vorm die de politieke, sociale, economische en administratieve systemen omvat. Deze governance bepaalt hoe bronnen, productie van goederen en diensten gerelateerd aan water, energie en voedsel worden gebruikt en vraagt om het herdefiniëren van problemen (Pahl-Wostl, 2017). In plaats van problemen die bestaan door interacties tussen sectoren kan deze herdefiniëring bijdragen aan onderhandelingen tussen sectoren die resulteren in gemeenschappelijke interesses en gedeeld eigenaarschap die daaropvolgend innovatie, transformatie en verandering bevordert (Pahl-Wostl, 2017; Lamberigts & Schipper, 2015).

Aangezien de primaire uitdaging van gekoppelde infrastructuren een optimale vorm van governance is, zal dit onderzoek trachten een oplossing voor deze uitdaging aan te dragen door een klein aspect van deze uitdaging, namelijk het afstemmen van verschillende sectorale ritmes te analyseren. Aan de hand van deze analyse zullen de implicaties hiervan benadrukken wat dat betekent voor de governance van de nexus in zijn geheel.

2.2 Transitie-theorie, Stedelijk Metabolisme, Systeemintegratie, Pad-Afhankelijkheid en Lock-in

2.2.1 Transitie-theorie: Socio-technologische Transitie

Een transitie zal in dit onderzoek worden gedefinieerd als een fundamentele verandering in structuur, cultuur en praktijken die vaak een relatie heeft met veranderingen in belangrijke subsystemen, zoals energie, voedsel, water en mobiliteitssystemen (Juwet & Ryckewaert, 2017; Loorbach et al., 2017; Marselis & Hisschemöller, 2018; Vernay, 2013). Ten eerste doelt de structuur op de bestaande instituties en de huidige economische en fysieke structuur. Als tweede doelt de cultuur op de gedeelde waarden, beelden en gedachtenpatronen. En ten derde doelen de praktijken op de routines, regels en het gedrag van actoren in de samenleving (Marselis & Hisschemöller, 2018; Vernay, 2013). Alleen wanneer er sprake is van veranderingen op al deze verschillende elementen op een bepaald systeemniveau, kan er gesproken worden over een transitie. Hierdoor duurt een transitie vaak langer dan een decennia en kunnen deze dikwijls pas achteraf beschreven worden (Loorbach et al., 2017).

In dit onderzoek zullen met name technologische-transities naar duurzaamheid een centrale rol spelen. Met name hoe bepaalde systeemveranderingen worden begrepen en tot stand komen, kan worden geplaatst in technologie en maatschappij studies en betreft ook componenten van de nexus (Juwet & Ryckewaert, 2018). Technologische transities kunnen hierdoor worden geplaatst in de sociale wetenschappen naar technologieën en op deze manier worden energiesystemen geconceptualiseerd als een *socio-technisch systeem*. Veranderingen in socio-technische systemen resulteren in een andere invulling van bepaalde maatschappelijke functies (Geels, 2002; Konrad et al., 2008). Voorbeelden van transities die zich over meerdere decennia hebben uitgespreid zijn onder andere de socio-technologische transitie van transport via paarden naar per auto of van beerputten naar geïntegreerde rioolsystemen en sanitatie (Geels, 2005; Geels, 2006).

Transities in socio-technische systemen gaan dus niet alleen over technologische veranderingen, maar hebben ook invloed op andere elementen, zoals de effecten op gebruikerspraktijken, regelgeving en industriële netwerken (Geels, 2002; Konrad et al., 2008). Volgens Geels (2002) zijn de verbindingen tussen activiteiten en praktijken van sociale groepen een reden voor de relatieve stabiliteit van dominante socio-technische regelingen. Deze regelingen resulteren in een standaard socio-technisch regime die alleen vatbaar is voor incrementele veranderingen (niche) (Geels, 2002). Voor het verdere verloop van dit onderzoek zal systeemintegratie worden gedefinieerd als het combineren van deze eerder gescheiden socio-technologische systemen en daarbij het creëren van connecties tussen de eerder beschreven verschillende elementen met als uiteindelijke gevolg systeemverandering (Vernay, 2013). Echter is volledige systeemintegratie een complexe opgave, waardoor dit onderzoek met name de kansen en uitdagingen om te koppelen bepaalt.

2.2.2 Stedelijk metabolisme

Het koppelen van verschillende systemen en hun stromen kan ook worden geplaatst in de recente trend waarin manieren worden gezocht om circulaire economie te introduceren en toe te passen. Het concept is door de jaren heen door verschillende disciplines gebruikt en met name de industrieel ecologische aanpak kijkt naar het kwantificeren van de in -en uitgaande stromen van water, nutriënten, energie en materialen in steden (Juwet & Ryckewaert, 2018). Het introduceren van circulariteit komt overeen met de onderliggende gedachte in de Industriële Ecologie (IE), namelijk dat het huidige stedelijke metabolisme bestaat uit niet duurzame lineaire systemen die meer cyclisch en efficiënter ingericht moeten worden analoog aan natuurlijke ecosystemen (Vernay, 2013; Juwet & Ryckewaert, 2018). Hierin worden bronnen optimaal benut en wordt waardeverlies van materialen geminimaliseerd en hergebruik gemaximaliseerd. Dit druist in tegen de huidige lineaire manier van denken, waar producten en reststromen veelvuldig worden weggegooid en economisch waardeverlies optreedt (Kwakernaak, 2014).

Het stedelijke metabolisme conceptualiseert stedelijke stromen, zoals energie als een van de metabolische stromen die het stedelijke leven ondersteunt (Dijst et al., 2017; Juwet & Ryckewaert, 2018). In dit onderzoek zal hierdoor de brede stedelijk metabolisme definitie worden gebruikt die componenten van de nexus bevat. Deze focust zich op het samenbrengen van heterogene stromen van goederen, diensten, materialen en energie in gebieden die menselijke levens ondersteunen (Dijst et al., 2017). Onderzoek naar het stedelijk metabolisme richt zich op de bronnen, de consumptie van deze bronnen en de cyclus hiervan binnen het systeem waar specifiek wordt gekeken naar de emissie, behandeling en recycling van afval in deze stromen (Zhang, 2013).

De stedelijke stromen in het stedelijk metabolisme worden beïnvloed door externe factoren, zoals klimaatverandering en andere factoren die daaropvolgend weer invloed hebben op sociaaleconomische processen in stedelijke systemen (Dijst, 2013). Dit heeft geresulteerd in een complex en dynamisch web van verschillende stromen in en tussen steden, met elk hun eigen aard en snelheid. Verder zijn deze netwerken moeilijk te begrijpen op een statische manier (Dijst, 2013). Het *stromen perspectief* stelt hierdoor dat in steden niets statisch is, zelfs niet de gebouwde omgeving, en stelt verder dat stromen niet stoppen bij bepaalde administratieve grenzen (Dijst, 2013). De organisatie en kwaliteit van bepaalde plekken is hierdoor het resultaat van verschillende stromen en dit draagt bij aan de sterkte en richting van deze stromen. Stromen zijn hierdoor met elkaar verbonden en onderling afhankelijk (Dijst et al., 2017; Dijst, 2013; Rosales Carreón & Worrel, 2018).

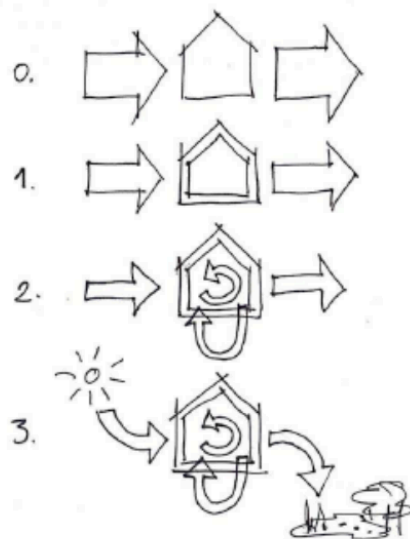
Binnen dit stromen perspectief in steden moeten de verschillende soorten endogene en exogene drivers worden beschreven die van invloed zijn op de stromen, zoals eigenschappen van de gebouwde omgeving (design van stedelijke functies en infrastructuur) en andere socioculturele en socio-demografische factoren (Dijst et al., 2017). Uiteindelijk kan de

holistische aard van de stedelijke metabolisme aanpak bijdragen aan stedelijke duurzaamheidstransities (Hajer, 2011 in Dijst et al., 2017; Juwet & Ryckewaert, 2018).

2.2.3 Methoden voor analyseren van stromen

Echter ontbreekt het na een uitgebreid literatuuronderzoek aan een methode die op efficiënte wijze beschrijft waar de ruimtes liggen om systemen en hun stedelijke stromen aan elkaar te koppelen waar rekening wordt gehouden met verschillende ritmes. Het stedelijke metabolisme tracht dit te doen, bijvoorbeeld door middel van een *material-flow-analysis (MFA)* en andere methoden, zoals de *energy flow analysis*, ecologische voetafdruk analyse, en input-output analyse die worden gebruikt om fysieke stromen van energie en materialen in systemen door een stad te onderzoeken die worden beschreven in tijd en ruimte (Moreau & Massard, Dijst et al., 2018; Zhang, 2013). Gezien de technische aard van deze industrieel ecologische methodes beschrijven deze meer op lineaire wijze welke stromen er een bepaald stedelijk gebied binnen komen en uitgaan (Dijst et al., 2018). Daarnaast is alleen al het doen van een *MFA* op een specifiek gebied een onderzoek op zich.

Andere methoden die meer op operationeel niveau worden toegepast en bijdragen aan duurzame energie stromen zijn de 'Trias Energetica' (TE) en de door van den Dobbelsteen aangepaste 'New Stepped Strategy' (Juwet & Ryckewaert, 2018). De stappen die door van den Dobbelsteen (2008) worden benoemd zijn: (I) verminderen van energieconsumptie, (II) hergebruiken van energieafval stromen, (IIIa) produceren van de resterende vraag van hernieuwbare energiebronnen en (IIIb) het gebruiken van afval als voedsel (zie figuur 2).



Figuur 2: Trias Energetica / New Stepped Strategy,
Bron: van den Dobbelsteen (2008)

Deze strategie heeft ook energiebewuste ontwerp strategieën geïnspireerd, zoals de REAP (Rotterdamse Energie Aanpak en Planning) en de LES (Leidraad Energetische Stedenbouw), waarbij gebruik wordt gemaakt van een multiscale benadering (tabel 1) (van den Dobbelsteen et al., 2011 in Juwet & Ryckewaert, 2018).

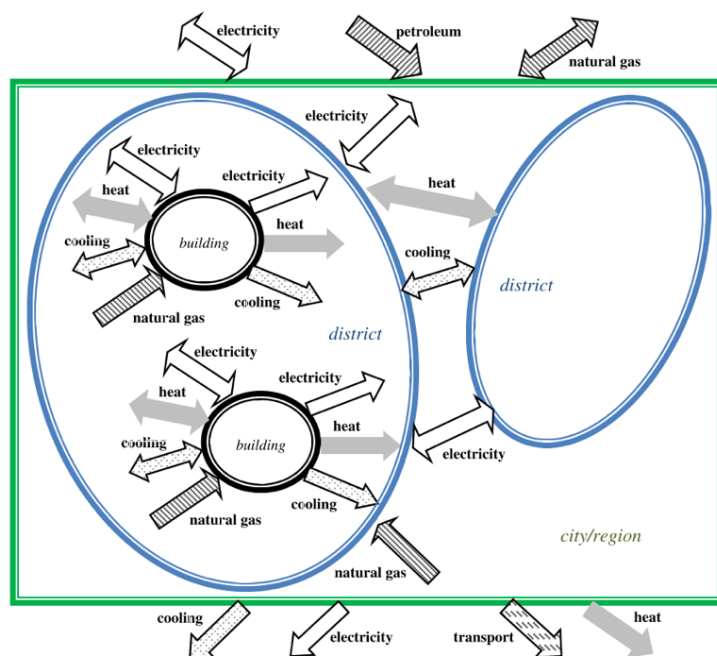
Tabel 1: Rotterdamse Energie Aanpak en Planning (REAP), van den Dobbelsteen (2011)

	VRAAG VERMINDEREN	RESTSTROMEN BENUTTEN	DUURZAAM OPWEKKEN	SCHOONLEVEREN
STAD	Energievraag voorkomen door stedelijke maatregelen	Aansluiten op centrale energienetten met restenergie	Energie centraal duurzaam opwekken	Energie centraal schoon en efficiënt opwekken met fossiele bronnen
WIJK	Energievraag voorkomen door stedenbouwkundige maatregelen	Uitwisseling & balanceren of cascaderen van energie op wijkniveau	Energie duurzaam opwekken op wijkniveau	
BUURT / CLUSTER	Energievraag voorkomen door omgevingsmaatregelen	Uitwisseling & balanceren of cascaderen van energie op buurniveau	Energie duurzaam opwekken op buurniveau	
GEBOUW	Energievraag voorkomen door bouwkundige maatregelen	Reststromen hergebruiken op gebouwniveau	Energie duurzaam opwekken op gebouwniveau	Energie op gebouwniveau schoon en efficiënt opwekken met fossiele stroom

Volgens van den Dobbelsteen et al. (2011) zijn de belangrijkste stappen in tabel 1 die de REAP omschrijft terug te voeren naar het schaalniveau van de wijk en buurt. Specifiek zijn het afstemmen van vraag en aanbod, het uitwisselen van energie, en het cascaderen van warmte of koude en tijdelijk opslaan van energie op lokale schaal, de belangrijkste stappen. Een voorbeeld van cascadering is het in een serie plaatsen van warmteafnemers in de volgorde van hoogtemperatuur naar Laag-Temperatuur warmtevraag (LT) (van den Dobbelsteen et al., 2011). Het cascaderen van stromen is voor dit onderzoek interessant om te kijken welke van deze stromen ritme afhankelijk zijn. Daarnaast laat de tabel zien dat de schoonleveren stap niet meer wordt meegenomen, omdat deze gebruik zou maken van fossiele bronnen, terwijl daar in Nederland geen gebruik meer van gemaakt mag worden in 2050.

De multiscale aanpak beschreven door van den Dobbelsteen et al. (2011) komt overeen met het schematische model gepresenteerd door Mancera (2013), waarbij gescheiden energiesystemen multi-energiesystemen (MES) worden. Hier interacteren elektriciteit, warmte, koelen, transport enzovoorts optimaal met elkaar op verschillende schalen in een stedelijke

context. Deze systemen laten grote kansen zien op het verhogen van technische, economische en verduurzaming in vergelijking met conventionele systemen (Manceralla, 2013) (zie figuur 3)



Figuur 3: Multi-energiesystemen, Manceralla (2013)

Dit schematische model en de eerder beschreven operationele modellen laten zien waar dit onderzoek aan wil bijdragen, namelijk dat verschillende stedelijke schaalniveaus met elkaar interacteren en hierdoor gebruik kunnen maken van elkaars stromen. Waar echter nog niet naar is gekeken zijn de ritmes van de verschillende stromen die gekoppeld kunnen worden. Stromen in stedelijke gebieden tonen aan waar duurzame gebiedsontwikkeling kan plaatsvinden en laten elk een eigen ritme zien. Potentiële bronnen als invoer voor nieuwe technieken moeten hierdoor in eerste instantie bepaald worden. Als voorbeeld kan restwarmte die als output vrijkomt bij industriële processen worden gebruikt als LT-input voor huishoudelijke verwarming (Juwet & Ryckewaert, 2018).

Verder laten deze potentiële bronnen en hun ritmes ook momenten zien van piekbelasting en ondercapaciteit, waardoor er sprake moet zijn van opslag van deze stromen. In deze situatie zal er een toenemende vraag plaatsvinden naar beschikbare ruimte, wat mogelijk kan resulteren in uitdagingen, omdat er sprake is van beperkte ruimte in de boven- en ondergrond in dichtbevolkte stedelijke gebieden (Juwet & Ryckewaert, 2018). Als voorbeeld kan de potentiële implementatie van een collectieve Warmte-koude opslag (Wko) worden benoemd die veel ruimte vraagt in de ondergrond (Co-Creatie, 7 december 2017).

De verschillende kwantitatieve methoden die beschikbaar zijn om de verschillende stromen in een gebied te analyseren zijn onbruikbaar voor dit kwalitatieve onderzoek. Deze methoden

hebben twee grote beperkingen, namelijk dat de methoden om stromen te analyseren voornamelijk uitgaan van een centrale infrastructuur. Daarnaast is een andere beperking dat deze methoden rekening houden met relatief constante stromen en geen rekening houden met ritmes die van belang zijn in decentrale of hybride systemen. Dergelijke systemen zullen verder worden beschreven in de volgende paragrafen.

2.2.4 Systeemintegratie

Waar de stedelijk metabolisme aanpak zich meer richt op het beschrijven van de verschillende stromen in een stedelijk gebied, zoekt de systeemintegratie aanpak juist naar het koppelen van voorheen gescheiden stedelijke systemen door stromen van het ene systeem te gebruiken als input voor een ander systeem (Vernay, 2013). Het koppelen van verschillende stromen in systeemintegratie kan dus ook geplaatst worden in een industrieel ecologische gedachte. Systeemintegratie kan hierdoor gebruikt worden als een aanpak die duurzame gebiedsontwikkeling bevordert door verschillende socio-technische systemen te koppelen en een optimaal gebruik van bronnen te bevorderen (Vernay, 2013). Als een gevolg van het koppelen van socio-technische systemen zullen verbindingen plaatsvinden in de volgende drie elementen (Vernay, 2013).

- Het verbinden van voorheen gescheiden technische configuraties die voorheen gescheiden netwerken van actoren en de regels die hun acties leiden, koppelt.
- Een toenemende interactie tussen actoren, wat leidt tot het koppelen van voorheen gescheiden technologische configuraties en het ontwikkelen van gezamenlijke regels.
- Het veranderen van regels, wat leidt tot het koppelen van voorheen gescheiden netwerken van actoren en zowel de technologische configuraties die ze ontwikkelen en gebruiken.

Onder andere door het koppelen van socio-technische systemen, zoals water- en energie systemen bestaat er een grotere kans op het realiseren van duurzame alternatieve energiebronnen in de stad Amsterdam die geïmplementeerd moeten worden gezien de energietransitie. Dit onderzoek richt zich met name op waar de kansen om te koppelen liggen tussen de eerder beschreven elementen bij Vernay (2013), namelijk door rekening te houden met de verschillende ritmes van de verschillende water- en energiestromen. Het potentieel bereiken van deze koppelingen komt overeen met de transitie-theorie, waarin opzichzelfstaande socio-technische systemen onderdeel worden van een geïntegreerd netwerk van socio-technische systemen in duurzame gebieden. Echter spelen er uitdagingen door pad-afhankelijkheid en lock-ins van de huidige infrastructurele systemen.

2.2.5 Uitdagingen door pad-afhankelijkheid en Lock-in in Stedelijke infrastructuur

Aan de hand van de huidige complexe situatie in Amsterdam met de verschillende grote opgaven waar de stad voor staat, kunnen de begrippen padafhankelijkheid en lock-in uitstekend worden beschreven. De huidige stedelijke water- en energie infrastructuur in hun ruimtelijke structuur kunnen gekarakteriseerd worden als halsstarrig en vaak “bewegingloos” voor verandering (Juwet & Ryckewaert, 2018). Naast deze halsstarrigheid kunnen er andere factoren worden aangewezen die veranderingen in stedelijke infrastructuur compliceren, zoals hun fysieke structuur, ruimtelijke inbedding, materiele kosten (verzonken kosten) en de tijd die nodig is voor transformatie (Juwet & Ryckewaert, 2018). De bestaande ruimtelijke structuren en infrastructurele regelingen zijn hierdoor belangrijke factoren voor pad-afhankelijkheid, waarbij de huidige en toekomstige staat van stedelijke systemen afhangt van het pad van een vorige staat van het systeem (Loorbach et al., 2017; Juwet & Ryckewaert, 2018).

Bovendien moet er ook rekening worden gehouden met de snelheid van technologische transitie, waarbij moet worden voorkomen dat de onzekerheid van technologische transitie leidt tot lock-ins, waarbij een suboptimale oplossing dominant wordt (Juwet & Ryckewaert, 2018; Loorbach et al., 2017). Een concreet voorbeeld kan worden benoemd in Amsterdam, waar het overgrote deel van het energieverbruik (70 %) opgewekt wordt door fossiele brandstoffen en wordt gebruikt voor de ruimteverwarming en elektriciteitsverbruik van gebouwen (Leguijt et al., 2010). Het stedelijke gasnetwerk waar nu gebruik van gemaakt wordt, is een belangrijke pad-afhankelijke factor in de transitie naar een alternatief warmtesysteem (Leguijt et al., 2010).

Een ander goed voorbeeld is het Nuon stadswarmtenet dat in Amsterdam een aantal decennia geleden is uitgerold als alternatief warmtesysteem. Hier wordt hoog temperatuur gewonnen die wordt geproduceerd door de elektriciteitscentrale en door afvalverbranding in Diemen gebruikt om gebouwen te verwarmen (Gemeente Amsterdam, 2016). Er worden echter sinds de beslissing om van Amsterdam een gasloze stad te maken vraagtekens gezet bij de duurzaamheid van deze hoge temperatuur warmtenetten, omdat er weinig transparante informatie over dergelijke systemen beschikbaar is en fossiele brandstoffen bij de productie worden gebruikt. Daarnaast is hoge temperatuur stadswarmte niet nodig voor goed geïsoleerde woningen en is het de vraag of er in de toekomst in Amsterdam genoeg hoog temperatuur restwarmte beschikbaar is en blijft (Marselis & Hisschemöller, 2018). Bovendien zijn er afspraken gemaakt waarin staat dat er elk jaar 9000 woningen op het stadswarmtenet moeten worden aangesloten. Al deze ontwikkelingen kunnen het stadswarmte net karakteriseren als een lock-in met als consequentie dat nieuwe ontwikkelingen worden afgeremd (Professional Energie 1, 7 mei 2018)

Daarentegen bieden investeringscycli, veroudering van verschillende componenten van de huidige infrastructurele systemen en transformatie van de woningvoorraad, “natuurlijke momenten” om zaken anders aan te pakken en daarmee het voorkomen van verdere

investeringen in de oude systemen, zoals het gasnet. Een besluit zoals, van “van het gas af” kan pad-afhankelijkheid en lock-ins in infrastructuren mogelijkwerijs doorbreken, zoals merkbaar is in de controverse rondom het Nuon stadswarmtenet.

Er is dus een behoefte aan duurzame alternatieven om het huidige systeem te vervangen door systemen die met een lange-termijn visie zijn ontwikkeld als flexibele en open systemen. Deze zouden flexibel in moeten kunnen spelen op ruimtelijke en technologische verandering en voor verschillende typen gebruik van ruimtes en consumenten (Juwet & Ryckewaert, 2018). Op deze manier worden potentiële lock-ins in toekomstige stedelijke gebiedsontwikkeling voorkomen.

2.3 Centrale, decentrale en hybride infrastructuren en rolverschuivingen

De huidige situatie in Amsterdam is aan de hand van de vorige paragraaf beschreven als een ogenschijnlijke vorm van pad-afhankelijkheid, gekenmerkt door verschillende lock-ins van gegroeide systemen. Een veelbesproken systeemtransitie is die van centraal naar decentraal en mogelijk zelfs hybride. Hierover is veel geschreven in de literatuur omtrent de energiesector die door de energietransitie al langere tijd te maken heeft met de introductie van decentrale technieken en de gevolgen hiervan op de productie, distributie en consumptie (Giezen et al., z.j.). Hierdoor is de energiesector een voorbeeld voor andere sectoren die te maken zullen krijgen met nieuwe decentrale technieken, zoals de watersector die ook sterk kan bijdragen aan de ingezette energietransitie. Het introduceren van verschillende nieuwe decentrale technieken kan bijdragen aan het doorbreken van lock-ins en pad-afhankelijkheid.

In de energiesector heeft er in bepaalde mate een transitie plaatsgevonden van een centrale infrastructuur naar een combinatie van decentraal en autarkisch (Giezen et al., z.j.). De klassieke energiecycclus bestaat uit het produceren van elektriciteit op een afgelegen plek, zoals in een elektriciteitscentrale, waarna het getransformeerd wordt en uiteindelijk wordt getransporteerd naar de eindgebruiker (Bouffard & Kirschen, 2008). Over de jaren heeft dit centrale systeem op efficiënte wijze energie geleverd, maar desondanks kan een dergelijk systeem kwetsbaar zijn voor verstoringen in de keten (Bouffard & Kirschen, 2008). Door verschillende ontwikkelingen, zoals de nadelige effecten van het systeem op het milieu is in rap tempo het centrale leveringsparadigma veranderd naar gedecentraliseerde elektriciteit energieleveringssystemen. Deze systemen worden gekenmerkt door nabijheid en het koppelen van productie en consumptie op dezelfde plek (Bouffard & Kirschen, 2008). Decentrale elektriciteitssystemen zijn relatief onafhankelijk van de primaire elektriciteitsketen en kunnen andere vormen van duurzame energie gebruiken, zoals restwarmte van het stadswarmtenet. Hierdoor wordt op dit moment de energiesector gekenmerkt als een hybride systeem, waarbij een combinatie van centrale en decentrale infrastructuur wordt gebruikt, bijvoorbeeld huishoudens die zonnepanelen hebben en terugleveren aan het elektriciteitsnet maar nog wel gas nodig hebben van het centrale gasnet.

Dergelijke ontwikkelingen, waarin vragen over in welke mate drinkwater, afvalwater en hemelwaterstromen centraal of decentraal georganiseerd moeten worden, ontstaan ook in de watersector (Giezen et al., z.j.) Echter is er sprake van grote verschillen tussen de energie- en water sectoren. Met name de geldende robuuste normen op het gebied van gezondheid (drinkwater), de veiligheid en leveringszekerheid en de kostbaarheid van de systemen zorgt ervoor dat decentrale watertechnieken lastiger implementeerbaar zijn in vergelijking met decentrale energietechnieken (Giezen et al., z.j.). Daarnaast is het door recente ontwikkelingen, zoals “van het gas af” het nadenken over hybride infrastructuren wederom aangewakkerd en is de vraag gerezen over op welke schaalniveaus infrastructurele voorzieningen worden ontwikkeld en in hoeverre de watercyclus een bijdrage kan leveren aan de energietransitie als deze wordt gekoppeld. De ontwikkelingen en verwachtingen die op dit moment spelen in de

verschillende infrastructuren in de watersector zullen in de volgende paragrafen nader worden beschreven.

2.3.1 Centrale infrastructuren

De centrale conventionele gecentraliseerde water, afvalwater en hemelwatersystemen voor stedelijke gemeentelijke dienstverlening zijn de afgelopen 100 jaar de standaard geweest (Sharma et al., 2010). Deze systemen zorgen voor de bescherming van de publieke gezondheid, het leveren van water en het minimaliseren van overstromingen. Op dit moment spelen er complexe en veelzijdige problemen die watermanagers moeten oplossen, veroorzaakt door het bereiken van limieten betreffende de duurzame exploitatie van beschikbare bronnen (Sapkota et al., 2014). Deze problemen kunnen gecategoriseerd worden en omvatten onder andere: demografische ontwikkelingen die de productie en consumptie van systemen beïnvloeden (Sharma et al., 2010), de milieutechnisch en economische niet duurzame vervanging van het centrale systeem (Sharma et al., 2010; Sapkota, 2014) en de gevolgen van klimaatverandering die druk op het centrale systeem laat toenemen (Sapkota, 2014). Hierdoor kan deze centrale infrastructuur worden beschreven als een systeem met een gelimiteerde adaptieve capaciteit en is het weinig vatbaar voor innovaties door processen als lock-ins (Sharma et al., 2010). Daarnaast zijn er twijfels over of centrale infrastructuren kunnen bijdragen aan het overwinnen van toekomstige uitdagingen, zoals het duurzaam inrichten van de maatschappij (Sapkota et al., 2014; Nair et al., 2014).

2.3.2 Decentrale infrastructuren

Een eventueel antwoord op bovenstaande complexe vraagstukken die kunnen worden gekoppeld aan de centrale infrastructuur is het implementeren van decentrale oplossingen. Een decentrale infrastructuur zal in dit onderzoek worden beschreven als een systeem (fit-for-purpose) dat de kwaliteiten van het systeem koppelt aan de kwaliteiten van verschillende typen eindgebruikers, bijvoorbeeld het recyclen van ingezameld afvalwater en regenwater op een lokale schaal (Cook et al., 2009; Sharma et al., 2010; Moglia et al., 2011). Decentrale infrastructuren kunnen worden ingezet op verschillende schaalniveaus, kunnen werken als opzichzelfstaande systemen of kunnen worden geïntegreerd met centrale systemen (Cook et al., 2009). Een decentraal watersysteem zal in dit onderzoek refereren naar systemen die drinkwater aanbieden en afvalwater en regenwater recyclen op een lokaal schaalniveau (Moglia et al., 2011). Schaalniveaus waar deze infrastructuur op kunnen worden toegepast variëren van kavels tot systemen die clusters of buurten kunnen voorzien van hun diensten. De implementatie van decentrale systemen kan succesvol zijn als deze voldoen aan bepaalde eisen, zoals een gezondheidseis die wordt gesteld door publieke overheidsinstanties die verantwoordelijk zijn voor watervoorziening en zich moeten houden aan regelgeving omtrent de volksgezondheid (Moglia et al. 2011; Sapkota et al., 2014). Daarnaast bestaan er nog veel risico's en onzekerheden omtrent de implementatie van decentrale watersystemen (Moglia et

al., 2011). Desalniettemin kan de watercyclus een bijdrage leveren aan de urgente energietransitie als nieuwe decentrale technieken worden geïmplementeerd.

2.3.3 Hybride infrastructuren

Zowel vanuit economisch perspectief en vanuit gezondheidsperspectief is het onwaarschijnlijk dat er volledige decentrale systemen zullen ontstaan. Een decentraal systeem is zelden economisch rendabel en de vraag is of de gezondheidsrisico's voldoende afgedekt kunnen worden. Hierdoor wordt er verwacht dat er in de toekomst sprake zal zijn van hybride systemen, waarin centrale en decentrale water infrastructuren als een mix naast elkaar bestaan (Sapkota et al., 2014). Echter is er nog weinig bekend over de interactie van deze nieuwe systemen met componenten van de huidige watercyclus en hoe deze gekoppeld kunnen worden met energiesystemen (Sapkota et al., 2014). Er wordt echter wel verwacht dat hybride systemen een grote bijdrage kunnen leveren aan de energietransitie (Giezen et al., z.j.).

2.3.4 Rolverschuiving actoren

Door de komst van decentrale technieken en de verwachte transitie naar hybride infrastructuren zullen er ook andere veranderingen optreden. De verwachting is dat de nutssystemen zal anders gebruikt zullen worden, wat kan worden verklaard door de rolverschuiving van actoren, waarin er een shift plaatsvindt van providers naar een meer centrale rol voor consumenten (van Vliet, 2012). In de energietransitie kunnen split incentives optreden die als barrière kunnen worden benoemd in het implementeren van energie-efficiënte maatregelen in gebouwen. Deze ontstaan wanneer de actoren die de energierekeningen betalen (huurders) niet dezelfde actoren zijn die bepaalde kapitaalintensieve investeringsbeslissingen maken (gebouweigenaren). In dergelijke omstandigheden zullen gebouweigenaren geneigd zijn om de benodigde maatregelen in de energietransitie niet toe te passen, omdat deze alleen ten goede komen aan de huurder (HVAC, 2013).

Hierdoor wordt verwacht dat het bieden van nutsvoorzieningen meer gericht zal worden op het bieden van een service in plaats van het bieden van een product. Daarnaast wordt er verwacht dat de conventionele grenzen tussen vraag en aanbod zullen vervagen en dit kan resulteren in klanten die zich verenigen in kleine elektriciteit of warmte units, waar gebruik wordt gemaakt van thermische energie (Voss et al., 2006). Er kan dan van een waterbedrijf worden verwacht dat hun huidige rol verschuift naar een rol van facilitair dienstverlener (het leveren van warmte) (Voss et al., 2006). Deze nieuwe provider rol die waterbedrijven willen aannemen, wordt gekenmerkt als een rol waarin een actieve klantgerichte benadering centraal staat, zonder de klassieke publieke rol uit het oog te verliezen (Giezen et al., z.j.; van Vliet, 2012)

2.4 Dynamieken in energievraag

Omdat er nog veel onbekend is over wat de gevolgen zijn van de implementatie van decentrale systemen of hybride systemen op centrale systemen en op het gebied van veranderingen in stromen, zoals nutriëntenstromen, energieverbruik, waterverbruik etc. zal dit hoofdstuk hier dieper op ingaan. In de herontwikkeling van energie en watersystemen om te voldoen aan de gasloze doelstellingen wordt de timing van vraag en aanbod in de verschillende stromen een belangrijke component in het transformeren van energiesystemen (Walker, 2014). Belangrijk is dat er hier verschillende schaalniveaus worden meegenomen en ook wordt nagedacht over hoe deze schaalniveaus met elkaar interacteren door de tijd heen (Sapkota et al., 2014). De onderliggende sociale dynamieken leiden tot een bepaalde behoefte of een aanbod van energie- of water (Walker, 2014). Behoeft (vraag) wordt beargumenteerd als een eindproduct van een aantal verweven sociale praktijken waaruit de ordening van de maatschappij is ontstaan. Hierdoor is het belangrijk om de temporele patronen die al zijn vastgelegd in de sociale wereld te analyseren en hoe de vraag verandert en verschilt over de tijd. Walker (2014) beschrijft hierin drie verschillende categorieën die verder zullen worden uitgelegd, namelijk verandering, ritme en synchronie. Elk van deze categorieën heeft een andere manier in het benaderen van de relatie tussen, tijd, sociale praktijken en energiebehoefte. Daarnaast bestaan deze categorieën uit belangrijke koppelingen en intersecties (Walker, 2014). Met name ritme en geaggregeerde ritmes (synchronie) op het gebied van productie en consumptie zullen uitvoerig worden besproken aangezien deze begrippen de kern van dit onderzoek zijn.

Verandering kan beschreven worden als een dynamiek die zich uitspreidt over een langere tijdsperiode. Walker (2014) beschrijft verandering in energievraag als een verandering in sociale praktijken. Daardoor is het zaak om de verschillende langere termijn dynamieken van praktijken in beschouwing te nemen, omdat op die manier verbonden praktijken over een langere tijdsperiode kunnen worden bepaald (Walker, 2014). In tegenstelling tot de eenduidige langere termijn dynamieken van verandering gaat ritme over de dynamieken van herhaling die over een kortere tijdschaal gaan. Deze ritmes zijn evenals veranderingen ingebed in sociale praktijken (Walker, 2014). Ritmes kunnen in verschillende vormen in het dagelijks leven worden beschreven en bestaan uit tijdelijke structuren die herhalingen organiseren in de complexe voortdurende stroom van de sociale wereld (Walker, 2014 in Durkheim, 1976). Daaropvolgend beschrijft Lefebvre (2004) dat een interactie tussen een plek, een tijd en een verbruik van energie kan worden beschreven als een ritme. Een ritme kan worden verdeeld in verschillende tijdelijke categorieën, namelijk dagelijks, wekelijks, jaarlijks, seizoensgebonden etc. en de interacties tussen deze tijdelijke categorieën ordenen de ritmische patronen van vraag.

Wanneer de ritmes van vraag worden geaggregeerd ontstaan gecombineerde energie, water of andere ritmes van gebouwen en organisaties die ook wel worden beschreven als synchronie (Walker, 2014). In nutsinfrastructuur termen kunnen de patronen van synchronisatie worden beschreven als de manier waarop geaggregeerde patronen van ritmische belasting op deze infrastructuren plaatsvindt. Het gaat hier dan specifiek om de piekbelasting en mogelijk

ondercapaciteit, veroorzaakt door de geaggregeerde ritmische consumptie en productie van energie- en waterstromen. Vanuit een socio-technisch perspectief kan deze netbelasting niet alleen als fysiek fenomeen (gemeten in voltages) worden beschreven, maar ook als een sociale die de aggregatie van hoe elektriciteit en andere stromen verspreid over het distributienet worden gebruikt door huishoudens en bedrijven over verschillende schaalniveaus (Powells et al., 2014).

Als voorbeeld kan het klassieke geaggregeerde patroon van elektriciteitsvraag op een normale doordeweekse dag worden gebruikt en deze heeft een ochtend piek en een avond piek (Powells et al., 2014; Walker, 2014). Deze terugkomende pieken worden voortgebracht door de sociale synchronisatie van energie of water vragende praktijken over verschillende plekken op dezelfde tijd. Als voorbeeld kan de synchronisatie van dezelfde praktijk worden genoemd die plaatsvindt in dezelfde piekperiode (koken) of het samenkomen van meerdere met elkaar verbonden praktijken in dezelfde piekperiode, zoals koken, computergebruik, aanzetten van lichten, douchen, wassen etc. (Walker, 2014). Al deze praktijken vinden plaats tijdens dezelfde piek, namelijk wanneer meer mensen thuis zijn. De verschillende praktijken hoeven niet perfect gesynchroniseerd te zijn, maar er is sprake van een gezamenlijk patroon van een verscheidenheid aan energie vragende praktijken die plaatsvinden tijdens diezelfde piekperiode (Walker, 2014). De fysieke inrichting van infrastructuur zijn berekend op deze piekvragen, zodat netten altijd aan elk vraagscenario kunnen voldoen (Powells et al., 2014).

In het licht van de beslissing van Amsterdam om in 2050 een gasloze stad te zijn, ontstaan vragen als in hoeverre de huidige energie en water systemen piekvragen kunnen blijven belevaren en welke nieuwe duurzame bronnen het gasnet gaan vervangen zonder dat consumenten moeten gaan consumeren met restricties of tegen hogere kosten (Powells et al., 2014). Cruciaal is de rol van bekende duurzame energiebronnen, zoals zon en wind (Powells et al., 2014). Echter beschrijven Powells et al. (2014) dat dergelijke bronnen relatief oncontroleerbaar zijn. Hier kunnen nieuwe technologieën aan worden toegevoegd, zoals thermische energierugwinning uit de watercyclus, die een rol kunnen spelen in de energietransitie. In het beheren van deze productiestromen moet er hierdoor incidenteel voor worden gekozen om windparken uit te zetten of zonne-energie weg te gooien, om piekbelasting in het elektriciteitsnet te voorkomen. Opslag (buffer) biedt echter mogelijkheden om energie op te slaan, maar dergelijke technieken staan in de kinderschoenen, zoals grote batterijen of thermische opslag (Powells et al., 2014).

Het introduceren van nieuwe duurzame alternatieve bronnen heeft als gevolg dat de klassieke ritmes zullen veranderen. Met name de oncontroleerbaarheid van duurzame bronnen zorgt ervoor dat actoren met verantwoordelijkheid voor nutsinfrastructuur zich afvragen hoe ze aan de toenemende vraag kunnen blijven voldoen. Dergelijke vraagstukken worden omringd door onzekerheden, zoals hoe deze ritmische profielen veranderen in duurzame systemen en met welke ritmes er rekening moet worden gehouden wanneer stromen worden gekoppeld.

3. Methodologie

Zoals eerder aangegeven beoogt dit onderzoek de volgende hoofd en deelvragen te beantwoorden:

Wat zijn de kansen en uitdagingen van het koppelen van de infrastructuur van stedelijke water- en energiestromen in de gebiedsontwikkeling van Arenapoort West en hoe en in welke mate moet er rekening worden gehouden met de verschillende ritmes die deze stromen kenmerken?

Deelvragen:

- Welke water en energie stromen lopen er door ArenAPoort West en wie zijn verantwoordelijk voor deze stromen?
- In welke mate kunnen deze water- en energiestromen aan elkaar gekoppeld worden in de gebiedsontwikkeling van ArenAPoort West?
- Met welke ritmes moeten er rekening worden gehouden wanneer deze water- en energiestromen aan elkaar gekoppeld worden?
- Welke barrières liggen koppelingen van deze stromen in de weg?

3.1 Aard van het onderzoek

Dit onderzoek is geïnitieerd vanuit het co-creatie traject *“Koppelkansen Water en Energie”* waar actoren, zoals nutsbedrijven en andere gemeentelijke instanties de handen ineen hebben geslagen om te onderzoeken waar de koppelkansen liggen om duurzaamheidsambities te implementeren in bestaande stad, in transformatiegebieden en in nieuw te ontwikkelen gebieden (Koers 2025⁶). Het idee voor dit onderzoek is het gevolg van een benoemde rode draad die tijdens participatieve observatie van de sessies herhaaldelijk terugkwam. Hier vroegen de deelnemers van het traject zich af of er koppelkansen zitten in:

“De implicaties van de verschillende dag- en jaarritmen van de verschillende stromen (piekbelasting in productie en verbruik van water liggen anders dan van energie...) en waar mogelijk de ruimtes en koppelkansen zitten.” – Co-Creatie 7 december 2017 & 12 februari 2018

Tijdens deze sessie werd ArenAPoort West herhaaldelijk als kans hebbende casus aangehaald om te kijken of er koppelkansen in het gebied liggen wanneer rekening wordt gehouden met de verschillende ritmes van de stedelijke water en energiestromen. Naar de aard van dit

⁶ Koers 2025: Amsterdam selecteert kansrijke woningbouwlocaties (Gemeente Amsterdam, 2018H)

onderzoek is dit kwalitatieve exploratieve casestudie, waarbij gebruik wordt gemaakt van kwalitatieve methoden.

3.2 Onderzoekstrategie

Aangezien de onderzoeksstrategie met name van kwalitatieve aard is en er een gat in kennis bestaat over hetgeen wat onderzocht wordt, zal een inductieve aanpak gebruikt worden die probeert dit gat in te vullen (Bryman, 2012). De keuze voor een kwalitatieve aanpak is gebaseerd op de epistemologische positie van dit onderzoek. Deze wordt als interpretivistisch beschreven, waarbij de sociale wereld wordt begrepen door het onderzoeken van de wereld door de interpretatie van de participanten (Boeije, 2010; Bryman, 2012).

3.3 Onderzoeksontwerp

Aangezien dit onderzoek gebruik maakt van een explorerende onderzoeksvraag die beschrijft welke variabelen van invloed zijn op het koppelen van stedelijke stromen, de onderzoeker geen enkele controle heeft over de gebeurtenissen die plaatsvinden en daarnaast ingaat op een hedendaagse gebeurtenissen is de keuze voor een casestudie de meest logische (Yin, 2014). Dit onderzoek heeft gebruik gemaakt van een exploratief casestudie ontwerp dat inging op waar de respondenten kansen en uitdagingen zagen om stedelijke energie- en waterstromen te koppelen, waarbij rekening wordt gehouden met de verschillende ritmes van deze stromen. Omdat dit een breed vraagstuk is werd er gebruik worden gemaakt van een specifiek casestudiegebied, namelijk ArenAPoort West, waarbij gekeken werd welke stromen er in het gebied lopen en welke specifieke ritmes deze stromen kennen. Aangezien het co-creatie traject parallel liep met het verrichten van het feitelijke onderzoek is de keuze voor het casegebied tot stand gekomen en verder afgebakend in samenspraak met de actoren van dit traject. De actoren hadden grote interesse in hoe de koppelkansen kunnen worden geïmplementeerd in een hoog stedelijk, ontwikkelend en tegelijkertijd transformerend milieu. Bryman (2012) en Yin (2014) stellen dat het grote voordeel van het doen van een casestudie is dat deze diepgaande kennis achterhaald over een bepaald hedendaags fenomeen die kan geplaatst worden in een bredere context.

3.4 Onderzoeksmethoden

In de volgende paragrafen zullen de gebruikte onderzoeksmethoden worden beschreven en hoe deze zijn gebruikt. Op deze manier wordt betrouwbaarheid en validiteit van dit onderzoek gewaarborgd (Boeije, 2010). Deze bestonden uit een literatuuronderzoek, participatieve observatie, semigestructureerd interviews en een documentanalyse die in verschillende fases zullen worden ingezet. Het gebruiken van bovenstaande onderzoeksmethoden heeft als grote voordeel dat de onderzoeker een open mind kan aanhouden over de contouren waarvan hij iets wil weten, zodat theorievorming kan ontstaan uit de verzamelde data (Bryman, 2012).

3.4.1 Literatuuronderzoek

In de eerste fase van de datacollectie is het literatuuronderzoek gebruikt om te bepalen wat er al geschreven is over het te onderzoeksthema en welke concepten en theorieën kunnen bijdragen aan het beantwoorden van de hoofdvraag (Bryman, 2012). Aangezien er vrijwel niets bekend is over het koppelen van water en energiestromen wanneer er rekening wordt gehouden met de ritmes is getracht verschillende concepten en theorieën aan elkaar te koppelen, zodat dit vraagstuk in het wetenschappelijk debat geplaatst kan worden. Dit is gedaan door de water-energie-voedsel nexus als overkoepelend thema te gebruiken en hieronder de relaties tussen de verschillende concepten en theorieën te beschrijven: transitietheorie, het stedelijk metabolisme en de uitdagingen en kansen om deze systemen te integreren, de verschillende soorten infrastructuren en de dynamieken van energievraag, zoals ritmes en het synchroniseren van deze ritmes. Het uitvoeren van dit uitgebreide literatuuronderzoek heeft de kennisleemte blootgelegd en de bijdrage die dit onderzoek kan leveren aan het wetenschappelijk debat (Bryman, 2012).

3.4.2 Participatieve observatie

Daarnaast kan de participatieve observatie worden toegevoegd aan de eerste fase van dataverzameling van het onderzoek. Deze fase diende voornamelijk als oriëntatiefase om te bepalen waar het onderzoek zich specifiek op zou richten. De onderzoeker is in oktober 2017 gestart als onderzoeksassistent bij de Universiteit van Amsterdam en had hierdoor de mogelijkheid om onderdeel te worden van het Co-Creatie-traject Koppelkansen Water en Energie geïnitieerd door Waternet en Alliander. Verder heeft de onderzoeker ook “huiswerksessies” bijgewoond, waarin actoren van het traject de centrale sessies voorbereiden. Annex C geeft een gedetailleerde beschrijving van alle bijgewoonde sessies. Aangezien de onderzoeker is aangenomen om als verslaglegger de sessies te documenteren, kon hij hierin ook als participatieve observant te werk gaan en bij uitstek data verzamelen over de kansen en uitdagingen om water en energiestromen te koppelen die bijdragen aan de energietransitie van Amsterdam. Een van de rode draden die tijdens de participatieve observatie naar voren kwam was waar koppelkansen liggen als er rekening wordt gehouden met de verschillende ritmes van de stromen die gedurende de oriëntatiefase de kern van dit onderzoek is geworden.

Participatieve observatie wordt in het Co-Creatie-traject met name gebruikt om het gedrag en sociale interacties (gesprekken) tussen individuen in een bepaalde setting te observeren en er wordt in dit onderzoek specifiek gefocust op wat dit betekent voor de koppelkansen (Boeije, 2010). De observaties vinden plaats in de sessies van de Co-Creaties en van de koppelkansen tussen de verschillende stromen (Boeije, 2010). Na de oriëntatiefase heeft de dataverzameling door de Co-Creatie sessies bij te wonen zich doorgezet. Van grote waarde waren sessies die inhoudelijk vrijwel volledig over ArenAPoort gingen en deze hebben ook sterk bijgedragen aan het bepalen van het casestudiegebied ArenAPoort West. Uiteindelijk zijn er tot nog toe negen Co-Creatie sessies geweest waar de onderzoeker als participatief observant heeft deelgenomen

(Zie Annex C). Daar komt bij dat de onderzoek als Stagiair bij het Strategisch Centrum van Waternet aan de slag is gegaan ter ondersteuning van het co-creatie traject (februari 2018). Met als gevolg een unieke positie om data (bijwonen van een thermische energie lunchlezing en het verzamelen van andere secundair materiaal) te verkrijgen en dagelijks met de actoren aan de eerdergenoemde vraagstukken te werken.

3.4.3 Semigestructureerd interview

In de tweede fase van het onderzoek is gebruikt gemaakt van aanvullende kwalitatieve semigestructureerde interviews. Deze vorm van interviewen is flexibel, biedt structuur en heeft voldoende ruimte hebben om hiervan af te wijken (Bryman, 2012). Dit resulteert in een rijke hoeveelheid aan aanvullende data en verder is het voordeel van deze vorm van interviewen dat er een natuurlijk gesprek kan ontstaan waarin ook gevoelige onderwerpen worden aangesneden. Het interview protocol is in lijn met het onderzoeksontwerp en maakt duidelijk dat volledige anonimiteit wordt gewaarborgd tijdens het opnemen van het interview, zodat de respondenten geen bruikbare informatie achter houden (Appendix A).

Het semigestructureerd interview is gebruikt om te bepalen wat de kenmerken van de stromen zijn waarvoor de respondenten verantwoordelijk zijn. Hierna is er specifiek ingegaan op wat dit betekent voor het koppelen van deze stromen in het casegebied ArenAPoort West aan de hand van een door de onderzoeker gemaakte kansenskaart met daarop de verschillende activiteiten en potentiële duurzame bronnen in het gebied. Er is tijdens dit interview continu door de onderzoeker voor gekozen om op de ritmes van de verschillende stromen terug te komen, aangezien dit de kern van het onderzoek betreft. Deze structuur is in lijn met de verschillende deelvragen en samengevat in een interviewgids (zie appendix A) en zorgt ervoor dat in het empirische deel van het onderzoek dezelfde structuur kan worden aangehouden.

In dit exploratieve onderzoek wordt een combinatie van theoretische sampling en *snowball sampling* gebruikt voor de interviews (Bryman, 2012). Aangezien het idee voor dit onderzoek is ontstaan tijdens de eerdergenoemde Co-Creatie sessies wordt er gebruik gemaakt van *non-probability* sampling, waarbij de onderzoeker zelf beoordeelt welke deelnemers worden geïnterviewd op zo'n manier die bijdraagt aan het beantwoorden van de onderzoeksvragen (Bryman, 2012). Het grote voordeel van deze manier van sampling is dat het minder tijd kost. De rol die de onderzoeker speelt in het Co-Creatie-traject heeft sterk bijgedragen aan het kiezen van respondenten aangezien hij deze kon benaderen vanuit het Co-Creatie netwerk. De vertegenwoordiging van verschillende actoren met elk een verantwoordelijkheid voor een specifieke stedelijke stroom of andere gemeentelijke rol resulteerde in een uniek netwerk waar respondenten uit gehaald konden worden.

Uiteindelijk zijn er 11 semigestructureerde interviews afgenomen. Zij bestonden onder andere uit respondenten van Waternet die verantwoordelijk zijn voor de verschillende waterstromen (afvalwater, drinkwater etc.) en Alliander die verantwoordelijk is voor de energiestromen

(elektriciteit en gas). Het doel van de onderzoeker was om van deze twee partijen strategen en assetmanagers te spreken is gehaald. Dit heeft geresulteerd in verschillende perspectieven over dezelfde stroom. Daarnaast zijn er respondenten van de Gemeente Amsterdam geïnterviewd, zoals een projectontwikkelaar (Grond en Ontwikkeling) die actief is in Amsterdam Zuid-Oost, en een verantwoordelijke voor de ondergrond (Ingenieursbureau Amsterdam). Het bereikte doel van de onderzoeker was om bij deze respondenten voornamelijk bestuurlijke barrières te traceren en hoe deze opgelost kunnen worden. Ten slotte is er ook een respondent geïnterviewd die geen onderdeel van het Co-Creatie netwerk uitmaakte, namelijk met een van de trekkers van ZO Energy die meer inhoudelijke kennis had over de duurzame mogelijkheden in Amsterdam Zuid Oost.

Het interviewen van deze grote verscheidenheid aan respondenten uit verschillende invalshoeken heeft een groot aantal koppelkansen opgeleverd. Verder zijn de grote barrières op technisch en bestuurlijk (governance) vlak duidelijker geworden.

3.4.4 Documenten analyse

Voor het theoretische deel en de casebeschrijving is in dit onderzoek gebruik gemaakt van een documenten analyse. Zoals eerder vermeld is er in het literatuuronderzoek voornamelijk wetenschappelijke literatuur gebruikt. In de casebeschrijving is meer gebruik gemaakt van beleidsdocumenten en andere grijze literatuur (Bryman, 2012).

3.4.5 Seasonal Calender

Gezien het exploratieve karakter van dit onderzoek en gezien de tekortkomingen van bestaande kwantitatieve modellen om de kansen en uitdagingen van het koppelen van infrastructuren en hun ritmes in kaart te brengen, is er gekozen voor het gebruik van een *seasonal calender*. Een *seasonal calender* is een visuele methode die de distributie beschrijft van door het seizoen wisselende fenomenen (economische activiteiten, problemen, ziektes etc.) over een bepaalde tijdsperiode die vaak als methode wordt gebruikt in ontwikkelingslanden (Worldbank, z.j.). Deze is in aangepaste vorm toegevoegd aan het semigestructureerde interview en geoperationaliseerd aan de hand van het gebruik van de begrippen van Walker (2014) en Powells et al. (2014) zodat deze gebruikt kan worden om de ritmes van de stromen in kaart te brengen. Deze wetenschappers beschrijven de geaggregeerde ritmische patronen van vraag en aanbod en benoemen dat deze voornamelijk bestaan uit piekbelastingen en mogelijkserwijs kunnen leiden tot ondercapaciteit. Deze “ritmische kalender” is als instrument gebruikt om de respondenten in vrije vorm (zonder vastgezette X of Y as) het patroon (profiel) van een ritme over een bepaalde tijds categorie (waar de respondent zelf invulling aan geeft) kunnen tekenen (dagelijks, wekelijks, seizoenaal etc.). Aan de hand van deze getekende ritmes kan bepaald worden in hoeverre de verschillende stromen en hun ritmes aan elkaar gekoppeld kunnen worden. De respondenten werden gevraagd de ritmes te tekenen met een specifieke focus op piekbelastingen en mogelijke situaties van

ondercapaciteit. Er is voor deze aangepaste methode gekozen, omdat er weinig ritmes van stromen openbaar beschikbaar zijn die een bijdrage kunnen leveren aan dit onderzoek (voor een voorbeeld in het interview zie appendix A en een ingevulde kalender in Appendix G).

3.5 Analyse van de resultaten

Alle interviews zijn persoonlijk afgenomen in afspraken van ongeveer een uur. Hierna zijn de 12 interviews getranscribeerd in Microsoft Word. Daaropvolgend zijn de interviews geüpload en de documentatie van de participatieve observaties geüpload in Atlas.ti, een programma die op efficiënte en gestructureerde wijze kwalitatief kan analyseren. De data is gecodeerd aan de hand van open en thematische codes, omdat er tijdens het analyseren van de data ook nieuwe codes ontstonden. Deze open codes die buiten de vooraf bepaalde thematische groepen vallen zijn aan de hand van axiaal coderen alsnog gecategoriseerd (Bryman, 2012).

3.6 Beperkingen

In dit onderzoek kunnen meerdere beperkingen worden aangewezen. De grootste beperking is dat het onderzoek onderdeel uitmaakt van een Master Thesis project. De tijdsperiode waarin het onderzoek werd verricht is de limiterende factor. Voornamelijk omdat het literatuuronderzoek een grote hoeveelheid tijd heeft ingenomen, omdat er geen enkel wetenschappelijk artikel is geschreven over hoe de ritmes van de water en energie stromen gekoppeld kunnen worden. Hierdoor moesten er bepaalde keuzes worden gemaakt, zoals het stoppen met interviewen nadat er 11 interviews waren afgenomen. Bij het afnemen van meer interviews had meer theoretische saturatie bereikt kunnen worden. Verder is er tijdens het onderzoeksproces door de tijdsbeperking ook besloten om de stedelijke stroom afval voor de verdere verloop van het onderzoek buiten beschouwing te laten.

Een andere beperking is dat het onderzoek zich richt op een enkele case met een duidelijke specifieke context. Zoals verder te lezen valt in hoofdstuk 5 bestaat ArenAPoort West en het omliggende gebied uit een unieke mix van activiteiten en potentiële duurzame bronnen. Hierdoor is de generaliseerbaarheid van het onderzoek lastig aangezien de context voor een ander gebied anders zal zijn. Echter bevat elke stedelijk gebied stedelijke stromen en hebben de bepaalde koppelkansen van stromen en hun ritmes en op welke manier deze zijn achterhaald waardevolle lessen opgeleverd. Hierdoor is ondanks de contextafhankelijkheid een bijdrage geleverd aan toekomstig onderzoek.

Een laatste meer operationele beperking was tijdens het afnemen van de interviews. Niet alle respondenten hebben de ritmische kalender ingevuld. Voornamelijk de gemeentelijke respondenten gaven aan over te weinig inhoudelijke kennis te beschikken om dergelijke ritmes te tekenen. Hierdoor kan gesteld worden dat een ritmische kalender alleen kan worden gebruikt als methodologisch instrument voor respondenten die inhoudelijke kennis hebben over stedelijke stromen.

3.7 Ethiek

Tijdens het afnemen van de interviews en het bijwonen van de Co-Creaties door middel van participatieve observaties zijn er verschillende maatregelen genomen om zaken die de respondenten schade konden toebrengen tot een minimum te beperken. Allereerst is aan alle respondenten beloofd dat zij volledige anonimiteit genieten in dit onderzoek. Daarnaast gaven verschillende respondenten aan het transcript door te willen lezen voordat het in de analyse gebruikt zou worden. Deze belofte is nagekomen aan een selectie respondenten, zodat zij nogmaals toestemming konden verlenen. Verder is duidelijk aan de respondenten gecommuniceerd waar het onderzoek over gaat en wat hun bijdrage hieraan is. In de analyse is ervoor gekozen om alle respondenten aliassen te geven, zoals *Professional Water*, *Energie of Gemeente* (Zie Appendix B)

Ook als participatief observant is er rekening gehouden met ethische kwesties. De data die is verzameld wordt op dezelfde wijze gepresenteerd als de interviews (met aliassen). Daarnaast is tijdens de Co-Creatie sessies meerdere malen door de groep aanwezige wetenschappers van de Universiteit van Amsterdam (UvA)/KennisActieWater waar de onderzoeker deel van uitmaakt besproken dat de verkregen data wordt gebruikt voor onderzoeken en andere wetenschappelijke doeleinden. Op deze wijze is er rekening gehouden met alle ethische kwesties in dit onderzoek (Bryman, 2012).

4. Trias Energetica in de energietransitie van Amsterdam

In dit eerste empirische hoofdstuk zal de urgentie van de energietransitie worden bepaald aan de hand van de Trias Energetica (TE) die beschreven wordt door van den Dobbelsteen et al. (2008). De energietransitie in Amsterdam is een enorme opgave, waarbij afscheid moet worden genomen van het gas met als uiteindelijk doel een stad die geen gebruik maakt van fossiele brandstoffen. Op dit moment wordt ongeveer de helft van de energie van bewoners en bedrijven gebruikt voor warmtevoorzieningen (Gemeente Amsterdam, 2016). Het gas wordt met name verbruikt om huizen te verwarmen, maar ook om te koken en tapwater te verwarmen (douchen). Daarnaast wordt er ook elektriciteit geproduceerd, waarbij gas wordt gebruikt in elektriciteitscentrales (Gemeente Amsterdam, 2016). Volgens de TE staat Amsterdam hierdoor voor drie uitdagingen, namelijk het verminderen van de energieconsumptie, het hergebruiken van stromen, het produceren van de resterende vraag uit duurzame bronnen, waar mogelijkterwijs het afval als voedsel gebruikt kan worden (van den Dobbelsteen, 2008).

In Amsterdam is bekend dat er een te hoge energiebehoefte is, waardoor de vraag omlaag moet. Daarnaast wordt er op dit moment gebruik gemaakt van afvalverbranding voor het stadswarmtenetwerk. Echter kan deze op de lange termijn niet als duurzame bron fungeren door het gebruik van fossiele brandstoffen, waardoor er gezocht moet worden naar andere duurzame bronnen. Een ander nadeel van deze hoge-temperatuur (HT) warmte is dat deze niet voor nieuwe gebouwen gebruikt dient te worden aangezien deze gebouwen vaak weinig warmte nodig hebben door goede isolatie (van den Dobbelsteen, 2018). Hierdoor zal er volgens de TE opzoek moeten worden gegaan naar alternatieven die bijdragen aan een fossiele brandstofdrije stad. In de eerste sectie van dit contextuele hoofdstuk zullen de algemeen benoemde alternatieven en energiebronnen worden beschreven die specifiek bijdragen aan de transitie naar een fossielbrandstof vrij Amsterdam. Hierna zal er dieper worden geïnterviewd welke alternatieven er implementeerbaar zijn in het transformatiegebied ArenAPoort West dat zich uitermate loont voor duurzame gebiedsontwikkeling.

4.1 All-electric

Rekening houdend met de TE zal een betere isolatie van woningen ervoor zorgen dat deze minder warmte nodig hebben. Het resterende beetje warmte wat deze woningen bij een aantal zeer koude winterse dagen nodig heeft kan worden ingevuld met andere duurzame energiebronnen, bijvoorbeeld door gebruik te maken van alleen elektriciteit (all-electric) (Rijkswaterstaat, 2018; Gemeente Amsterdam, 2016). Bij all-electric wordt warmte geproduceerd aan de hand van elektriciteit. De meest voor de hand liggende optie is om op grote schaal warmtepompen of infraroodpanelen te installeren die ruimtes verwarmen (Gemeente Amsterdam, 2016).

Gezien de TE die stelt dat duurzame bronnen de resterende vraag moeten dekken, zou de elektriciteit die benodigd is voor dergelijke systemen op lokale schaal opgewekt kunnen worden, zoals het installeren van zonnepanelen op gebouwen (Gemeente Amsterdam, 2016). In gevallen van ondercapaciteit en te weinig elektriciteit opwekking, bijvoorbeeld in de nacht of tijdens de wintermaanden, zullen gebouwen die all-electric zijn ingericht gebruik moeten maken van het huidige centraal georganiseerde elektriciteitsnet als buffervoorziening totdat deze volledig is verduurzaamd. Het grote voordeel van uitwijken naar datzelfde elektriciteitsnet is dat men in de zomer het net als buffercapaciteit kan gebruiken, wanneer te veel lokaal geproduceerde stroom wordt teruggeleverd (Gemeente Amsterdam, 2016).

Een andere all-electric toepassing die ook sterk bijdraagt aan de TE is het inrichten van huizen gericht op nul-op-de-meter (NOM). Dit zijn woningen die evenveel elektriciteit aan het net leveren als dat deze van het net nodig hebben, waardoor de energieconsumptie sterk gereduceerd wordt. NOM is alleen mogelijk bij goed geïsoleerde woningen, waarbij gebruik wordt gemaakt van energiezuinige apparatuur. Desondanks stellen de respondenten dat NOM nadelig is voor het elektriciteitsnet.

“Lijkt leuk hoor NOM. Dat kost ons het meeste zegmaar... Dan gebruik je het net als buffer... Het is niet nul op de meter, maar nul uitwisseling met het net ofzo... of nul uitwisseling vanuit de stad... Eigenlijk zou je dan met je burens de gelijktijdigheid van het gebruik moeten managen” –
Professional Energie 3, 17 mei 2018

Bovendien is het in Amsterdam een lastige opgave NOM en andere all-electric toepassingen te implementeren, omdat de stad wordt gekenmerkt door gestapelde woningen (80%). Rijtjeshuizen lenen zich makkelijker voor dergelijke renovaties, waardoor er nog weinig renovatie naar NOM-woningen in Amsterdam heeft plaatsgevonden (Gemeente Amsterdam, 2016). Transformatie of groene weidegebieden (gebieden waar nog geen bestaande bouw aanwezig is) lonen zich uitermate voor het implementeren van all-electric of energieneutrale toepassingen in nieuwbouw (van den Dobbelsteen, 2018).

4.2 Bodemenergiesystemen

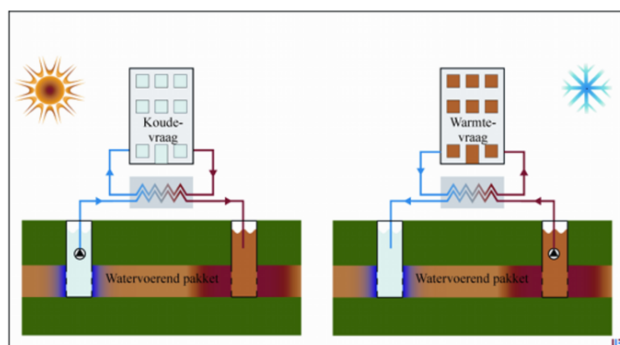
Een ander alternatief voor de Amsterdamse energietransitie en die overeenkomt met het TE denken is het introduceren van bodemenergiesystemen (BES). Met bodemenergie kunnen verschillende gebouwen op een duurzame manier worden verwarmd en gekoeld (Rijkswaterstaat, 2018). Voornamelijk ondergrondse distributienetten transporteren warmte of koude in de vorm van water of een vloeistof naar gebouwen, zoals woningen en kantoren.

Er bestaan twee soorten BES, namelijk een open en gesloten systeem. Een open BES (Wko) maken gebruik van warmte of koude die van nature aanwezig is in de bodem en grondwater (zie figuur 4). Dergelijke systemen gebruiken onttrekkings- en infiltratiebronnen. Hier wordt het grondwater uit de bron gepompt en na gebruik voor verwarming of koeling terug in de bodem

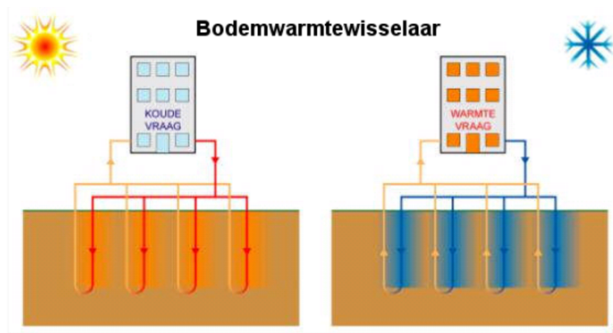
gebracht (Rijkswaterstaat, 2018). In de praktijk wordt het water vanaf een centrale bron via ondergrondse infrastructuur (pijpen en leidingen) naar de gebruikers getransporteerd (Gemeente Amsterdam, 2016). Een Wko kan worden omschreven als seizoensbuffer die warmte en koude in een ondergrondse zandlaag opslaat in twee grondwaterbronnen die 30 tot 250 meter diep kunnen zijn (RVO, 2016). Een Wko-systeem kan ook energie uit gebouwen en de omgeving opslaan in de bodem. Aan vrijwel alle Wko-systemen zijn warmtepompen gekoppeld die de juiste temperatuur kunnen produceren in gebouwen (RVO, 2014).

Gesloten BES werken vrijwel identiek als de open systemen. Echter maakt een gesloten systeem geen gebruik van grondwater, maar van een vloeistof (niet-giftig antivriesmiddel) die door buizen de bodem in wordt gepompt (zie figuur 5) (RVO, 2014). Deze vloeistof komt niet in contact met het grondwater. Uitwisseling van warmte en koude met het grondwater vindt plaats door contact met de wand van het gesloten buizenstelsel in de bodem. Hierdoor wordt dit gesloten BES ook wel een bodemwarmtewisselaar genoemd (Rijkswaterstaat, 2018).

Het gebruik van deze energievormen draagt significant bij aan het reduceren van het gebruik van fossiele brandstoffen omdat deze gebruik maken van de natuurlijke warmte en koude uit de bodem die continu beschikbaar is (dag en nacht) (Rijkswaterstaat, 2018). Er zijn verschillende potentiekaarten ontwikkeld voor Amsterdam en deze laten zien dat BES goed implementeerbaar zijn op Amsterdams grondgebied en zijn er ook meerdere praktijkvoorbeelden die verder worden behandeld in hoofdstuk 6 (Gemeente Amsterdam, 2018A). Verder hebben de systemen andere kenmerken die overeenkomen met de doelstellingen van de Trias Energetica, namelijk dat dergelijke systemen een (I) gunstige rendabiliteit hebben, (II) ze toekomstbestendig zijn, want ze zorgen voor zuinige energieopwekking en een goede basis geven voor energieneutraliteit, (III) zijn Wko's emissievrij en goed te implementeren in all-electric gebouwen en (IV) is een Wko goed te koppelen aan bestaande cv-systemen (RVO, 2014). Echter is het de vraag of dergelijke systemen daadwerkelijk de oplossing voor de toekomst zijn, wat verder zal worden behandeld in hoofdstuk 6.



Figuur 5: Open BES, Rijkswaterstaat 2018



Figuur 4: Gesloten BES, Rijkswaterstaat 2018

4.3 Warmtenet

Een alternatief wat al geruime tijd geleden in Amsterdam is geïmplementeerd en waar op dit moment veel controverse over bestaat is het Stadswarmtenet dat gebruik maakt van HT-Warmte (Gemeente Amsterdam, 2018). HT-warmte is vaak als restproduct afkomstig van industrie en wordt gebruikt als reststroom om water te verwarmen, waarna deze door aparte leidingen naar huizen wordt getransporteerd om ruimtes te verwarmen. De warmte wordt veelal gewonnen als overtollige warmte uit de verbranding van afval of de verbranding van aardgas voor de productie van elektriciteit uit afvalenergiecentrales en elektriciteitscentrales (Gemeente Amsterdam, 2018). Er kan echter ook warmte gewonnen uit kleinere bronnen, zoals een biovergister (tekstbox 2) (Gemeente Amsterdam, 2018).

Het stadswarmtenet van Amsterdam heeft bijgedragen aan een verminderde consumptie van gas en het hergebruiken van stromen en draagt bij aan twee van de TE doelstellingen. Echter worden er in het productieproces van HT-warmte nog steeds fossiele brandstoffen gebruikt en kan hierdoor de volledige TE niet worden behaald, omdat de resterende vraag ook door duurzame bronnen moet worden voorzien (van den Dobbelsteen, 2008). Daarnaast is als benoemd wat het nut is om HT-warmte naar goed geïsoleerde woningen te transporteren die weinig warmte nodig hebben.

Door deze controverse is de focus verschoven naar LT-warmtenetten die restwarmte met een LT naar woningen transporteert. Deze restwarmte kan ook door middel van warmtepompen worden verwarmd naar hogere temperaturen die gebouwen van warmte kunnen voorzien. Echter bestaat er over dergelijke alternatieven ook veel onduidelijkheid. De voordelen zijn dat dergelijke systemen goedkoper en fossielbrandstof vrij zijn in tegenstelling tot HT-warmtenetten. Nadelen kunnen zijn dat LT netten een decentraal karakter hebben en afhankelijk zijn van de kansen op een kleiner schaalniveau, bijvoorbeeld op wijkniveau omdat er dan minder sprake is van minder warmteverlies tijdens transport (Marselis & Hisschemöller, 2018). Er is een groeiende behoefte aan meer praktijkvoorbeelden op wijkniveau in Amsterdam naast de LT-oplossingen die mede door inzet van de gemeente gerealiseerd zijn (Marselis & Hisschemöller, 2018). Onderstaande tabel laat zien met welke type temperatuur warmtebronnen rekening gehouden kan worden die warmtenetten kunnen voeden (zie tabel 2).

Tabel 2: Categorisering van de temperatuurbronnen, MRA 2016

	Temperatuur	Restwarmte Bronnen
Hoog Temperatuur Warmtebronnen	Opereren tussen 90 °C en 120 °C	- Hemweg gascentrale - Diemen gascentrales - Afval EnergieBedrijf Amsterdam (AEB) - Toekomstige ontwikkeling van Geothermie (dieper dan 4km)
Midden Temperatuur Warmtebronnen	Opereren tussen 70 en 90 °C	- Industriële restbronnen - Toekomstige Geothermie (dieptes tot 2,5 km)
Laag Temperatuur Warmtebronnen	Lager dan 70 °C	- Restwarmte in effluent rioolwaterzuiveringen (RWZI's) (5 °C – 20 °C) - Restwarmte datacenters (20 °C – 35 °C) - Grachten (10 °C)

4.4 Andere alternatieven

Naast de warmte en koude netten en all-electric toepassingen zijn er ook andere alternatieven die de TE doelstellingen helpen behalen en in stedelijke gebieden geschikt zijn om te implementeren, zoals het gebruik van groen gas. Dit gas wordt gemaakt van slib en GFT (biomassa) en Amsterdam zou hier goed gebruik van kunnen maken. Met name het gebruik van de al bestaande infrastructuur en installaties voor aardgas zijn een voordeel als er op een grotere schaal voor groen gas wordt gekozen (Gemeente Amsterdam, 2016). Echter is er op dit moment onvoldoende groen gas beschikbaar in Amsterdam om het aardgas te vervangen (van den Dobbelsteen, 2018). Groen gas kan een oplossing zijn als andere duurzaamheidsoplossingen geen uitkomst bieden. Met name in de bestaande stad (Grachtengordel) die wordt gekenmerkt door oude huisvesting en een compacte ondergrondse infrastructuur is het complex om duurzame energiesystemen te implementeren en kan groen gas uitkomst bieden. In dergelijke gebieden is het financieel gezien lastig om de huidige energienetten te vervangen door duurzamere (Gemeente Amsterdam, 2016).

4.5 Verwachte barrières in Amsterdamse energietransitie

De duurzame alternatieven die geïmplementeerd bijdragen aan de Amsterdamse energietransitie en de TE zullen naar verwachting niet zonder barrières beslecht worden. Voornamelijk in de fysieke leefomgeving (gebouwen en infrastructuur) maar ook voor productie en betrokken actoren zullen veranderingen plaatsvinden (Schepers & Meyer, 2017).

Gebouwen die worden aangesloten op het stadswarmtenet zullen weinig aanpassingen nodig hebben. Alleen het toevoegen van een in pandige aansluiting zal benodigd zijn voor de koppeling van gebouwen tot een collectief warmtenet (Schepers & Meyer, 2017). Bij het

invoeren van all-electric zijn echter grote renovaties in de gebouwen te verwachten, waardoor de (eind)gebruikers tijdens deze renovatie niet in staat zijn om in het gebouw te verblijven.

Daarnaast zal het afkoppelen van het gasnet ook verregaande gevolgen hebben voor de infrastructuur. Een mogelijk scenario zou zijn dat bij 90 procent van de gebouwen het gasnet zal verdwijnen. Wanneer dit scenario zich realiseert zal er een warmtenet of een verzwaard elektriciteitsnet voor in de plaats moeten komen. Dit zal betekenen dat de openbare ruimte (stoep/straat) voor lange tijd opengebroken zal zijn. De verwachting is dat dit in Amsterdam tot 2050 bij 10.000 woningen per jaar nodig zal zijn wanneer dergelijke alternatieven worden ingevoerd (Schepers & Meyer, 2017).

De kosten voor het aanleggen van all-electric woningen of warmtenetten zullen moeten worden gedragen door verschillende stakeholders. Deze zullen vooral moeten worden gemaakt door in pandige gebouwen aan te passen en installaties te veranderen. Er wordt met name verwacht dat de energiekosten lager zullen uitvallen in het geval van all-electric gebouwen in tegenstelling tot gebouwen die aangesloten zijn op een warmtenet (Schepers & Meyer, 2017). De kosten zullen gedragen moeten worden door de gebouweigenaren en het is nog niet duidelijk hoe dit moet worden opgelost. De verwachting is dat collectieve oplossingen door deze transitie worden gedragen door (semi) publieke partijen, zoals de gemeente, netbeheerder of een warmtebedrijf (Schepers & Meyer, 2017).

5. Amsterdam een groeiende stad

Amsterdam maakt een enorme bevolkingsgroei door en deze zal progressief blijven stijgen tot een verwacht bevolkingsaantal van 998.000 in 2050 (O+S Amsterdam, 2018). Deze ontwikkelingen in bevolkingsgroei zorgen voor een toenemende druk op de woningvoorraad en als oplossing moet de woningvoorraad sterk stijgen (Koers 2025). De stad zet hierdoor vol in op verdichting van de bestaande stad (Vermeulen & Langendijk, 2018). Transformatiegebieden geven mogelijkheden om aan deze toenemende woningvraag te doen en bieden daarnaast mogelijkheden om effectiever en efficiënter om te gaan met het energienet en duurzame oplossingen te implementeren (Gemeente Amsterdam, 2018).

Een transformatiegebied met een afnemend, maar nog steeds relatief hoog percentage leegstand en dat uitermate geschikt is om de toenemende bevolkingsdruk op te vangen is ArenAPoort en Amstel III (Gemeente Amsterdam, 2016A). Het volledige ArenAPoort gebied ligt in Zuidoost en ligt rondom het station Amsterdam Bijlmer ArenA en is onderdeel van het gebied Bijlmer Centrum (Gemeente Amsterdam, 2018B). Hier is nog voldoende ruimte om de vraag naar woningen en kantoren te kunnen beantwoorden door middel van het transformeren van de huidige leisure functies en kantoren (Professional Gemeente 2, 14 mei 2018). Daarnaast geeft de groei van de stad grote kansen om deze te verbinden aan andere ambities. Onder andere van het gas af en andere duurzaamheidseisen kunnen worden meegenomen in de gebiedsontwikkeling. Dit onderzoek zal zich hierdoor met name focussen op het ArenAPoort en het omliggende gebied als casestudiegebied.

5.1 ArenAPoort een interessant ontwikkelingsgebied

Op dit moment heeft ArenAPoort in grote mate de aandacht van investeerders en marktpartijen getrokken, omdat er veel mogelijkheden in het gebied zitten (Gemeente Amsterdam, 2018D). Gezien de bedrijvigheid en de werkgelegenheid die zich concentreren in het gebied is het een van de belangrijkste locaties van Amsterdam (Gemeente Amsterdam, 2018B). Hierdoor is het gebied zeer in trek als vestigingslocatie voor kantoren en bedrijven en kent het 50.000 arbeidsplaatsen. Daarnaast kent het gebied voor bewoners, bezoekers en gebruikers verschillende leisure en winkelveorzieningen (Gemeente Amsterdam, 2018E). Het grootste gebied in Nederland qua entertainment is gelokaliseerd in het gebied rond de ArenABoulevard en trekt jaarlijks ongeveer zestien miljoen bezoekers waarvan 9 miljoen uitgaan en winkelen. Hierdoor zijn er voldoende kansen voor werkgelegenheid en opleidingsdoeleinden.

Daarnaast is er een projectteam samengesteld dat heeft bepaald wat mogelijk is in het ArenAPoort gebied en verder brengt het de ambities van verschillende partijen, zoals de gemeente en de ontwikkelaars samen (Gemeente Amsterdam, 2018D). Het ArenAPoort gebied heeft ruim tien jaar geleden de weg ingezet om zich te transformeren naar een (hoog)stedelijke gebied met verschillende functies, namelijk entertainment, sport, wonen en werken. Gezien de

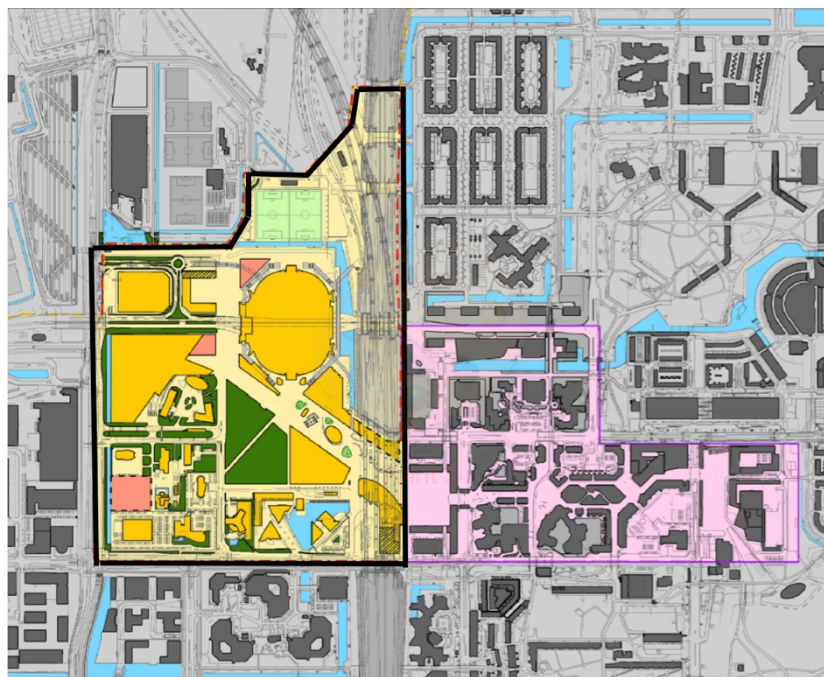
potentie van het gebied en het combineren van een verscheidenheid aan activiteiten (evenementen en sport) heeft het gebied kansen om zich te ontwikkelen naar een (inter)nationale trekpleister en draagt het bij aan de ontlasting van het centrum van Amsterdam (Professional Gemeente 2, 14 mei 2018).

5.2 Case ArenAPoort West

5.2.1 Activiteiten

Dit onderzoek is specifiek gericht op ArenAPoort West, maar neemt ook het omliggende gebied in beschouwing. Dit heeft te maken met de aanwezigheid van verschillende potentiële bronnen voor nieuwe warmte en energiesystemen rondom ArenAPoort West. Verschillende functies in het ArenAPoort West kunnen gezien hun energiebehoeften op dit soort nieuwe systemen worden aangekoppeld die bijdragen aan de duurzame ambities van de gemeente Amsterdam (Gebiedsplan ArenAPoort/Amstel III, 2018). Hieronder zal kort worden ingegaan op welke activiteiten in het gebied plaatsvinden.

Het plangebied ArenAPoort West maakte voorheen deel uit van het 'Centrumgebied Zuid' en bevatte het deel aan de oostzijde van het spoor waar onder andere het winkelgebied De Amsterdamse Poort deel van uitmaakt. Het 'Centrumgebied Zuid' bevat nog steeds beide gebieden, maar de plangebieden zijn opgesplitst in ArenAPoort West en Oost, waarvan West als grootstedelijk gebied beschreven wordt (Bestemmingsplan ArenAPoort West, 2015) (zie figuur 6).



Figuur 6: Ligging ArenAPoort West in relatie tot het volledige gebied (Geel arenapoort west / roze arenapoort oost), Bestemmingsplan ArenAPoort West, 2015

Het casegebied waar dit onderzoek zich op richt wordt op de volgende manier omgrenst (zie zwarte omgrenzing):

Tabel 3: Bestemmingsplan ArenAPoort West, 2015

Noorden: de gemeentegrens van de gemeente Amsterdam en de gemeente Ouder-Amstel;
Oosten: de oostzijde wordt omgrenst door het talud van het spoor Amsterdam-Utrecht;
Zuiden: de Hoogoorddreef;
Westen: de Holterbergweg

Grootschalige evenementen worden de laatste 15 jaar voornamelijk gehouden in ArenAPoort West, door de aanwezigheid van de Amsterdam ArenA, de Heineken Music Hall (AFAS Live) en de Ziggo Dome. Verder is het gebied een aantrekkelijk gebied om te werken, aangezien een groot aantal kantoren recentelijk zijn gerenoveerd en leegstand vrijwel niet aan de orde is (zie tabel 4) (Bestemmingsplan ArenAPoort West, 2015).

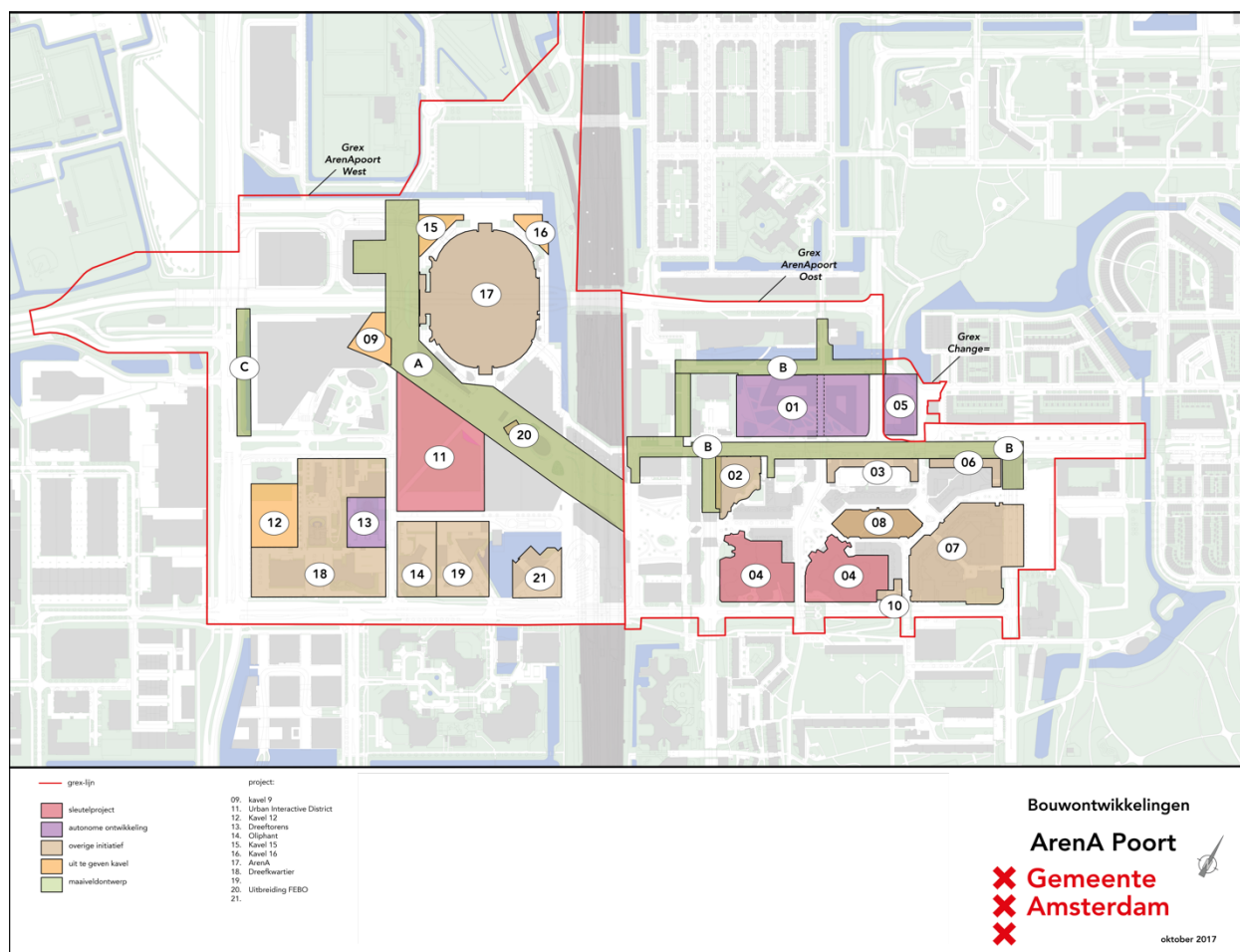
Tabel 4: Oppervlakte per (enkel)bestemming ArenAPoort West, Planviewer 2015

Bestemming	Percentage
Cultuur en Ontspanning	4,65 %
Detailhandel	5,87 %
Gemengd	23,33 %
Groen	1,12 %
Horeca	2,59 %
Kantoor	3,60 %
Sport	3,26 %
Verkeer	51,76 %
Water	3,80 %

In 2018 is besloten om met name op uitvoeringsniveau de transformatie van een mono- naar een multifunctioneel woon-werkgebied verder vorm te geven om aan de toenemende bevolkingsdruk te kunnen voldoen (Gemeente Amsterdam, 2018B). Ontwikkelaars zien kansen om de transformatie van het gebied met de gemeente vorm te gaan geven en houden hierbij rekening met de stedelijke norm, waarbij rekening gehouden wordt met de 40/40/20 verdeling (percentages sociaal/midden en hoog segment) (Gebiedsplan ArenAPoort/Amstel III, 2018). Het toevoegen van woningen en andere stedelijke functies zorgen voor een verbeterend verblijfsklimaat in het gebied. Daardoor transformeert voornamelijk kantorengedrag vanaf het AMC tot de ArenABoulevard naar een stadswijk (Gebiedsplan ArenAPoort/Amstel III, 2018).

De transformatie en doorontwikkeling van ArenAPoort vindt niet plaats in één project maar bestaat uit verschillende deelprojecten (zie figuur 7). De respondenten geven aan de

kavelgewijze gebiedsontwikkeling heeft geresulteerd in versnippering, waardoor veel van de plannen nog niet zijn uitgevoerd (Co-Creatie, 28 februari 2018).



Figuur 7: Bouwontwikkelingen ArenApoort, Gemeente Amsterdam 2017

Het hoogtepunt van de ontwikkelingen ligt tussen 2019 en 2025 (Gemeente Amsterdam, 2018 A). De sleutel ontwikkelingen die op dit moment plaatsvinden zijn onder andere de nieuwbouw van het hoofdkantoor van de ING (transformatie van het Zandkasteel) en de ontwikkeling van het ArenA Park (Getz-Kavel) naar een Urban Interactive District (UID). Hier wordt een district ontwikkeld met onder andere een theater, een poppodium, horeca, kantoren, een hotel en ongeveer 650 woningen. Deze verschillende functies zullen worden gerealiseerd in vier bouwblokken, waartussen zich openbare toegankelijke straten en pleinen zullen bevinden (zie figuur 8) (Gemeente Amsterdam, 2018C). Beide projecten zullen in september 2018 de grootste prioriteit en aandacht eisen (Gebiedsplan ArenApoort/Amstel III, 2018). Na het Europees Kampioenschap voetbal zal het gebied rondom de ArenA opnieuw worden ingericht (Co-Creatie, 28 februari 2018).



Figuur 8: Urban Interactive District, Gemeente Amsterdam, 2018

De bouwontwikkelingen die in ArenAPoort West gaan plaatsvinden zijn onder andere terug te vinden in eerdergenoemde kaart (zie figuur 7) en de transformatie is op dit moment overal in het gebied waar te nemen (Professional Energie 4, 15 mei 2018).

Een belangrijk kenmerk van het omliggende gebied is dat er een grote cluster van datacenters is gelokaliseerd. Amsterdam heeft zelfs de tweede datahub op wereldschaal. De datacenters vragen veel energie en het is een vereiste dat ze continu operationeel zijn. Doordat de datacenters weinig flexibiliteit hebben en Amsterdam een relatief stabiel elektriciteitsnet heeft is Amsterdam een zeer aantrekkelijk vestigingsklimaat. De verwachting is dat door de datatransitie de hoeveelheid datacenters zal blijven toenemen (Professional Gemeente 1, 8 mei 2018; Professional Energie 1, 7 mei 2018).

5.2.1 Verantwoordelijkheid Gemeente Amsterdam

De gemeente Amsterdam is onderverdeeld in verschillende diensten die elk een eigen stuk verantwoordelijkheid en zeggenschap hebben in de transformatie van ArenAPoort West. Het Ingenieursbureau is binnen de gemeente Amsterdam verantwoordelijk voor de inkoop, techniek en projectrealisatie in de grond, weg en de waterbouw; de Grond en Ontwikkeling geeft vorm aan de groei en ontwikkeling van Amsterdam en realiseert de gemeentelijke doelen op het gebied van gebiedsontwikkeling. Daarnaast helpt het bij het uitgeven van erfpacht en het bouwrijp maken van gemeentelijke grond (Gemeente Amsterdam, 2018F). Voornamelijk de in erfpacht uitgegeven grond in ArenAPoort West zorgt ervoor dat de gemeente minder regie in het gebied heeft. Hierdoor moet er op projectbasis ontwikkeld worden, waarbij er plannen moeten worden uitgevoerd in privaat gebied (Co-Creatie, 28 februari 2018). De verschillende kavels worden door middel van een tender verhandeld op de markt.

“Met een tender zet je een kavel op de markt en geef je eigenlijk alle partijen evenveel recht om daarop in te schrijven. Iedereen heeft evenveel kans en mogelijkheden op een tender, mits men voldoet aan de criteria van de gemeente Amsterdam. Kan zijn de hoogste bod op een kavel of tenderen op kwaliteit, stedenbouw en architectuur. Of duurzaamheidsprincipes, zoals circulair bouwen” – Professional Gemeente 2, 14 mei 2018

Ten slotte houdt Ruimte en Duurzaamheid zich bezig met het ontwikkelen van beleid en het kaderen van ruimtelijke ordening, stedenbouw en duurzaamheid (Gemeente Amsterdam, 2018F). Dergelijke gemeentelijke partijen kunnen de projectontwikkelaars verplichten om de gebieden aan te sluiten op een (duurzaam) water en energiesysteem. Sinds korte tijd is het Amsterdamse beleid dat elk nieuw ontwikkelingsgebied een warmtesysteem moet hebben in plaats van een aansluiting op het aardgas (Professional Gemeente 2, 14 mei 2018). Echter loopt de bestaande wet en regelgeving achter en zijn verschillende planprocessen in een dusdanig vergevorderd stadium, waardoor deze toch worden aangesloten op het gas. Het door Amsterdam gevoerde beleid zal door de Nederlandse overheid moeten worden overgenomen. De aansluitplicht wordt dan omgezet van het recht op een aardgasaansluiting naar een warmterecht, zodat de energietransitie sneller zal verlopen (Amsterdam Aardgasvrij, 2018).

6. Stromen en actoren in ArenAPoort West

De grote hoeveelheid aan functies en activiteiten die plaatsvinden maken ArenAPoort West een interessant casegebied. Daaropvolgend moet bepaald worden welke stedelijke energie en watersystemen er door ArenAPoort West stromen en welke kenmerken deze stromen hebben en wie er voor deze stromen verantwoordelijk is. De inrichting van de centrale en decentrale infrastructures zullen worden behandeld, waarna de ritmes van deze stromen worden bepaald. Het benoemen van deze contextuele factoren is nodig om te bepalen hoe de stromen door ArenAPoort West lopen om hierna de koppelkansen te kunnen benoemen.

6.1 Energiestromen

6.1.1 Centrale infrastructuur en actoren

De centrale conventionele energiestromen die in ArenAPoort West door een centrale infrastructuur stromen worden onderverdeeld in een elektriciteitsstroom, een gasstroom en een warmtestroom (Professional Water 5, 22 mei 2018).

Liander is het netbeheerdersbedrijf dat in ArenAPoort West verantwoordelijk is voor de ondergrondse gas- en elektriciteitsinfrastructuur en is onderdeel van het moederbedrijf Alliander DGO (Gemeente Amsterdam, 2016). Tot op heden is een klein aandeel van de gebouwen in ArenAPoort West aangesloten op het gasnetwerk die in de toekomst zullen moeten worden afgekoppeld door het besluit van Amsterdam om niet meer te verwarmen op aardgas. Het overgrote deel van de warmtevraag van de gebouwen wordt zoals eerdergenoemd geleverd door het bestaande stadswarmtenetwerk dat beheerd wordt door Nuon (Gemeente Amsterdam, 2018A).

De respondenten beschrijven bovenstaande stromen als zeer constant en altijd aanwezig door de vrijwel oneindige productiemogelijkheden. Hierdoor hebben eindgebruikers altijd toegang tot de energiestromen wanneer zij daarop zijn aangesloten (Professional Water 5, 22 mei 2018). Daarnaast is het een vereiste dat alle gebouwen in ArenAPoort West staan aangesloten op een elektriciteit- of warmtesysteem (Professional Energie 2, 7 mei 2018).

De stromen zijn afkomstig uit een centraal aangelegde infrastructuur die de verschillende stromen naar de aangesloten gebouwen transporteert door middel van ondergrondse leidingen (Professional Energie 2, 7 mei 2018). De respondenten geven aan dat wanneer de ondergrondse infrastructuur van centrale energiestromen wordt aangelegd de kabels en leidingen (assets) worden gedimensioneerd op de piekvragen. Als voorbeeld kan de warmtehuishouding van steden worden genoemd die is gebaseerd op een aantal dagen in het jaar dat het zeer koud is (Professional Water 2, 14 mei 2018).

6.1.2 Elektriciteit

Het hoogspanningsnet in Nederland is van groot belang voor de elektriciteitsvoorziening waar men tot op heden dag gebruik van maakt. Producenten zorgen voor voldoende aanbod op het net waar eindgebruikers gebruik van kunnen maken. De verantwoordelijke actor voor dit hoogspanningsnet is Tennet die verschillende elektriciteitsnetten aan elkaar koppelt tot een Europees net (Tennet, 2018). Liander maakt als netbeheerder onderdeel uit van meerdere regionale netbeheerders die deze netwerken in delen (regio) beheren. De voornaamste werkzaamheden bestaan uit het leggen en onderhouden van kabels en leidingen, waaruit de ondergrondse centrale infrastructuur bestaat die verspreid over Nederland tot de eindgebruiker reikt (Onsenergienet, 2018). Het voordeel van een groot elektriciteitsnet is de variëteit aan aanbod die verspreid is over een groot gebied (meerdere landen), waardoor het gehele systeem stabiel is en als robuust en betrouwbaar wordt gekenmerkt (Professional Energie 3, 14 mei 2018). Specifieke gebruikers kunnen extra capaciteit van het net vragen door contact op te nemen met de netbeheerders. Zodoende kan er altijd aan de vraag worden voldaan (Professional Energie 2, 7 mei 2018).

“Als er veel zon en wind is... dan gaan de elektriciteitscentrales die op kolen draaien uit [...] als hier de zon wegvalt gaat elders de zon schijnen, dus hoe groter de variëteit van je systeem des te stabiel is” – Professional Energie 3, 14 mei 2018

De productie van elektriciteit bestaat voornamelijk uit een mix van energiebronnen. Wind en zonne-energie zorgen voor een klein deel van de productie en wordt gewonnen uit zonne- en windparken. Het overgrote deel van de elektriciteitsproductie wordt nog steeds gewonnen uit elektriciteitscentrales door het verstoken van kolen of gas (Professional Energie 3, 14 mei 2018). Daarnaast geven de respondenten aan dat er geen overschot aan stroom kan worden opgehoopt in het elektriciteitsnet. Het net kan namelijk niet als buffer worden gebruikt, omdat het elektriciteitsnet geen lading kan opslaan en in balans moet zijn. Daarentegen is er wel buffercapaciteit en flexibiliteit aan het net aangesloten. Hierdoor is het mogelijk dat elektriciteitscentrales minder hard draaien wanneer er gerekend wordt op extra duurzame energieopwek, zodat pieken kunnen worden gebalanceerd (Professional Energie 3, 14 mei 2018). In het verleden is er sprake geweest van onbalanssituaties, maar door de aanleg van het Europese Hoogspanningsnet is het net vrijwel altijd in balans (Professional Energie 2, 2018). Desondanks ontstaan er onbalanssituaties wanneer er te weinig capaciteit is ingekocht door Tennet. Deze situaties ontstaan bijvoorbeeld wanneer er weinig duurzame energie beschikbaar is, terwijl hierop gerekend wordt (Professional Gemeente 1, 8 mei 2018).

6.1.3 Gas

ArenAPoort West heeft zoals eerdergenoemd een kleine fractie oudbouw die is aangesloten op het gasnet. Het centrale gasnet is in de jaren zestig aangelegd en moet in de komende vijf tot tien jaar vervangen worden wat een “natuurlijk moment” biedt om ook hier over te stappen

naar een alternatieve warmtesysteem (Gemeente Amsterdam, 2016). Daarnaast geven de respondenten aan dat de gasleidingen bestaan uit brosse materialen die gemakkelijk kapotgaan wanneer ontwikkelingen plaatsvinden in de ondergrond, zoals de transformatie van ArenAPoort West (Co-Creatie, 28 februari 2018).

Gas wordt gekenmerkt als een stroom met een hoge energiedichtheid waar veel energie door getransporteerd kan worden. Verder is het een constante stroom die altijd aanwezig is (Professional Energie 2, 7 mei 2018). Gebouwen gebruiken geïnstalleerde (piek) verwarmingsketels om gas uit het net te gebruiken en verstoken deze om ruimtes te verwarmen. Zelfs in zeer koude winters tijdens piekvragen ontstaan er geen leveringsproblemen, gezien de grote gasvoorraad in Nederland. Ook zijn er tijdelijke bergingen in Noord-Nederland en kan gas worden opgehoopt in de daarvoor bestemde gaspijpen (Professional Gemeente 1, 8 mei 2018 & Professional Energie 3, 14 mei 2018).

6.1.4 Warmte en Koude

Het overgrote deel van de gebouwen in ArenAPoort West is aangesloten op het Nuon Stadswarmtenet. Nuon heeft de monopoliefunctie op het stadswarmtenet en is de verantwoordelijke partij die het net beheert en onderhoud. Het functioneren van het stadswarmtenet is eerder uitgelegd in paragraaf 4.3. Bovendien beheert Nuon een stadskoudenet met koude gewonnen uit de Ouderkerkerplas (Professional Energie 4, 15 mei 2018).

De respondenten bevestigen de twijfels over de duurzaamheid en het huidige functioneren van het stadswarmtenet en vullen de vraagtekens omtrent het verdere gebruik van dit net in. Volgens de respondenten zou het verstandiger zijn om gebruik te maken van warmtepompen die gebruik maken van LT-warmte die gemakkelijk te onttrekken is uit de lucht of uit water. Dit omdenken van HT naar LT-warmte zal grote consequenties hebben voor de gebouwen die op het stadswarmtenet staan aangesloten (Professional Energie 3, 14 mei 2018). Daarnaast geven de respondenten aan dat het net grijze warmte levert die niet duurzaam geproduceerd is (Professional Energie 4, 15 mei 2018).

“Je kan beter gas in de woning stoppen en daar verbranden en alle restwarmte die dan vrijkomt gebruiken in de woningen... in plaats van de afvalwarmte gebruiken om warm water mee te maken” – Professional Energie 3, 14 mei 2018

De potentiële lock-in die is benoemd in het theoretisch kader wordt door de respondenten bevestigd. Zij omschrijven de monopoliefunctie van Nuon als een lock-in die de verduurzaming van de warmtehuishouding remt. Het rendement van de vervuilende centrale moet alsmaar worden verhoogd en er liggen concessies met de gemeente Amsterdam dat er 9000 nieuwe woningen moeten worden aangesloten (Professional Energie 1, 7 mei 2018).

“De situatie op dit moment is zot. Het warmtenet groeit op dit moment zo hard dat Nuon zware gasaansluitingen vraagt om verder in het net te kunnen bij verwarmen om aan de warmtevraag te kunnen voldoen. Dat is heel slecht... [...] bij de transportatie van deze warmte treedt een warmteverlies op van 20 procent of meer en hierdoor is het centraal verwarmen met een net inclusief gas een heel slecht idee...” – Professional Energie 3, 14 mei 2018

De respondenten beschrijven de huidige situatie als zeer zorgwekkend. In de energietransitie moet het stadswarmtenet resoluut verduurzamen en hierdoor staat het voor een grote verduurzamingsopgave. Hier is Nuon onlangs aan gecommitteerd, omdat zij afspraken (CityDeal) heeft gemaakt die stellen dat het energieaanbod vergroend moet worden (Professional Energie 4, 15 mei 2018). Hieruit volgt dat de centrale infrastructuur van de energiestromen in ArenAPoort West wordt gekenmerkt als een door fossiele brandstof opgewekt energieaanbod.

6.2 Decentrale infrastructuur

De huidige fossiele energieopwekking correspondeert niet met de ambities van Amsterdam om een grote stap te zetten richting een fossielbrandstof vrije stad en gebruik te maken van andere energievormen (Professional Water 1, 9 mei 2018).

“Een wet die er gewoon is... als je van het gas afgaat krijg je meer warmte en stroom. Zo simpel is de energietransitie. Moeilijker moeten we hem ook niet maken.” – Professional Energie 1, 7 mei 2018

Door de energietransitie is er in ArenAPoort West sprake van verschillende decentrale infrastructurele oplossingen die bijdragen aan de verduurzaming van het gebied. De respondenten geven aan voorstander te zijn van het zoveel mogelijk lokaal benutten van processen door decentrale technieken en het hergebruiken van verschillende energiestromen, zoals restwarmte. Waar nodig aangekoppeld op de centrale infrastructuur om aan piekvragen te kunnen voldoen. Dit heeft geresulteerd in een hybride infrastructuur met centrale en decentrale technieken (Professional Energie 2, 7 mei 2018).

De ArenA maakt veelvuldig gebruik van decentrale technieken en wordt hierdoor een decentraal *fit-for-purpose* systeem genoemd. Het is volgens de respondenten het eerste klimaat neutrale stadion van Nederland door de aanleg van een grote hoeveelheid zonnepanelen (4200) en maakt gebruik van andere verwarmingstechnieken (tekstbox 1) (Co-Creatie, 28 februari).

Amsterdam Arena (Johan Cruijff Arena) een fit-for-purpose systeem

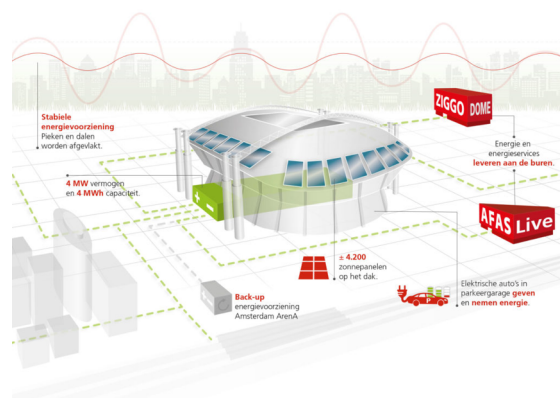
Twintig jaar geleden werd de ArenaA gebouwd en op dat moment speelde duurzaamheid vrijwel geen rol.

Echter kan ten hede dage de ArenaA worden omschreven als het eerste klimaatneutrale stadion van Nederland en is het doel om het in 2020 volledig fossielbrandstof vrij en daarmee de duurzaamste ter wereld te maken (Brandes, 2016; Johancruiffarena, 2017). De betrokken partijen willen de nutsvoorzieningen in en rondom de ArenaA duurzaam gebruiken en eventueel delen met de omgeving, waardoor het stadion wordt omschreven als een *centrale utilities hub* (Brandes, 2016).

De ArenaA gebruikt al geruime tijd geen aardgas meer en heeft vrijwel geen warmte nodig. Toch is hiervoor voor het stadswarmtenet van Nuon gekozen, waardoor er nu elektrisch gekookt wordt. Daarnaast wordt in de zomer het Nuon stadskoudenet gebruikt om de ruimtes te koelen in plaats van gebruik te maken van airco's (Johancruiffarena, 2017).

Op het dak van de ArenaA liggen op dit moment 4200 zonnepanelen die 10 % van de energie van het stadion leveren. De overige benodigde groene elektriciteit wordt geproduceerd door een windmolen die in Oudendijk staat. Daarnaast is er eind juni 2018 een megabatterij met een capaciteit van 3MW gereed in de parkeergarage van de Arena die de piekvragen van het elektriciteitsverbruik afstompt die plaatsvinden tijdens evenementen of voetbalwedstrijden en bijdragen aan een betrouwbare en efficiëntere energievoorziening (Johancruiffarena, 2018). Deze batterij wordt gebruikt om groene energie van de zonnepanelen in op te slaan en kan in de toekomst worden gedeeld met andere evenementlocaties, zoals de omliggende Ziggodome (Johancruiffarena, 2017). De opslagcapaciteit van de batterij kan ook worden gebruikt om het hoogspanningsnet van Tennet te stabiliseren, want het stadion heeft het opslagsysteem maar 65 dagen per jaar nodig (Verheggen, 2016). Ook elektrisch vervoer kan in de parkeerplaats een rol spelen in de opslag van elektriciteit (zie onderstaand figuur)

Ten slotte wordt de grasmat van de ArenaA bewaterd met hemelwater en wordt het stadion verlicht met LED dat bijdraagt aan de klimaatneutraliteit van het stadion (Johancruiff, 2017). Hierdoor kan de ArenaA omschreven worden als een decentraal fit-for-purpose systeem die volledig zelfvoorzienend is.



Tekstbox 1: De ArenaA, een fit-for-purpose systeem in ArenAPoort West

Verder heeft het Amsterdams Medisch Centrum (AMC), gelokaliseerd in de buurt van ArenAPoort West, een omgebouwde elektriciteitscentrale in gebruik die werkt op warmtekrachtkoppeling, waarbij warmte wordt gewonnen tijdens de opwek van elektriciteit. Hier is de mogelijkheid om biomassa te verstoken, waardoor het AMC een producent van groen

gas kan worden (Professional Energie 4, 15 mei 2018). Ook het AMC is aangesloten op het stadskoudenet; liggen er in het gebied verschillende Wko's⁷ en liggen er concrete plannen om een biovergister in de buurt van de ArenA te bouwen die alle groente, fruit en etensresten (GFE) van bedrijven inzamelt en decentraal bewerkt en verwerkt, zodat er warmte (groen gas) en elektriciteit geproduceerd kan worden (Practitioner Energie 4, 15 mei 2018). Het gebruik van decentrale infrastructurele technieken zorgt ervoor dat partijen als het AMC en de ArenA neigen naar autarkie en niet afhankelijk zijn van de centrale infrastructuur.

Ondanks de robuuste centrale infrastructuur voelen de eindgebruikers in ArenAPoort West de behoefte om over te gaan tot decentrale alternatieven. Volgens de respondenten zijn er twee redenen te benoemen, namelijk het creëren van een bepaalde vorm van autarkie en zodoende minder afhankelijkheid van de centrale infrastructuur of om financiële overwegingen, omdat de centrale infrastructuur worden gebruikt als belastinginstrument (Professional Energie 3, 14 mei 2018).

“Je kan zonnepanelen kopen en een batterijtje, zodat je los kan van het net. Behalve die twee a drie dagen in de winter dat de zon helemaal niet schijnt... dan heb je pech...” - Professional Energie 3, 14 mei 2018

Samengevat kan gesteld worden dat ArenAPoort West wordt gekenmerkt door verschillende centrale conventionele energiestromen die stromen door de daarvoor langdurig aangelegde ondergrondse infrastructuur onverdeeld in elektriciteit, gas en warmte. Daarnaast zijn er concrete voorbeelden in het gebied te benoemen waar decentrale infrastructurele energiesystemen worden toegepast die bijdragen aan de verduurzaming van het gebied, zoals in de ArenA waar gestreefd wordt naar een bepaalde vorm van autarkie.

6.3 Waterstromen

6.3.1 Centrale infrastructuur en actoren

De centrale conventionele waterstromen die in ArenAPoort West door een centrale infrastructuur stromen worden onderverdeeld in een drinkwaterstroom, afvalwaterstroom en een hemelwaterstroom (Professional Water 5, 22 mei 2018).

Het beheer van het water in Amsterdam is onderverdeeld in de verantwoordelijkheid voor de waterkwaliteit- en kwantiteit. De gemeente Amsterdam en het hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht (AGV) zijn verantwoordelijk voor de inzameling en transport van het stedelijk

⁷ Bij het kantoor van de ABN Amro is een Wko geplaatst. Daarmee wordt het gebouw verwarmd en gekoeld en hierdoor is aansluiting op het stadswarmtenet niet nodig (Professional Gemeente 2, 14 mei 2018).

afvalwater, de inzameling en verwerking van hemelwater en het nemen van maatregelen in het grondwater. De gemeente en het AGV laten de taken die bij deze verantwoordelijkheden horen uitvoeren door Waternet dat het enige waterbedrijf in Nederland is die zorgt voor de gehele watercyclus alsmede in ArenAPoort West (Calvelage, 2011). Daarnaast is stadsdeel Zuidoost verantwoordelijk voor het beheer van het water in de openbare ruimte (Bestemmingsplan ArenAPoort West, 2015).

Evenals de energiestromen kan er ten allen tijde gebruik worden gemaakt van drinkwater als oneindige bron en wordt afvalwater en hemelwater afgevoerd (Professional Water 5, 22 mei 2018). De waterstromen worden van en naar gebouwen getransporteerd door een centraal aangelegde ondergrondse infrastructuur (zie Annex F). Evenals de energiestromen is de ondergrondse centrale infrastructuur gedimensioneerd op de piekvragen (Professional Water 2, 14 mei 2018). De respondenten beschrijven de Amsterdamse watercyclus als een robuust, goed functionerend en vooral een goedkoop systeem met een lange levensduur (Professional Water 1, 9 mei 2018).

6.3.2 Drinkwater

Drinkwater wordt in ArenAPoort West getransporteerd door leidingen naar de eindgebruikers waar het wordt gebruikt voor bepaalde gebruikersdoeleinden, zoals het doorspoelen van het toilet of als tapwater om te douchen (Professional Water 3, 17 mei 2018). Drinkwaterbedrijven zijn verantwoordelijk voor de waterkwaliteit tot en met de watermeter. Tot dit punt wordt drinkwater met de juiste samenstelling en temperatuur geleverd waarna het gebruikt kan worden (Professional Water 3, 17 mei 2018). Het centrale drinkwaterstelsel kan onderverdeeld worden in drie verschillende niveaus. Er ligt een primair net dat bestaat uit leidingen die drinkwater van pompstations door de hele stad transporteren; een secundair net waar de leidingen zich verspreiden over een specifiek gebied en een tertiair niveau dat wordt gekenmerkt als de drinkwateraansluiting in een gebouw. In ArenAPoort West vertakt het drinkwaterstelsel zich over het gehele gebied en staat het pompstation bij de Gaasperplas (Professional Water 3, 17 mei 2018). De komende komende 40 jaar is het centrale drinkwaterstelsel niet aan vervanging toe (Professional Water 1, 9 mei 2018).

6.3.3 Afvalwater

Het afvalwater ontstaat als restproduct wanneer drinkwater (de grondstof) wordt gebruikt voor bepaalde gebruiksdoeleinden. Deze stroom wordt ingezameld bij de verschillende gemalen verspreid over Amsterdam (60 in totaal). Hierna wordt het door een boostergemaal naar een centrale rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) getransporteerd door een ondergronds stelsel van rioleringsleidingen, zodat het afvalwater gezuiverd wordt. In het ontwerp van de transportleidingen is gebruik gemaakt van een bewust aangelegde helling (afschot), waardoor het afvalwater naar een gemaal toestroomt (Professional Water 1, 9 mei 2018). De centrale zuiveringsinstallatie bevindt zich in het Westelijk Havengebied van Amsterdam en is verbonden

door een grote transportleiding die ArenAPoort West binnenkomt bij Plantage de Sniep en zich vertakt in kleinere leidingen (Professional Water 4, 18 mei 2018). Tijdens het centrale zuiveringsproces wordt Struviet gewonnen wat als kunstmest gebruikt kan worden (Professional Water 2, 14 mei 2018). Evenals bij het drinkwaterstelsel zal de aankomende 40 jaar geen sprake zijn van een vervangingsopgave om de riolering in het gebied te vervangen (Professional Water 1, 9 mei 2018).

De respondenten stellen dat het een onlogische keuze is geweest om de RWZI te plaatsen in het Westelijk Havengebied en om een groot centraal transportnetwerk voor het afvalwater aan te leggen aangezien de gemalen hierdoor veel energie verbruiken (Professional Water 2, 14 mei 2018). Echter wogen er andere voordelen op ten opzichte van de nadelen, zoals de toegang tot gunstiger oppervlaktewater in het Westelijk Havengebied om op te kunnen afwateren ten opzichte van de Amstel waar veel recreatie plaatsvindt. Er zijn plannen om in de periode 2025-2035 het afvalwater te gaan zuiveren in een nieuwe centrale installatie in Weesp, waardoor de transport afstanden korter worden (Professional Water 2, 14 mei 2018). De onlogische keuze om op grote afstand te zuiveren kan ontstaan door processen van pad-afhankelijkheid.

Daarnaast benoemen de respondenten dat de afvalwaterleidingen normaliter gedimensioneerd worden op de droogweerafvoer (DWA) (8 centimeter). Echter worden de leidingen vaak nog groter gedimensioneerd (minimaal 25 cm), zodat er rekening wordt gehouden met verschillende veiligheidsscenario's (Professional Water 2, 14 mei 2018). Hierdoor is in de praktijk de gemiddelde aanvoer op het gemaal een stuk lager dan waarop de DWA gedimensioneerd wordt, waardoor vervuiling of thermisch oververhitting van de pompen plaatsvindt wanneer deze langzaam draaien of 's nachts stilstaan. Als oplossing draaien de pompen in de ochtend extra hard. Deze "ochtendgymnastiek" draagt bij aan het doorspoelen van de riolen, zodat de pers en transportleidingen volledig gereinigd worden. Daarentegen zorgt dit wel voor een piekbelasting op het elektriciteitsnet. Verder heeft het afvalwaternet buffermogelijkheden, maar dit kan resulteren in extra vervuiling van de riolen of verzakking (Professional Water 2, 14 mei 2018).

6.3.4 Hemelwater

In ArenAPoort West is een verbeterd gescheiden rioolsysteem aangelegd, waarbij het hemelwater zoveel mogelijk gescheiden wordt opgevangen en wordt afgekoppeld (Calvelage, 2011; Professional Water 2, 14 mei 2018). De respondenten verwachten dat er in de toekomst anders over de opvang van hemelwater moet worden nagedacht gezien de klimaatverandering en dat er voornamelijk in de openbare ruimte geschakeld moet worden om op creatieve manieren hemelwater op te vangen (Professional Gemeente 1, 8 mei 2018). Daarbij komt dat het gebied zeer versteend is en sterk opwarmt in de zomer. Eventuele oplossingen in de openbare ruimte om hiermee rekening mee te houden is het aanleggen van daktuinen, geveltuinen of bakken die water op kunnen vangen (Co-Creatie, 28 februari 2018).

6.4 Decentrale infrastructuur

Er zijn verschillende decentrale watertechnieken in ArenAPoort West geïmplementeerd. Deze dragen bij aan de decentrale ambities voor het waterstromen in ArenAPoort West, namelijk om zoveel mogelijk te scheiden aan de bron (Professional Water 2, 14 mei 2018). Op deze manier kunnen verschillende restwaterstromen op een zo efficiënt mogelijke wijze worden hergebruikt.

De respondenten geven aan dat het afvalwater uit verschillende stromen bestaat, waarmee op decentrale wijze duurzamer mee kan worden omgegaan. Het afvalwater kan worden onderverdeeld in een zwartwaterstroom (toiletwater) en in een grijswaterstroom (huishoudelijk afvalwater). Het zwartwater wordt gekenmerkt als een stroom waar verschillende soorten grondstoffen (nutriënten) uit teruggewonnen kunnen worden. Verder heeft het grijswater een bepaalde temperatuur die kan worden gebruikt om gebouwen te verwarmen en wordt hierdoor als warmtebron gekenmerkt (Professional Water 2, 14 mei 2018). Met deze nieuwe vorm van sanitatie wordt op dit moment veelvuldig geëxperimenteerd en liggen er concrete plannen om dit op grote schaal te gaan toepassen op een groeneweide gebied in Amsterdam (Strandeiland) (Professional Water 1, 9 mei 2018). In ArenAPoort West is veel leisure activiteit. De aanwezigheid van het AFAS Live popgebouw (vroeger Heineken Music Hall), de Ziggodome en de ArenA zorgen grote lozingen op de riolering, waardoor een aantal van deze evenementlocaties gebruik maken van eerdergenoemde decentrale watertechnieken.

In het AFAS Live popgebouw wordt mannenurine apart ingezameld in daarvoor ontworpen urinoirs die de urine hierna opslaat in grote tankers. Wanneer deze tankers vol zijn worden ze afgevoerd naar de RWZI in het Westelijk Havengebied waar de vruchtbare kunstmest fosfaat wordt teruggewonnen in de vorm van Struviet. Het terugwinnen van Struviet is niet het enige duurzame voordeel van deze decentrale toepassing. Het scheelt namelijk ook enorm in het drinkwaterverbruik, omdat er geen water benodigd is om de urinoirs door te trekken (Professional Water 4, 18 mei 2018; Professional Water 2, 14 mei 2018). Met dergelijke systemen wil ook de ArenA gaan experimenteren en in het gebied rondom ArenAPoort West wordt er geëxperimenteerd met andere decentrale zuiveringstechnieken, zoals een Pharmafilterconcept bij het AMC waarbij reststromen zoveel mogelijk worden gescheiden aan de bron (Professional Energie 1, 7 mei 2018).

Desondanks zetten respondenten vraagtekens bij het implementeren van een decentrale infrastructuur, voornamelijk gezien lock-ins zoals het kostenperspectief. Een dubbel net voor afvalwater kost extra energie en geld (Professional Water 4, 18 mei 2018). Daarnaast zal er minder gebruik worden gemaakt van de centrale zuivering, terwijl deze is aangelegd op een bepaalde capaciteit. Bovendien is er veel onzekerheid over hoe dergelijke systemen georganiseerd moeten worden, zoals waar de kosten liggen voor de eindgebruikers (Professional Water 1, 9 mei 2018).

Samengevat kan er worden gesteld dat de huidige centrale conventionele waterinfrastructuur met de verschillende stromen als een robuust, goed functionerend en goedkoop systeem wordt omschreven. Elk van de verschillende waterstromen heeft bepaalde specifieke kenmerken. Echter worden er ook decentrale infrastructurele watertechnieken in ArenAPoort West gebruikt. Met name de leisure functies in ArenAPoort West gebruiken dergelijke technieken om grote lozingen op de riolering te voorkomen en dragen bij aan de verduurzaming van het gebied.

6.5 Kansenkaart

Naast de eerdergenoemde huidige decentrale oplossingen die gebruik maken van energie- en waterstromen geven de respondenten aan dat er in ArenAPoort West kansen liggen om met andere decentrale technieken aan de slag te gaan waarbij gebruik wordt gemaakt van de stedelijke stromen die het gebied kenmerken. Op het gebied van energie kunnen er op grote schaal zonnepanelen worden geïmplementeerd voor lokale opwek (Professional Energie 1, 7 mei 2018); kan de restwarmte van de datacenters in het omliggende gebied worden gebruikt (Professional Energie 2, 7 mei 2018); kan in plaats van gas ook biomassa worden verstoekt in de Diemercentrale (Professional Energie 4, 15 mei 2018); kunnen batterijen of parkeergarages met geparkeerde elektrische auto's gebruikt worden om elektriciteit op te slaan (zie paragraaf 8.2.3) (Co-Creatie, 28 februari 2018) en is er ruimte om in de buurt van Bullewijk extra windmolens te plaatsen (Gemeente Amsterdam, 2018A).

Op het gebied van water geven de respondenten aan dat er kansen liggen om LT-warmtenetten te implementeren, waarbij gebruik wordt gemaakt van Wko's (Professional Energie 3, 14 mei 2018); kan er op grote schaal nieuwe sanitatie worden toegepast; kan er een lokale zuivering worden geplaatst bij de ArenA; kan er methaangas worden gewonnen wat vrijkomt uit het riool of kunnen waterstromen worden gebruikt als input voor nieuwe verwarmingssystemen die verder zullen worden behandeld in het fysieke koppelkansen hoofdstuk (Professional Water 2, 14 mei 2018).

Een samenvatting van alle kenmerken (functies) van het gebied en de potentiële duurzame bronnen in het ArenAPoort West zijn samengevat in de volgende kansenkaart (zie figuur 9).



Figuur 9: Kansenkaart ArenAPoort West, Bron: Minnes (2018)

7. Ritmes

De verschillende energie- en waterstromen die op dit moment door ArenAPoort West heen lopen in de daarvoor aangelegde centrale of decentrale infrastructuur, hebben elk hun eigen ritme. Zoals benoemd door Walker (2014) ontstaan ritmes door de herhaling van sociale praktijken die over een kortere tijdsperiode gaan. Door deze ritmes te synchroniseren ontstaan geaggregeerde patronen van gebruik van de verschillende infrastructuren die resulteren in een piekbelasting of situaties van ondercapaciteit. De ritmes kunnen in verschillende soorten tijdsperiodes worden gecategoriseerd: dagelijks, wekelijks, jaarlijks of seizoensgebonden (Walker, 2014). In het beschrijven van de verschillende ritmes zal een stedelijk metabolisch perspectief worden gehanteerd, namelijk dat een stroom kan worden onderverdeeld in productie, consumptie, behandeling en een reststroom (afval) met elk een eigen kenmerkend ritme (Zhang, 2013).

De respondenten geven aan dat er tot op heden weinig over de ritmes van de verschillende stromen wordt nagedacht, gezien de vrijwel oneindige toegang tot het aanbod (productie) van elektriciteit, warmte en water in de huidige conventionele situatie (Professional Gemeente 1, 8 mei 2018). Desondanks vindt er op dit moment een grote verandering plaats veroorzaakt door de energietransitie, waardoor men afhankelijker wordt van duurzame bronnen. Als gevolg zullen er veranderingen plaatsvinden in sociale praktijken (Walker, 2014) en komen de ritmes van de stromen sterker in beeld, omdat deze als input dienen voor duurzame systemen.

“We hebben altijd een ontegelijke overcapaciteit aan gas en er zijn grote buizen voor aangelegd, omdat de capaciteit goedkoop is en niet duur is om aan te leggen. Warmte is echter veel duurder. Naarmate het duurder begint te worden, moet je ook anders gaan nadenken over ritmes. Met goedkoop transport en onbeperkte capaciteit boeien de ritmes niet. Wanneer je de transitie gaat maken, dan komen die ritmes eigenlijk pas in beeld” – Professional Energie 2, 7 mei 2018

7.1 Korte Ritmes

De respondenten geven aan dat de verschillende gebruiksritmes afhankelijk zijn van de functie waar deze voor gebruikt wordt. Vooral in ArenAPoort West is er een grote verscheidenheid aan functies en activiteiten die in het gebied plaatsvinden met elk hun eigen kenmerkende ritme.

“Het is een heel interessant gebied, want er ontstaat een mengvorm van kantoren met woningen erbovenop... wat je ook in de Zuidas ziet. Hierdoor krijg je een heel ander ritme in dergelijke gebieden” – Professional Water 3, 17 mei 2018

Daarnaast geven de respondenten aan dat er in ArenAPoort West sprake is van klassieke gebruiksritmes, met een ochtend en avond piek en ritmes die daar vanaf wijken. Elektriciteit en warmte laten relatief hetzelfde gebruiksritme zien en die in detail bekend zijn bij de

verantwoordelijke actoren (Professional Energie 1, 7 mei 2018). Deze komen overeen met het klassieke gebruiksritme, namelijk een ochtendpiek die afvlakt gedurende de middag, waarna er in de avond een minder steile piek plaatsvindt en ook deze afvlakt (Professional Energie 2, 7 mei 2018). In het weekend is er sprake van een ander ritme en vinden de pieken op een later moment gedurende de dag plaats. De verschillende waterstromen laten een soortgelijk ritme zien ten opzichte van de energiestromen (Professional Water 1, 9 mei 2018).

“Dan gaat iedereen douchen, ontbijten, dan gaan ze de deur uit en dan stort het in... Het moment dat we thuiskomen, dan gaan we dingen doen en ontstaat er weer een piek in de afvoer. Dat zijn twee pieken per dag bij de vuilwaterafvoer bij woningen.” - Professional Water 1, 9 mei 2018

Daarbij geven de respondenten aan dat drinkwater de grondstof is voor afvalwater en dat hierdoor pieken in de afvoer ook zichtbaar zijn in de aanvoer (Professional Water 1, 9 mei 2018). Echter wordt de piek van drinkwater als scherper benoemd ten opzichte van afvalwater (Professional Water 2, 14 mei 2018). Een belangrijke waterstroom die een sterke koppeling heeft met de energiestromen is het verwarmen van drinkwater (tapwater om te douchen) (Professional Energie 4, 15 mei 2018).

Deze steile pieken door de dag heen zijn het resultaat van verschillende gebruikerspraktijken die worden bepaald door verschillende contextuele en sociale factoren. Ter verduidelijking geven de respondenten een voorbeeld dat gebruikers gewend zijn dat verwarmen geld kost, waardoor de verwarming en lichten aangaan wanneer men thuis is en deze worden uitgezet wanneer het huis wordt verlaten.

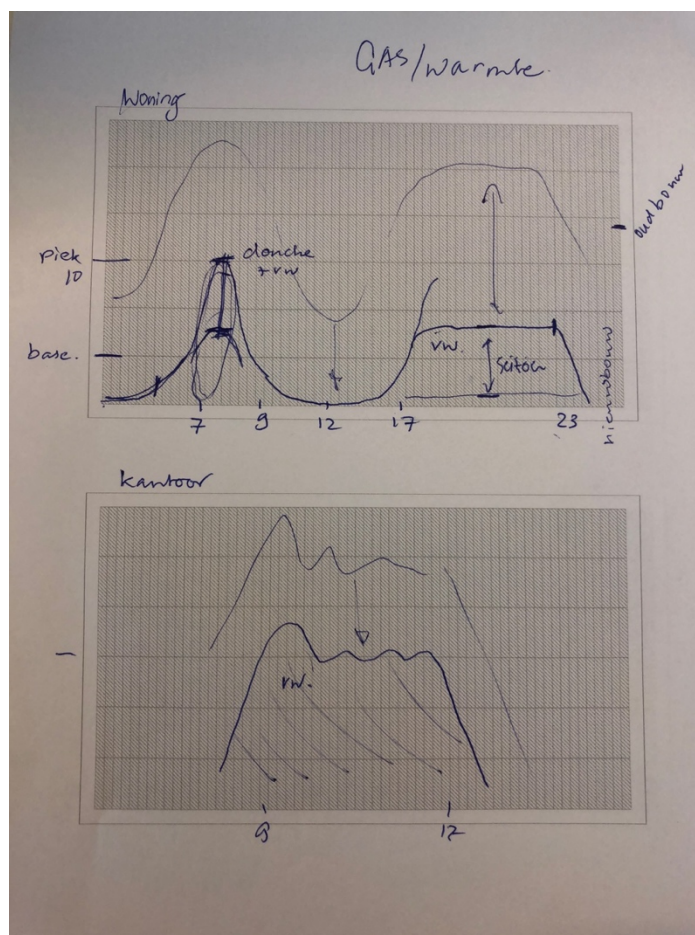
“In het gebruik van huishoudens zit een dag en nacht ritme dat afhankelijk is van verschillende factoren, zoals het gebied, de hoeveelheid tuintjes en de woningbezetting. Verder bepaald bijvoorbeeld de etnische achtergrond wanneer mensen gaan douchen” – Professional Water 3, 17 mei 2018

Daarnaast geven de respondenten aan dat er onderscheid bestaat tussen oudbouw en nieuwbouw. Oudbouw is vaak slecht geïsoleerd en heeft een hogere warmtevraag om ruimtes te verwarmen in tegenstelling tot nieuwbouw dat beter geïsoleerd is, waardoor de gebruiksritmes op het gebied van warmte worden ingedrukt (Professional Energie 3, 14 mei 2018; Professional Energie 4, 15 mei 2018).

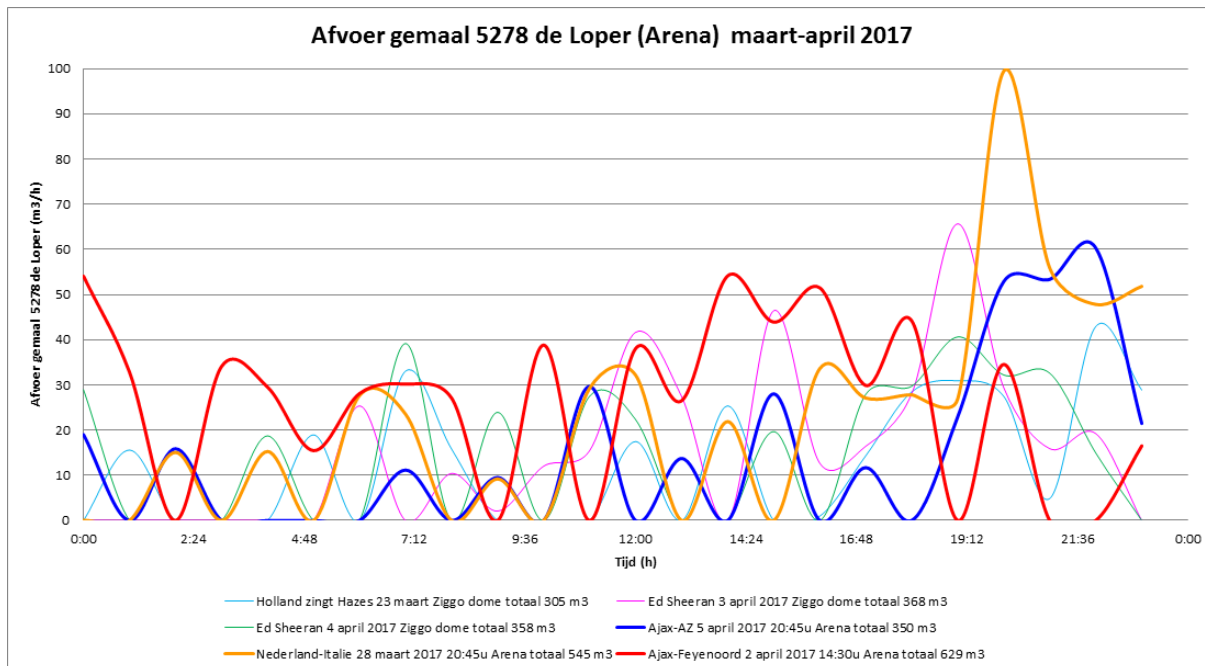
Tevens zijn er andere functies en gebruiksritmes in ArenAPoort West, zoals kantoren die voornamelijk een gebruiksritme door de dag heen hebben. In het weekend gebruiken kantoren minder elektriciteit en warmte, namelijk alleen voor de apparatuur en temperatuur die in een bepaalde stand-by modus van elektriciteit en warmte moeten worden voorzien (Professional Energie 1, 7 mei 2018). Ook de afvalwaterproductie die op een doordeweekse dag sterk aanwezig is vakt in het weekend af (Professional Water 1, 9 mei 2018). Daarnaast is ook hier

een onderscheid tussen oud en nieuwbouw, waardoor een ingedrukt warmteritme ontstaat, wanneer sprake is van betere isolatie. Onderstaande ritmische kalender (figuur 10) geeft helder de verschillen in gebruiksrhythmes weer.

Verder hebben de Leisure functies incidentele elektriciteit en warmtepieken wanneer er evenementen plaatsvinden, zoals een voetbalwedstrijd in de ArenA of een concert in de Ziggo dome (Professional Energie 1, 7 mei 2018). Bovendien benoemen de respondenten dat er tijdens dergelijke evenementen ook grote pieken zichtbaar zijn in de aanvoer van drinkwater en de afvoer van afvalwater (Zie appendix D) (Professional Water 1, 9 mei 2018). Figuur 11 laat de verschillende pieken zien in het afvoergemaal waarop de verschillende Leisure functies zijn aangesloten. Voornamelijk tijdens grote evenementen zijn onregelmatige pieken zichtbaar, bijvoorbeeld door gebruikers die naar het toilet gaan tijdens de rust van een voetbalwedstrijd (Professional Water 2, 14 mei 2018).



Figuur 10: Ritmische kalender verschil oudbouw en nieuwbouw van woningen en kantoren, Practitioner Energie 4, 14 mei 2018



Figuur 11: Pieken in afvoer van afvalwater van gemaal de Loper waarop de Arena staat aangesloten, Professional Water 2, 14 mei 2018

Deze verschillen in ritmes die voornamelijk overdag plaatsvinden zijn het gevolg van de huidige economische en fysieke structuur die de sociale praktijken en het gebruik van de stromen bepaalt (Professional Energie 2, 7 mei 2018). Daarnaast benoemen de respondenten dat er ook verschillen in ritmes kunnen worden aangewezen tussen de seizoenen. Voornamelijk de warmtestromen worden sterk beïnvloed door de verschillende seizoenen (Professional 3, 14 mei 2018). In de winter zullen de lichten eerder aangaan en zal er sprake zijn van een hogere warmtevraag, waardoor de elektriciteit en warmte gebruiksritmes worden gekenmerkt door grotere piekbelasting op de infrastructuur in vergelijking met de zomer (Professional Energie 1, 7 mei 2018). Maar ook de combinatie van een sterkere warmtevraag en het verwarmen van tapwater resulteert in sterke seizoenspieken (Professional Energie 4, 15 mei 2018). Anderzijds geven de respondenten aan dat in tegenstelling tot de piekvragen in de winter er in de zomer sneller sprake zal zijn ondercapaciteitssituaties. Door de vrijwel oneindige toegang tot productiestromen spelen seizoensinvloeden in de huidige situatie een zeer kleine rol.

7.2 Synchronie: Geaggregeerde ritmes

De korte ritmes bieden de verschillende actoren helder inzicht in wanneer stedelijke stromen worden gebruikt. Echter werken de actoren met geaggregeerde ritmes, waarbij de verschillende gebruiksritmes bij elkaar worden opgeteld en er op die manier een gemiddelde kan worden afgeleid. Deze gesynchroniseerde ritmes laten geaggregeerde patronen zien van ritmische belasting op infrastructuur:

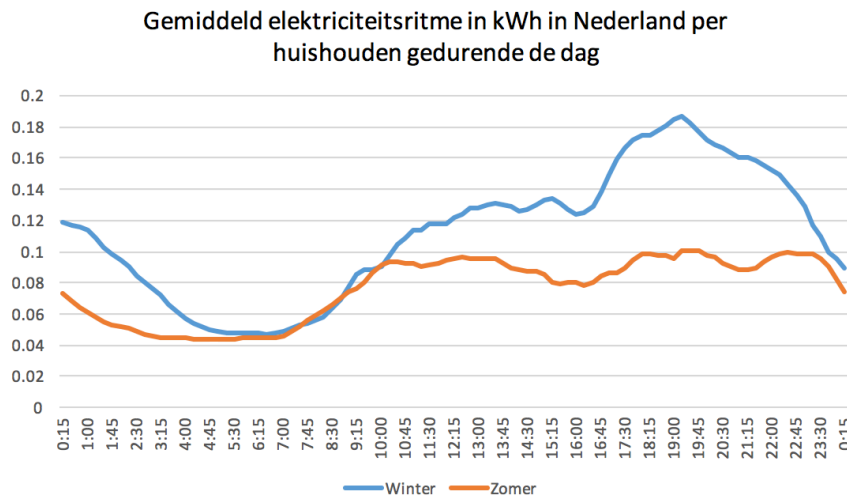
“Waar het op neer komt is dat je op individueel niveau steile pieken hebt. De pieken van huizen komen elk op een ander moment. Iedereen zet zijn waterkoker aan op een ander moment. Bij meer dan 25 huizen neigt het naar een gemiddelde [...] ondanks dat we alles anders doen, doen we gemiddeld allemaal hetzelfde, maar dan op een ander moment” – Professional Energie 3, 14 mei 2018

De respondenten geven aan dat de geaggregeerde ritmes van de stromen door de actoren wordt gebruikt om te bepalen wat de piekbelastingen zijn, zodat de dimensionering van de buizen bepaald kan worden (diameter kabels, buizen of riolering). Zo kan de centrale infrastructuur altijd leveren aan de behoeften van de gebruikers (Professional Water 1, 9 mei 2018).

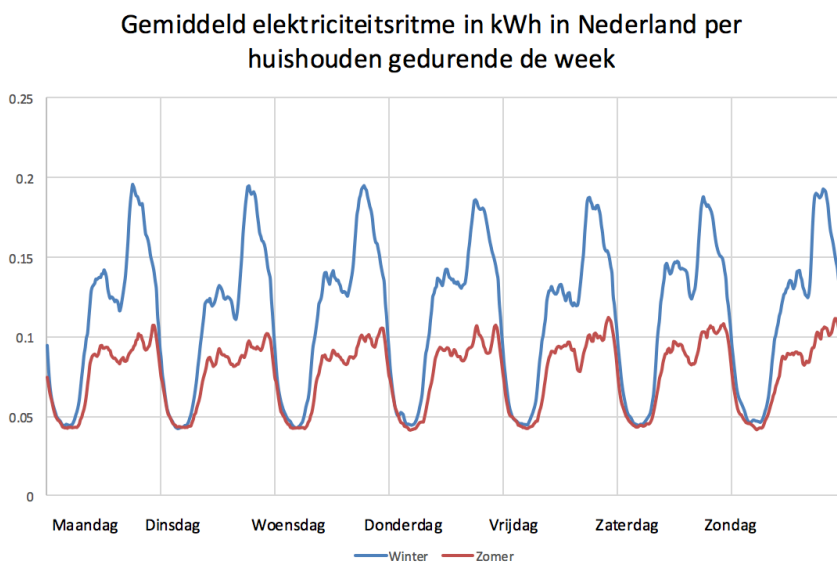
De verschillende nutsbedrijven hebben gedetailleerde gegevens van de eindgebruikers die bijdraagt aan het bepalen van de geaggregeerde ritmes en de dimensionering van de ondergrondse infrastructuur. Verschillende datasets zijn openbaar toegankelijk en zijn gebruikt als secundair onderzoeksmateriaal om de geaggregeerde gebruiksritmes van Amsterdam in de verschillende tijdscategorieën te visualiseren. Echter geven de respondenten aan dat door de mix van activiteiten in ArenAPoort West de ritmes afwijken van de algemene geldende ritmes en hierdoor niet representatief zijn voor de rest van Amsterdam. Daarentegen geven de respondenten aan dat deze verschillende ritmes zich altijd zullen uitmiddelen naar een gemiddeld geaggregeerde ritme (Professional Water 2, 14 mei 2018).

“Je moet de profielen optellen en het gemiddelde daar weer uit afleiden. Dat is lastig want bedrijven en woningen lopen uit elkaar. Arena heeft af en toe een avondwedstrijd. Die piek staat dan niet in verhouding tot wat de huishoudens verbruiken.” – Professional Energie 3, 14 mei 2018

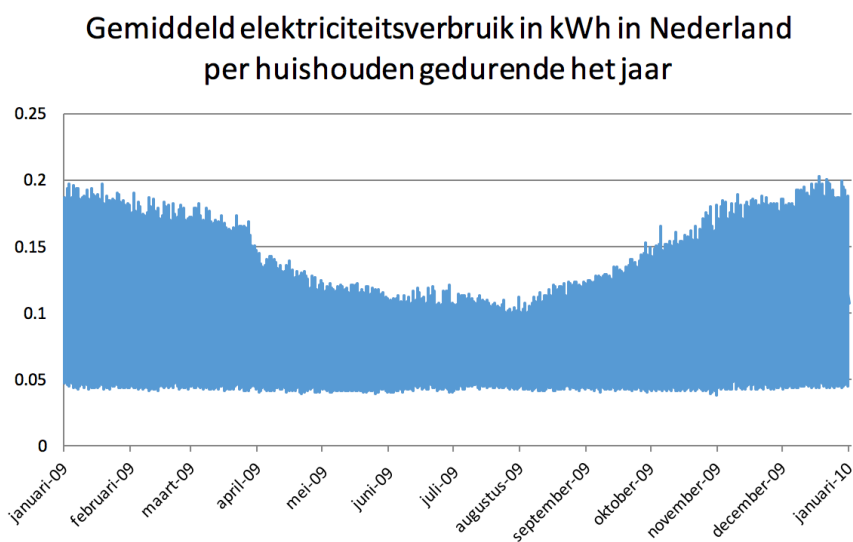
De geaggregeerde ritmes van de energiestromen leiden tot belastingduurkrommes die bepalen aan welke capaciteit de centrale infrastructuur moet voldoen. Ter verduidelijk noemen de respondenten dat gebouwen met elektriciteitsaansluiting toegang hebben tot een bepaalde capaciteit. Wanneer gebruikers meer verwachten te gebruiken (piekbelasting) kan de elektriciteitscapaciteit in het gebied worden verhoogd om aan de vraag te voldoen (Professional Energie 2, 7 mei 2018). Net zoals de korte ritmes verschillen de geaggregeerde dag, week en jaar profielen allen in de tijd. Zie figuur onderstaande figuren (12, 13, 14, 15, 16, 17) voor een gemiddeld geaggregeerd dag, week en een jaar ritme (elektriciteit en aardgas) verdeeld over de seizoenen in Nederland gebaseerd op 10.000 huishoudens (Professional 2, 7 mei 2018). Het is bekend dat de gasprofielen zullen verdwijnen, maar de warmtevraag zal blijven. Hierdoor zullen gasprofielen transformeren naar warmteprofielen (Professional Energie 3, 14 mei 2018). Zie appendix G voor hoe de profielen zijn opgesteld.



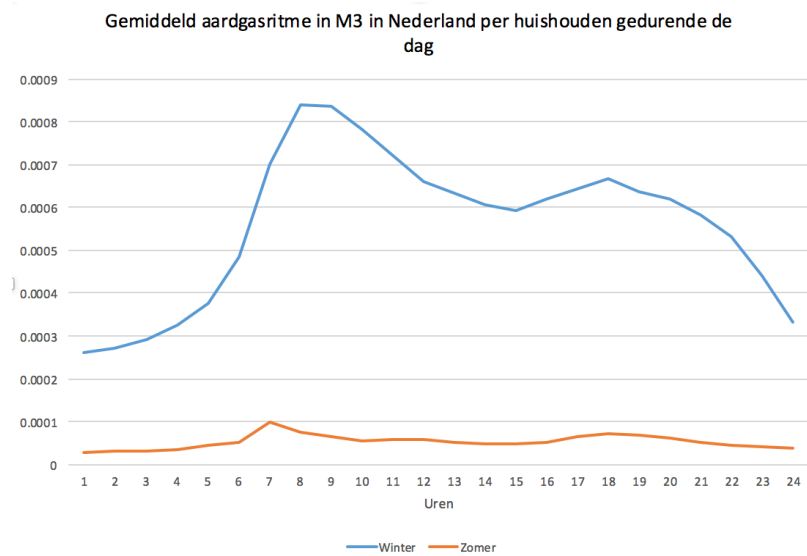
Figuur 12: Ritme elektriciteitsverbruik op een zomer en winterdag, Liander 2014



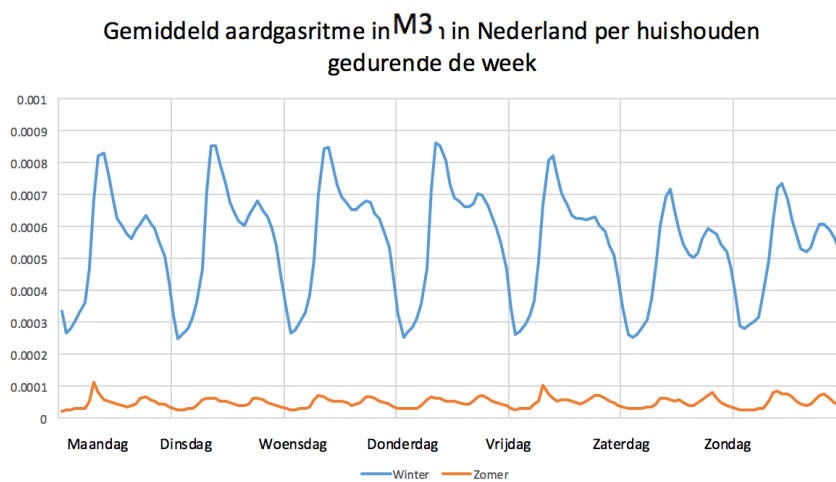
Figuur 13: Ritme elektriciteitsverbruik gedurende een week in de zomer en winter, Liander 2014



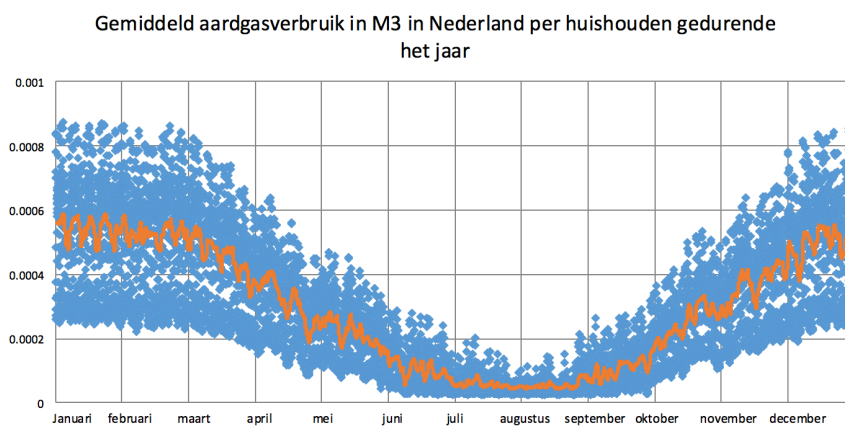
Figuur 14: Ritme elektriciteitsverbruik gedurende het jaar, Liander 2014



Figuur 15: Ritme aardgasverbruik op een zomer en winterdag, Liander 2014



Figuur 16: Ritme aardgasverbruik gedurende een week in de zomer en winter, Liander, 2014

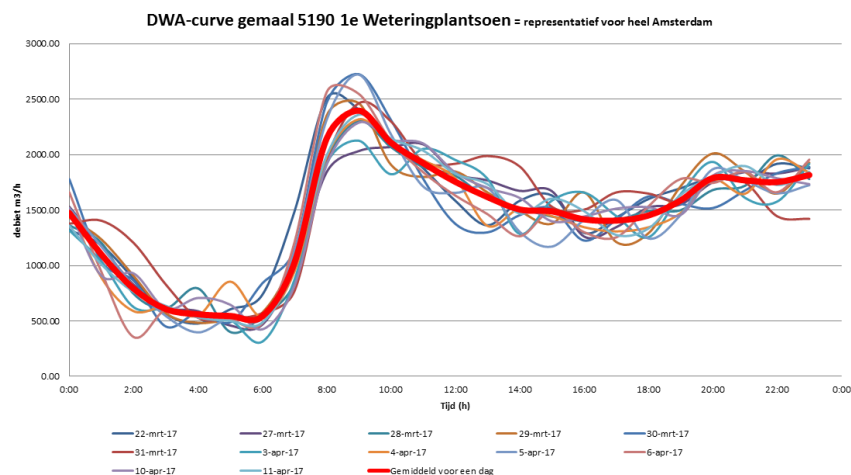


Figuur 17: Ritme aardgasverbruik gedurende het jaar, Liander, 2014

De geaggregeerde gebruiksrhythmes van gas en elektriciteit laten gesynchroniseerde klassieke patronen zien als door Walker (2014) beschreven. De verschillende gas en elektriciteitsprofielen laten in elk van de tijdelijke categorieën de sterkte van de seizoensinvloeden zien.

Verder laten de energieprofielen het klassieke geaggregeerde patroon van behoefte zien in de ochtend en middag. Wanneer er wordt gekeken naar de weekprofielen is er met name een verschil zichtbaar in het gasverbruik. Dit verbruik wordt doordeweeks gekenmerkt door steile pieken die in het weekend afvlakken. Het jaarniveau laat een sterke scheiding zien tussen het verbruik in de zomer en winter. Voornamelijk het geaggregeerde jaar gasprofiel laat een dieper dal zien in de zomer in vergelijking met het elektriciteitsprofiel. Dit verschil wordt volgens de respondenten veroorzaakt door de gereduceerde tapwatervraag in de zomer, omdat het water in de zomer automatisch al een hogere temperatuur heeft. Hierdoor hoeft het water minder opgewarmd worden. Deze constatering geeft sterk de koppeling tussen de energie- en waterstromen weer en benadrukt dat er allerlei factoren meespelen in de vorming van de geaggregeerde ritmes van de verschillende stromen (Professional Energie 3, 14 mei 2018).

Over de geaggregeerde ritmes van de waterstromen benoemen de respondenten soortgelijke patronen in Amsterdam. Een sterke piek in de ochtend, waarna deze gedurende de dag steeds verder afvlakt totdat men thuiskomt. Deze piek is minder steil, omdat er gedurende de dag een grotere baseload is te zien in de afvoer van het afvalwater, veroorzaakt door kantoorbedrijvigheid (zie figuur 18). Zoals benoemd ligt de piek voor het drinkwater een fractie eerder (Professional Water 2, 14 mei 2018).



Figuur 18: Dagprofiel afvalwaterafvoer in gemaal 5190, Professional Water 2, 14 mei 2018

7.3 Veranderende ritmes door duurzame technieken

De urgentie van de energietransitie en andere duurzaamheidsambities heeft geleid naar beslissingen als “van het gas af” en af van het gebruik van andere fossiele brandstoffen. Dit betekent dus ook af van de vrijwel oneindige beschikbaarheid van deze bronnen, waardoor de respondenten dwingend stellen dat de ritmes sterk in beeld komen. Het gaat hier om het benaderen van deze ritmes vanuit de productie en consumptie van energie- en waterstromen in termen van piekbelasting en ondercapaciteit (Professional Water 1, 9 mei 2018).

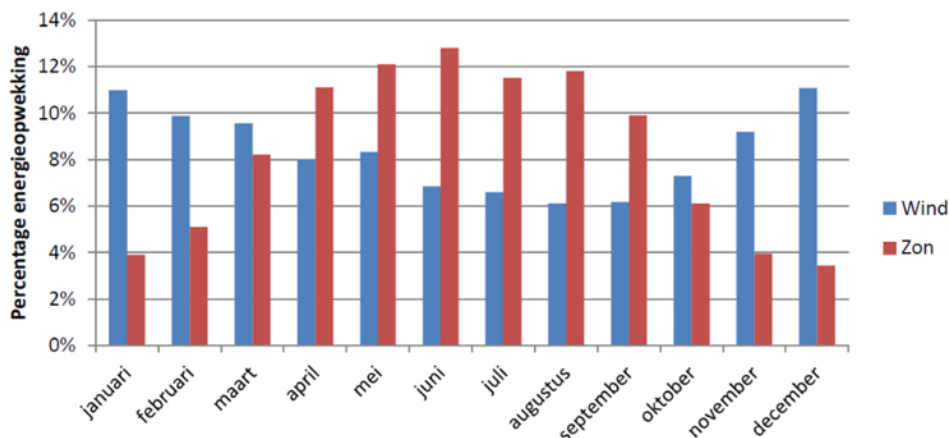
7.3.1 Veranderingen in aanbodritmes

Al met al geven de respondenten aan dat op het gebied van productie de stromen en hun ritmes als zeer constant worden omschreven, waardoor eindgebruikers een vrijwel oneindige toegang hebben tot de stedelijke energie- en waterstromen. De respondenten verwachten dat water als constante bron aanwezig zal blijven, door de grote capaciteit aan water in Nederland. Hemelwater is een uitzondering, waardoor deze hier buiten beschouwing wordt gelaten en verder zal worden behandeld in de paragraaf die verder in gaat op cascaderen (8.1.2).

Echter benoemen de respondenten dat door de komst van nieuwe duurzame bronnen met name de constante ritmes van de energiestromen (elektriciteit en warmte) aan veranderingen onderhevig zijn. Zoals benoemd zal de vrijwel oneindige toegang tot de fossiele brandstof productiebronnen moeten worden vervangen door duurzame bronnen, waardoor de ritmes van deze bronnen die nodig zijn voor de productie van energiestromen sterker in beeld komen. Bijvoorbeeld met de komst van de energieproductie van zonnepanelen en windmolens als duurzame technieken zijn kenmerkende duurzame aanbodritmes ontstaan. Wind en zon worden als unieke duurzame bronnen omschreven en laten elk een eigen patroon zien die aanvullend op elkaar werkt door de dynamieken gedurende de dag en over de seizoenen (zie figuur 19). De respondenten bevestigen de kwalificatie van Powells et al. (2014), namelijk dat deze bronnen als oncontroleerbaar en “grillig” worden omschreven (Professional Energie 3, 14 mei 2018).

“Overdag schijnt de zon meer, ’s nachts waait het meer. In de winter waait het meer dan in de zomer wanneer de zon schijnt. Dus over het algemeen vullen de zon en wind curves als nieuwe ritmes elkaar aan.” - Professional Energie 3, 14 mei 2018

Deze dag en nacht verschillen zijn door Liander onderzocht aan de hand van KNMI-data van de afgelopen tien jaar en hier kwam uit dat 3 procent van de tijd, wind en zon tegelijkertijd veel energie produceren (Liander, 2016).



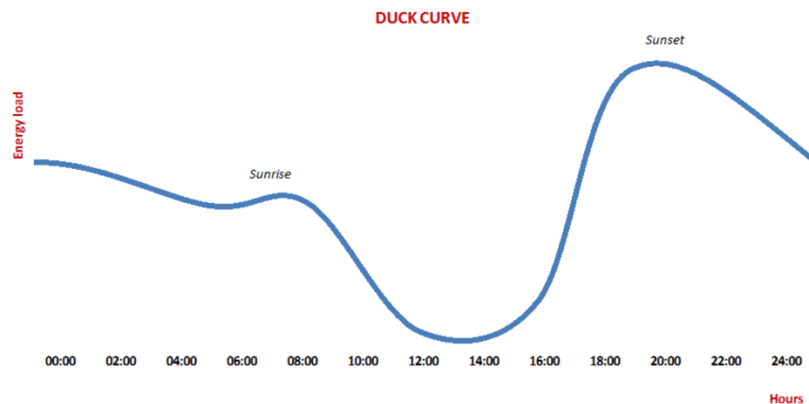
Figuur 19: Verdeling wind en zon energieopwekking, Liander, 2016

Hieruit kan afgeleid worden dat de productie van deze nieuwe duurzame bronnen tot een andere aanbodmix leidt en dat het aanbod oncontroleerbaarder wordt. Hierdoor worden er ook veranderingen in de gebruiksritmes verwacht die verder zullen veranderen door de energietransitie met als gevolg een andere belasting op de centrale infrastructuur.

7.3.2 Veranderingen in gebruiksritmes

Uiteindelijk is er op het gebied van consumptie een relatief sterke overlap te zien van de gebruiksritmes van de verschillende stromen (energie en water) in termen van piekbelasting op de centrale infrastructuur. Deze pieken worden veroorzaakt door hoe onze huidige economische en fysieke structuur die bepalend is voor de onderliggende sociale dynamieken met als gevolg een sterke ochtend en avond piek in gebruik die in alle stromen terugkomt (Walker, 2014). Deze pieken verschillen sterk over de verschillende seizoenen en in de winter zijn de ritmes sterker.

Door de komst van nieuwe duurzame bronnen ontstaan er ook veranderingen in de gebruiksritmes. Bijvoorbeeld in het geval van zonnepanelen is er een nieuw profiel ontstaan door het zonne-opwek profiel van het normale elektriciteitsgebruik profiel af te trekken. Dit nieuwe gebruiksritme wordt door de respondenten omschreven als de *duckcurve* (Professional Energie 3, 14 mei 2018). Bij de *duckcurve* is er sprake van klassieke ochtend en avond piek in elektriciteitsgebruik, maar ontstaat er gedurende de dag een dal door de opwek van zonne-energie (Professional Energie 2, 14 mei 2018). De opwek van zonne-energie heeft als gevolg dat de dagpiek verdwijnt. Bepaalde huishoudens met veel zonnepanelen kunnen zeker in de zomer door het nulpunt heen gaan, Dit betekent dat overdag sprake is van overproductie die wordt teruggeleverd aan het centrale elektriciteitsnet (Professional Energie 3, 14 mei 2018). Daarentegen kunnen er ook in de winter situaties ontstaan van ondercapaciteit waardoor de huishoudens afhankelijk zijn van de levering van het centrale elektriciteitsnet.



Figuur 20: Duckcurve, Van Daal, 2017

Naast de veranderde geaggregeerde gebruiksrhythmes door de komst van zonne-energie heeft de komst van de warmtepomp om ruimtes te verwarmen ook zijn effect gehad op de pieken in de elektriciteitsgebruiksrhythmes en wordt er verwacht dat deze alsmaar zullen blijven toenemen door de energietransitie. Hierdoor zullen er tijdens periodes van extreme kou in de winter warmtepompen extensiever gebruikt worden (Professional Energie 3, 14 mei 2018). Door deze geaggregeerde gebruiksrhythmes zal er sterke piekbelasting ontstaan op het elektriciteitsnet, waardoor er op zoek moet worden gegaan naar slimmere koppelingen om problemen veroorzaakt door deze ritmes te voorkomen. Zeker gezien de transitie naar een duurzaam productieaanbod die als oncontroleerbaar wordt omschreven in de voorgaande paragraaf.

Samenvattend kan hieruit afgeleid worden dat door de verduurzaming van de bronnen en het beter isoleren van gebouwen geaggregeerde gebruiksrhythmes zullen veranderen. Daarnaast zal het gasprofiel transformeren naar een warmteprofiel en door de mate van isolatie zal de sterkte van de gebruiksrhythmes afnemen in termen van piekbelasting, waardoor duurzame bronnen constanter kunnen worden benut. Op het gebied van de waterstromen benoemen de respondenten dat drinkwater de grondstof is voor het afvalwater en dat de kenmerkende klassieke patronen terugkomen in de aanvoer en afvoer van deze stromen in termen van piekbelasting. Ook het gebruik van de waterstromen zal in de energietransitie veranderen, omdat deze als input (bron) wordt gebruikt voor duurzame technieken, zoals de waterwarmtepomp (Professional Water 1, 9 mei 2018).

Hieruit volgt dat al deze veranderingen sterke effecten zullen hebben op de belasting van de centrale infrastructuur door de veranderende geaggregeerde gebruiksrhythmes (Professional Energie 3, 14 mei 2018). Met andere woorden geven de respondenten geven aan dat niet de ritmes als zodanig het probleem zijn, maar dat er vooral moet worden gekeken naar het opvangen van piekmomenten. In het volgende hoofdstuk zal worden besproken wat dat voor implicaties heeft voor het feitelijke realiseren van de koppelkansen.

8. Koppelkansen

De respondenten geven aan dat zowel in de productie als in de consumptie kant piekbelasting inherent is aan het werken met hernieuwbare bronnen. Deze moet men kunnen opvangen en bufferen, waardoor er gezocht moet worden naar opslagcapaciteit. Alleen op deze manier kunnen koppelkansen tussen verschillende stromen worden benut (Professional Water 1, 9 mei 2018). De respondenten stellen dat de bodem en water bij uitstek buffermogelijkheden bieden (Professional Gemeente 1, 8 mei 2018). Echter stelt dit grote vragen op het gebied van schaalniveau en het cascaderen van stromen die verder zullen worden behandeld aan de hand van concrete voorbeelden in de volgende paragrafen. Daarnaast benadrukken de respondenten dat de transformatie van ArenAPoort West uitgelezen kansen biedt om over te gaan tot de implementatie van dergelijke buffermogelijkheden. Door de respondenten worden voorbeelden benoemd die de koppelingen tussen energie- en waterstromen mogelijk maakt en ook hier zal het stedelijk metabolisch perspectief van Zhang (2013) worden gebruikt die de duurzame bronnen, consumptie van deze bronnen, de behandeling en de eventuele reststromen kadert en laat zien waar de kansen liggen.

In het omschrijven van de koppelkansen is rekening gehouden met de specifieke functies en potentiële duurzame bronnen die ArenAPoort West kenmerken. Hierdoor nogmaals de kansenkaart:



Figuur 21: Kansenkaart ArenAPoort West, Bron: Minnes 2018

8.1 Hernieuwbare bronnen in ArenAPoort West

De respondenten geven aan dat er in ArenAPoort West verschillende koppelkansen liggen. Hier kan een bepaald kenmerk van een stroom als duurzame bron fungeren voor de behoefte van een bepaalde functie in ArenAPoort West. Als deze kansen in beeld zijn kunnen er ook slimme koppelingen worden gemaakt met omliggende gebieden, zoals de multi-energiesystemen beschreven in het schematische model van Mancera (2013), waarbij stromen zoveel mogelijk tussen verschillende schaalniveaus worden uitgewisseld.

8.1.1 Warmte en Koude

De grootste uitdaging ligt in het invullen van de productiekant van de warmtevoorziening die het aardgas achter laat en ook stadswarmte kan volgens de respondenten door andere bronnen worden ingevuld omdat deze opgewekt wordt door fossiele brandstoffen. De respondenten benoemen verschillende voorbeelden in de energie- en waterstromen waarvan bekend is dat zij dit gat in productiekant duurzaam kunnen opvullen. Voornamelijk het gebruik van water als bron wordt door de respondenten als kansrijk gekwalificeerd, omdat de warmte en koude die in water zit kan worden geëxtraheerd (Professional Energie 1, 7 mei 2018).

Geothermie wordt door de respondenten als kansrijke toekomstig duurzaam voorbeeld genoemd. Geothermie kan gebruikt worden als HT-warmte bron en wordt gewonnen door warm grondwater uit de bodem te onttrekken. De warmte kan hieruit gehaald worden en zou 1 op 1 kunnen worden gebruikt in gebouwen in plaats van stadswarmte. Desondanks geven de respondenten aan dat er nog weinig bekend is over de ondergrond in Amsterdam en of geothermie haalbaar is (Professional Energie 4, 15 mei 2018). Ten gevolge van de opmars van goed geïsoleerde gebouwen in transformatie- en nieuwbouwgebieden zou HT-warmte vervallen, waardoor andere bronnen in beeld komen (Professional Energie 1, 7 mei 2018).

Het eerder beschreven zeer duurzame alternatief voor de centrale infrastructuur die draaien op fossiel opgewekte energie is het verwarmen en koelen met een elektrische warmtepomp (Co-Creatie, 28 februari 2018). Een waterwarmtepomp haalt volgens de respondenten een hoger rendement dan de luchtwaterpompen en maken gebruik een water-afgiftesysteem, zoals vloerverwarming (Co-Creatie, 28 februari 2018).

“Bijzonder aan waterwarmtepompen is dat ze geen warmte maken, zoals een CV, maar warmte verplaatsen. Zo levert deze pomp aan de voorkant koeling en aan de achterkant warmte en andersom.” – Co-Creatie, 28 februari 2018

Ook het aanleggen van een LT-warmtenet om aan de geringe warmtevraag van de goed geïsoleerde gebouwen te kunnen voldoen wordt door de respondenten als kansrijk omschreven. Echter zit er een verschil met het stadswarmtenet omdat LT-warmtenetten kleinschaliger zijn (aantal honderd woningen) en wordt de omvang beperkt door de gekozen duurzame techniek in het LT-warmtenet (capaciteit Wko) (Co-Creatie, 28 februari 2018).

“[...] een LT-net is hot op dit moment, omdat je veel meer bronnen daarop kan koppelen, want HT warmtenetten zijn alleen maar afhankelijk van de elektriciteitscentrales.” – Professional Energie 3, 14 mei 2018

De respondenten geven aan een warmtepomp gebruikt kan maken van verschillende waterstromen, zoals oppervlaktewater en hier thermische energie uit kan winnen (TEO). De warmtepomp kan oppervlaktewater en grondwater verwarmen naar LT-warmte (20 tot 35 graden) en ook restwaterstromen zoals afvalwater kunnen worden gebruikt (TEA) (zie paragraaf 8.3).

Daarnaast benoemen de respondenten dat ook het drinkwater als koude en warmtebron kan dienen voor nieuwe duurzame technieken, ook wel omschreven als Thermische Energie uit Drinkwater (TED). Het drinkwater heeft in de winter een temperatuur van rondom de 10 graden aangezien deze de temperatuur aanneemt van het grondwaterpeil en dit is een zeer goede temperatuur om te koelen (Professional Water 3, 17 mei 2018). Hetzelfde kan worden gedaan in de zomer wanneer het grondwaterpeil en hierdoor ook het drinkwater een hogere temperatuur heeft (20 graden). De warmte en koude die over de seizoenen vrijkomt kan worden gewonnen, maar toont ook de seizoen afhankelijkheid van de duurzame koppelkans aan. De respondenten benadrukken dat er rekening moet worden gehouden met de nauwe bandbreedte in het gebruik van drinkwater door kwaliteitsinvloeden. Het drinkwater mag niet te veel opwarmen wanneer de koude of warmte wordt onttrokken, omdat er anders bacteriën kunnen ontstaan (Professional Water 3, 17 mei 2018).

“Energie kan met warmtewisselaars worden uitgewisseld en dan blijft het drinkwater. Wanneer drinkwater direct als koeling wordt toegepast wordt het afvalwater” – Professional Water 3, 17 mei 2018

Hieruit leiden de respondenten af dat wanneer dergelijke kansen, zoals het kiezen voor deze hernieuwbare bronnen worden aangegrepen, de watercyclus voor 30 procent in de warmtebehoefte kan voorzien (Professional Gemeente 1, 8 mei 2018). Desondanks schrijven de respondenten het huidige stadswarmtenet niet volledig af, maar stellen zij dat deze beter toepasbaar is voor andere functies, zoals industrie en oudbouw (de historische binnenstad). Het matchen van een specifieke aanbodstroom aan de energiebehoefte van een specifieke functie in het gebied wordt gekenmerkt als het uitvoeren van de energietransitie (Professional Energie 2, 7 mei 2018).

Daarentegen benoemen de respondenten dat het fysiek 1 op 1 koppelen van deze verschillende stromen, zoals de hernieuwbare bronnen aan de behoeftes van bepaalde functies als vrijwel onmogelijk door de verschillen in de ritmes in termen van piekbelasting over de seizoenen. Hierdoor komen buffercapaciteit en cascadering in beeld (Zie Appendix G voor de ritmische kalender die een voorbeeld in ArenAPoort West beschrijft) (Professional Energie 2, 7 mei 2018). Daarnaast benadrukken de respondenten dat wanneer er met bovenstaande bronnen aan de slag wordt gegaan er een schaarste aan elektriciteit zal ontstaan, omdat de huidige duurzame technieken die een grote rol in de energietransitie kunnen spelen in toenemende mate elektriciteit verbruiken. Gezien de gelimiteerde adaptieve capaciteit van het centrale elektriciteitsnet is het uitbreiden daarvan een zeer kostbare opgave en onnodig wanneer er slimmer met de verschillende ritmes in termen van piekbelasting wordt omgegaan (Professional Energie 2, 7 mei 2018).

“Je gaat niet een nieuw net aanleggen op een paar pieken... forget it... als je iets verzint voor die warmtevraag op die drie winterse dagen, dan hoeft de infrastructuur minder groot aangelegd te worden” – Professional Energie 1, 7 mei 2018

8.2 Koppelkansen ritmes: opslagmogelijkheden en buffercapaciteit

De beschreven hernieuwbare bronnen en de momenten waarop deze kunnen worden gebruikt als input voor duurzame systemen zijn sterk afhankelijk van seizoensinvloeden met als gevolg een sterke mate van oncontroleerbaarheid (Powells et al., 2014). Ondanks de veranderingen die plaatsvinden in de energietransitie moet er volgens de respondenten worden gestreefd naar de huidige situatie. Dit is een situatie met een vrijwel oneindige toegang tot het aanbod van stedelijke (duurzame) stromen (Professional Energie 3, 14 mei 2018).

Zoals aangegeven stellen de respondenten dat het 1 op 1 koppelen van stedelijke stromen, waarbij gebruik wordt gemaakt van de verschillende ritmes vrijwel onmogelijk is, omdat er altijd situaties blijven bestaan waarin tekorten optreden. Waardoor er niet aan de behoeften kan worden voorzien (Professional Water 1, 9 mei 2018). Aangezien er in ArenAPoort West een grote mix is van verschillende functies en behoeftes zou het specifiek koppelen van hernieuwbare bronnen aan alle specifieke behoeftes een onhaalbare opgave zijn (Professional Gemeente 1, 8 mei 2018).

Daarom moeten er koppelingen worden gezocht om slimmer met de verschillende ritmes om te gaan, zodat de toegang tot het aanbod van de stromen in gevallen van sterke piekbelasting kan worden gewaarborgd. Zoals Juwet & Ryckewaert (2018) en de respondenten aangeven kan er alleen efficiënt met de oncontroleerbaarheid van de ritmes worden omgegaan wanneer opslagopties tussen de verschillende stromen worden ingezet (Professional Energie 2, 7 mei 2018). Hierdoor komt elke vorm van opslag in beeld om zo goed mogelijk gebruik te kunnen maken van de verschillende stromen en hun ritmes (Professional Energie 3, 14 mei 2018; Professional Energie 1, 7 mei 2018; Professional Water 3, 17 mei 2018). Echter zullen dergelijke

opslagmogelijkheden resulteren in uitdagingen door de schaarste in beschikbare ruimte in de boven- en ondergrond van dichtbevolkte stedelijke gebieden (Juwet & Ryckewaert, 2018).

8.2.1 Individueel schaalniveau

Op verschillende schaalniveaus in ArenAPoort West worden door de respondenten mogelijkheden aangewezen en zijn er al praktische voorbeelden aan te wijzen om elektriciteit en warmte in pandig op te slaan om aan de individuele behoefte (vraag) te kunnen voldoen. Bijvoorbeeld door op individueel (decentraal) niveau zonnepanelen te plaatsen en de opwek op te slaan in accusystemen, zodat er ook in de nacht gebruik kan worden gemaakt van de zonne-opwek gedurende de dag (Professional Energie 3, 14 mei 2018). Daarnaast zijn opslagmogelijkheden voor warmte in gebouwen implementeerbaar. Zoals het toepassen van Wko's op individuele kavels die warmte opslaan in water die langzaam wordt opgenomen of afgegeven (Professional Water 3, 17 mei 2018). Zo zijn er al praktische voorbeelden van Wko's verspreid over ArenAPoort West. Echter zijn deze individuele toepassingen lastig te balanceren wat nadelig is voor de duurzaamheid van het systeem, leiden individuele Wko's tot ondergrondse uitwisselingen die de balans verstoren en zijn deze relatief duur (Professional Water 1, 9 mei 2018; Co-Creatie, 28 februari 2018).

8.2.2 Collectief schaalniveau

Daarnaast komen de respondenten herhaaldelijk terug op een langere tijdsperiode. Namelijk dat door seizoensinvloeden opslagmogelijkheden in beeld komen om de pieken in aanbod op te slaan en zodoende in de pieken van vraag te kunnen voorzien.

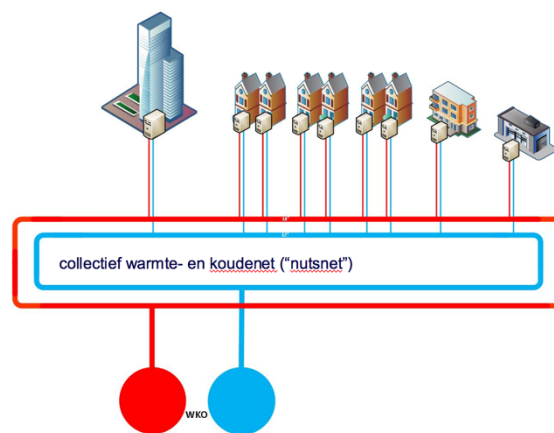
"[...] in de zomer heb je een probleem, want dan kun je de warmte niet kwijt. Het is buiten warm, de woning hoeft niet verwarmd te worden, maar wat doe je dan met de warmte? In de winter heb je deze warmte juist nodig, waardoor je moet gaan schuiven met de seizoenen. Warmte van de zomer sla je op in de bodem en wordt er in de winter uitgehaald." – Professional Energie 2, 7 mei 2018

De respondenten stellen dat het van essentieel belang is om de bodem (ondergrond) als buffermogelijkheid te gebruiken en om water als opslagcapaciteit te gebruiken om warmte in op te slaan. Op deze wijze kan wat in de zomer wordt opgewekt in de winter worden gebruikt, zodat er constante aanbodstromen ontstaan (Bestuurder Gemeente 1, 8 mei 2018). Een mogelijke uitwerking van een collectieve oplossing die door publieke actoren wordt beheerd en wordt geïmplementeerd met als doel het bufferen van pieken in aanbod en vraag, is het toepassen van Wko's. Deze systemen zijn zeer flexibel, maar zijn wel wettelijk verplicht in balans (warmte en koude in evenwicht) te zijn op jaarbasis (Professional Water 3, 17 mei 2018). Verder moeten Wko's een gemiddelde temperatuur hebben van 15 graden, waardoor er altijd een warmtepomp nodig is om de warmte in gebouwen naar een hogere temperatuur te krijgen (Professional Water 1, 9 mei 2018). Echter stellen de respondenten dat er ook andere

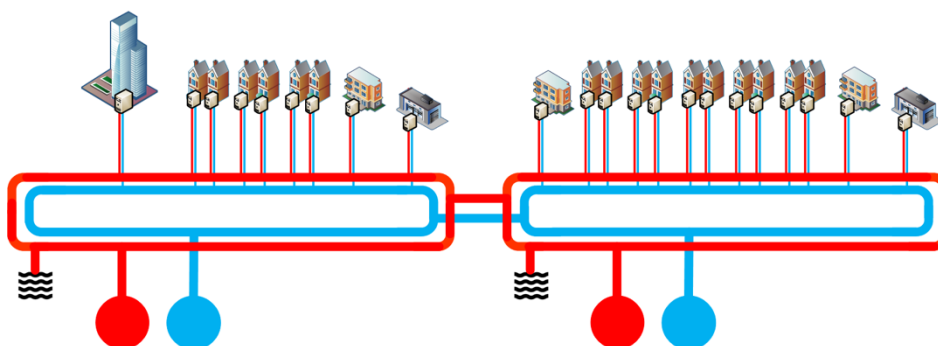
reststromen met warmte en koude aan kunnen worden gekoppeld, zodat de jaarbalans makkelijker gemaakt kan worden (Professional Gemeente 1, 8 mei 2018).

Hierdoor komt het implementeren van Wko's op collectieve schaal (netwerken) in beeld, zodat er op grotere schaal warmte en koude kan worden opgeslagen en de jaarbalans gemakkelijker gemaakt kan worden (zie figuur 22) (Professional Gemeente 1, 8 mei 2018). De respondenten stellen dat er op deze manier een robuuster systeem ontstaat die ondergrondse uitwisselingen inperkt en de balans beter gemaakt kan worden, omdat er meer bronnen op het systeem worden gekoppeld of dat het verzorgingsgebied groter en gevarieerder is (zie figuur 23).

Zoals Mancarella (2013) aangeeft draagt het op grote schaal toepassen van Wko's bij aan het creëren van een MES, waarbij verschillende stromen, zoals warmte en koude optimaal met elkaar interacteren op verschillende schalen in een stedelijke context. Een dergelijke toepassing draagt bij aan het verhogen van de duurzaamheid in het gebied door netwerken van Wko's aan elkaar te koppelen, waardoor netwerken van netwerken ontstaan Mancarella, 2013). Echter zullen er altijd situaties zijn waarin de jaarbalans niet gemaakt kan worden, waardoor reststromen het systeem moeten "aanvullen". De aanwezige reststromen in ArenAPoort West zullen verder worden behandeld in paragraaf 8.3 en ook hier wordt nogmaals het belang van een MES benadrukt. Waarin verschillende stedelijke schaalniveaus gebruik maken van de verscheidenheid aan stromen van de verschillende aanwezige functies (Mancarella, 2013).



Figuur 22: Collectief warmte- en koudenet, Waternet 2018



Figuur 23: Gekoppelde Wko netwerken (netwerk van netwerkjes), Waternet, 2018

8.2.3 Andere buffertechnieken

Daarnaast worden er ook andere buffertechnieken door de respondenten beschreven die niet in balans hoeven te zijn en op grote schaal HT-warmte kunnen opslaan, zoals de zogeheten Ecovaten. Dit systeem bestaat uit een groot ondergronds betonnen vat van 60 meter doorsnede, die warmte kan opslaan tot een temperatuur van 90 graden (Professional Energie 2, 7 mei 2018). Dergelijke systemen kunnen dit water zelfs laten bevriezen in de winter en warmte winnen door van vast naar vloeibaar te gaan (Professional Energie 3, 14 mei 2018).

Bovendien zijn er op het gebied van elektriciteit soortgelijke slimme koppelingen genoemd en is het voorbeeld van op huishoudniveau elektriciteit opslaan in een accu op grotere schaal toegepast in de ArenA (zie teksbox 1). Hier kan aan worden toegevoegd dat geparkeerde elektrische auto's in de verschillende parkeergarages in ArenAPoort West kunnen worden gebruikt om elektriciteit in op te slaan (Professional Gemeente 1, 8 mei 2018). Echter geven de respondenten aan dat opslagopties voor elektriciteit de komende tijd alleen op lokale schaal zullen worden geïmplementeerd. Dit heeft te maken met het feit dat er slechts 14 procent duurzame elektriciteit in Nederland opgewekt wordt. Hierdoor stellen de respondenten dat het eerst zaak is om elke vorm van duurzame energie te behouden, zodat het gebruik van grijze stroom makkelijker kan worden verdreven (Professional Energie 3, 14 mei 2018).

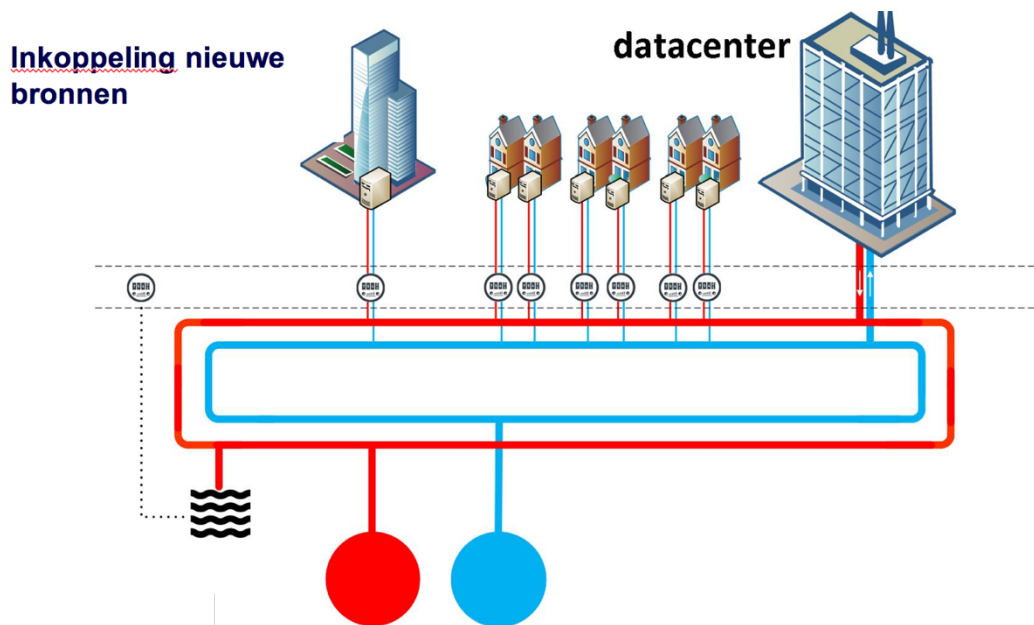
"[...] als je boven de 80 % groene stroom zit, dan is een batterij niet erg, want dan kun je het systeem optimaliseren. Deze stap zal nog zo'n 20 jaar duren, omdat wij nog niet zo ver zijn" –
Professional Energie 3, 14 mei 2018

Samengevat stellen de respondenten dat het doel moet zijn om zoveel mogelijk met opslagcapaciteit aan de slag te gaan, waarbij het aanbod van de hernieuwbare bronnen zo efficiënt mogelijk wordt opgeslagen. Op deze manier ontstaan er constante duurzame stromen van aanbod die op verschillende momenten aan de behoeftes van de verschillende functies in ArenAPoort West kunnen voorzien (Professional Gemeente 1, 8 mei 2018).

8.3 Reststromen

Zoals Mancarella (2013) aangeeft zijn er kansen te benoemen door reststromen aan een collectief netwerk van Wko's te koppelen die bijdragen aan het creëren van systeemintegratie. De verschillende buffermogelijkheden kunnen gevoed worden door de verschillende aanwezige reststromen in ArenAPoort West. Het gebied wordt gekenmerkt door een verscheidenheid aan functies die LT-warmte als reststroom produceren. Als voorbeeld wordt de restwarmte van datacenters benoemd die om ArenAPoort West liggen. Deze restwarmte wordt als zeer constante reststroom gekwalificeerd en is uitermate toepasbaar als regeneratievoorziening voor de Wko systemen die hierdoor gemakkelijker in balans kunnen worden gehouden en ook gedurende de koude seizoenen gebouwen kunnen verwarmen (zie figuur 24) (Professional Energie 4, 15 mei 2018; Professional Gemeente 2, 14 mei 2018). Echter hebben de datacenters

op hun beurt een enorme koelvraag, maar bieden de Wko's ook hier uitkomst door een andere regeneratievoorziening aan te sluiten, zoals de aanwezige koude in drinkwater (TED) (Professional Water 3, 17 mei 2018). Het koppelen van stromen, zoals de restwarmte van datacenters en de koude van het drinkwater aan de wko's, zorgt ervoor dat dergelijke systemen gecompenseerd en aangevuld worden, waardoor continue warmtestromen ontstaan (Professional Gemeente 2, 14 mei 2018).



Figuur 24: Reststromen (Warmte) van datacenters die worden aangesloten op een Wko-systeem, Waternet 2018

Daarnaast kan ook TEA worden ingezet om het rioolwater of grijs water (douchen) gewonnen in nieuwe sanitatie systemen als regeneratievoorziening voor de Wko's te gebruiken (Professional Water 5, 22 mei 2018). Echter is dit alleen mogelijk op een decentraal schaalniveau waar afvalwater zoveel mogelijk gescheiden wordt ingezameld, omdat deze stromen snel hun warmte verliezen als ze over grotere afstanden getransporteerd worden (Professional Water 5, 22 mei 2018).

8.4 Cascaderen

Een andere koppelkans om op een zo efficiënt mogelijke wijze gebruik te maken van de verschillende stromen is het cascaderen van stromen zoals benoemd in de TE (van den Dobbelssteen, 2008). De respondenten benoemen dat hier in het gebied al rekening mee wordt gehouden door de opvang van regenwater (Professional Gemeente 1, 8 mei 2018).

“Met water zijn we daar al mee bezig. Op daken water bergen en dan automatisch regelen wanneer het naar het riool mag. Dat is dan piekregenwater opvang. Wanneer het dak wat

hoger is gemaakt kan daar water in worden opgevangen. Klepje bij een afvoerpijp die automatisch wordt bediend als het riool weer capaciteit heeft. Dat is letterlijk het cascade model.” – Professional Gemeente 1 8 mei 2018

Een dergelijke cascade model, beschreven door van den Dobbelsteen (2011), kan ook worden toegepast op de verschillende energie- en waterstromen, zoals de hoog, midden en laag temperatuurwarmte. In ArenAPoort West ligt een warmte en koude net, waarvan de stromen worden gedistribueerd als aanvoer en retour. Enerzijds is de aanvoer stroom een product en anderzijds is de retourstroom afval. Echter benoemen de respondenten dat HT-warmte geen reststroom genoemd mag worden, omdat deze nog steeds een temperatuur van 70 graden heeft. In andere gebouwen kan deze temperatuur van 70 graden naar 50 graden worden gebracht en in het laatste gebouw van 50 graden naar 30 graden resulterend in een gecascadeerd warmtesysteem. Hetzelfde model kan worden toegepast op de koude stromen.

“[...] komt als 6 graden heen en gaat terug als 12 graden. En met die 12 graden kun je weer wat... en dat komt dan bijvoorbeeld weer terug als 25 graden.” - Professional Energie 4, 15 mei 2018

Daarnaast stellen de respondenten dat door middel van cascadering slimmer met de ritmes in termen van piekbelasting kan worden omgegaan. Bijvoorbeeld door de gebruiksritmes flexibel in te delen gedurende de dag, zodat de piekbelastingen worden verdeeld. Als voorbeeld geven de respondenten aan dat in Amsterdam de watercyclus is verdeeld over 60 gemalen. Deze gemalen draaien zoals eerdergenoemd extra hard in de ochtend, zodat de ondergrondse infrastructuur wordt schoongespoeld. De respondenten geven aan dat er slimmer met deze pieken kan worden omgegaan, bijvoorbeeld door de pieken van elk gemaal op een ander tijdstip te laten plaatsvinden, zodat de belasting op het elektriciteitsnet wordt verdeeld over de dag (Professional Water 2, 14 mei 2018).

“De grootste angstgegnen voor het elektriciteitsnet is dat alle warmtepompen tegelijkertijd zullen aangaan bij echte kou wanneer ze harder moeten werken. De piek in stroomverbruik zal heel gelijktijdig plaatsvinden, zoals afgelopen winter met -7 en oostenwind...” – Professional Energie 3, 14 mei 2018

Daarnaast noemen de respondenten een soortgelijke oplossing op huishoudniveau, namelijk het invoeren van shifts waarin de centrale infrastructuur gebruikt mag worden. Bijvoorbeeld het aanzetten van een warmtepomp of het opladen van elektrisch vervoer wanneer het elektriciteitsnet beschikt over genoeg capaciteit. Ook het gelijkmatiger verdelen van drinkwaterverbruik gedurende de dag wordt als optie benoemd. Op deze manier worden piekvragen verdeeld over de dag, wanneer er vrijwel altijd capaciteit is (Professional Energie 2, 7 mei 2018; Professional Water 1, 9 mei 2018).

De respondenten concluderen dat het verzamelen van warmte in plaats van het produceren een nieuwe manier van denken introduceert en omschrijven dit als zeer kansrijke koppeling. Daarnaast stellen zij dat het cascaderen van stromen de oplossing is om slimmer met de stromen en de capaciteit van de huidige infrastructuur om te gaan (Professional Energie 3, 14 mei 2018).

Duurzaam afvalstelsel op de UID-kavel

De koppelkansen tussen energie en waterstromen zijn uitvoerig beschreven. Toch worden er door de respondenten ook een veelvoud aan koppelkansen benoemd op het gebied van afvalstromen.

ArenAPoort West heeft door al zijn verschillende functies een grote hoeveelheid aan afvalstromen, zoals organisch afval (GFE-stromen). Deze reststromen kunnen duurzamer worden gebruikt, bijvoorbeeld deze te gebruiken in een biovergister die op locatie (decentraal) de afvalstromen verwerkt en warmte (groen gas) en elektriciteit op een duurzame wijze produceert (Professional Energie 4, 15 mei 2018).

Voornamelijk de UID-kavel wordt als onbebouwde kavel als kansrijk gebied aangewezen waar een biovergister kan worden geïmplementeerd (Professional Gemeente 2, 14 mei 2018; Co-Creatie, 28 februari 2018). Tot op heden liggen er concrete plannen om een biovergister te implementeren in de buurt van de ArenA en deze kan groene energie leveren aan ongeveer 60 huishoudens, zoals de (toekomstige) huishoudens op de UID-kavel. Waarschijnlijk zal deze capaciteit toenemen, omdat de nieuwe woningen ook GFE zullen produceren. Een biovergister neemt daarnaast weinig ruimte in en kan hierdoor als decentraal systeem in het gebied worden geïmplementeerd, waar het op een duurzame wijze koppelingen zoekt met de verschillende productie en consumptiestromen (Professional Energie 4, 15 mei 2018).

Tekstbox 2: Afvalkoppelkansen - Biovergister op het Urban Interactive District

Uiteindelijk benadrukken de genoemde koppelkansen de synergiën tussen de verschillende energie- en waterstromen die veelvuldig aanwezig zijn in ArenAPoort West. Het een op een afstemmen van de ritmes is een onhaalbare opgave, waardoor er veel bewuster moet worden nagedacht over het implementeren van buffercapaciteit en cascadering. Zoals benoemd bij Vernay (2013) vergt het koppelen van de voorheen gescheiden stedelijke stromen systeemintegratie, waarbij een optimaal gebruik van duurzame bronnen wordt bevorderd. Echter zal het koppelen van stromen in systeemintegratie leiden tot substantiële uitdagingen veroorzaakt door de verbindingen die moeten plaatsvinden in de drie elementen benoemd door Vernay (2013):

- Het verbinden van voorheen gescheiden technische configuraties die voorheen gescheiden netwerken van actoren en de regels die hun acties leiden, koppelt.
- Een toenemende interactie tussen actoren, wat leidt tot het koppelen van voorheen gescheiden technologische configuraties en het ontwikkelen van gezamenlijke regels.
- Het veranderen van regels, wat leidt tot het koppelen van voorheen gescheiden netwerken van actoren en zowel de technologische configuraties die ze ontwikkelen en gebruiken.

9. Barrières en uitdagingen

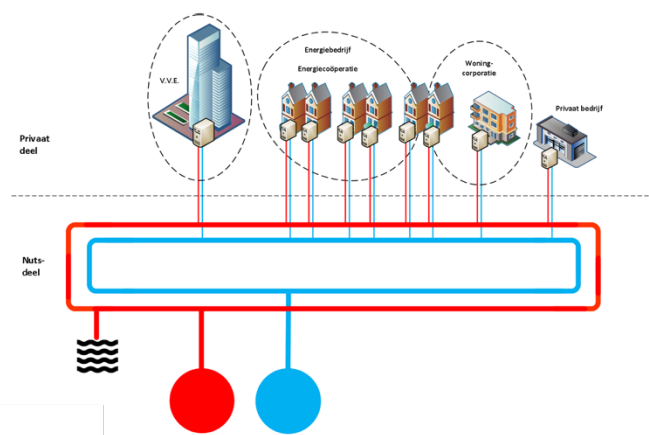
Zoals Vernay (2013) aangeeft zal het benutten van de eerder benoemde koppelkansen leiden tot systeemintegratie. Echter liggen er verschillende uitdagingen in het verschiep, voordat de intersectorale koppelkansen genomen kunnen worden. Deze uitdagingen worden bepaald door lock-ins, omdat door de energietransitie een zeer succesvol systeem wordt getransformeerd. Volgens Loorbach et al. (2017) vraagt dit om fundamentele systeemveranderingen in structuur, cultuur en praktijken die substantiële weerstand zullen gaan opleveren (Co-Creatie, 7 december 2017).

9.1 Barrières in ruimte

Allereerst benoemen de respondenten dat er verschillende barrières liggen op het gebruik van ruimte in de boven en ondergrond in stedelijke gebieden als Amsterdam (Juwet & Ryckewaert, 2018). De ondergrondse buffermogelijkheden zullen veel ruimte in de ondergrond van ArenAPoort West vragen en de bovengrondse bebouwing maakt het werken in de ondergrond lastig (Professional Energie 2, 7 mei 2018). Daarnaast benoemen de respondenten dat er al veel kabels en leidingen in de ondergrond liggen, waardoor er slim met de beschikbare ondergrondse ruimte moet worden omgegaan (Professional Gemeente 1, 8 mei 2018).

“[...] met name voor Wko's, dat zijn verticale putten. Als er meer gebufferd moet worden, moet er ook meer verbonden worden, dat resulteert in meer leidingwerk” – Professional Gemeente 1, 8 mei 2018

Als voorbeeld kan het implementeren of het verbinden van Wko netwerken worden genoemd. Hier zullen situaties ontstaan waar aanspraak moet worden gedaan op bovengronds privaat eigendom, zodat er in de ondergrond duurzame systemen kunnen worden geïmplementeerd. Dit komt het collectieve belang ten goede ondanks de geringe ruimte in de ondergrond (zie figuur 25) (Professional Gemeente 1, 8 mei 2018).



Figuur 25: Verdeling privaat en publiek bezit bovengronds en ondergronds, Waternet 2018

Hierdoor zal er een toenemende interactie moeten plaatsvinden tussen de verschillende betrokken private en publieke actoren, wat kan leiden tot het toepassen van collectieve Wko's die bijdragen aan systeemintegratie (Vernay, 2013).

9.2 Barrières in werkzaamheden en investeringen

Daarnaast benoemen de respondenten een andere barrière, namelijk dat er op dit moment geen afstemming is op het gebied van werkzaamheden en investeringen. Deze barrière wordt veroorzaakt door een mozaïek van allerlei infrastructurele en voorzieningsbeslissingen op verschillende schaalniveaus, met verschillende planprocessen, budgetten en omloopsnelheden (Co-Creatie, 7 december 2017). Als voorbeeld zijn er in ArenAPoort West verschillende actoren met elk een stuk eigenaarschap (Co-Creatie, 28 februari 2018). Bijvoorbeeld de verantwoordelijkheid van Nuon, Alliander en Waternet voor hun eigen assets in de ondergrond. Deze actoren opereren sterk vanuit hun eigen sector (Professional Water 1, 9 mei 2018). Dit heeft geleid tot sterke versnippering binnen het publieke deel, maar ook het private deel wordt gekenmerkt door een versnippering van belangen (Co-Creatie, 7 december 2017; Professional Energie 4, 15 mei 2018)

“De urgentie is groot... je bent eigenlijk te laat om met dergelijke plannen aan de slag te gaan, omdat de plan en procesvorming doordendert. Hierdoor is ArenAPoort West een lastig gebied...”

– Professional Gemeente 1, 8 mei 2018

Om de koppelkansen die noodzakelijk zijn voor de energietransitie te kunnen benutten is er een collectieve actie nodig van alle betrokken partijen, waarin de ambities en investeringen worden gesynchroniseerd (Co-Creatie, 28 februari 2018). Zo moeten gebouweigenaren (privaat) en assetmanagers van eerdergenoemde (semi) publieke partijen samenwerken zodra er werkzaamheden in de ondergrond worden gepland en uitgevoerd (Professional Gemeente 1, 8 mei 2018). Deze integrale gemeenschappelijke beheer- en onderhoudsactie wordt door de respondenten omschreven als een “satéprikker” waarin alle functies in de ondergrond worden waargenomen (Co-Creatie, 7 december 2017). Echter kan dezelfde “satéprikker” in een dergelijke collectieve actie ook in de verschillende betrokken organisaties worden “gestoken”, waarin bepaalde besluitvormingsprocessen, procedures en werkprocessen worden verkend, zodat ook hier koppelkansen benoemd en benut kunnen worden (Co-Creatie, 7 december 2017).

Echter geven de respondenten aan dat er rekening gehouden moet worden met de verschillende transitiepaden, omdat er grote onduidelijkheid heerst over hoe de energietransitie zich gaat ontwikkelen (Co-Creatie, 28 februari 2018). De respondenten vragen zich bijvoorbeeld nadrukkelijk af of Wko systemen wel daadwerkelijk de meest duurzame oplossing zijn met een visie op de toekomst (Professional Energie 2, 7 mei 2018). Hierdoor stellen de respondenten dat de infrastructuur flexibel moet worden aangelegd, waarbij wordt geanticipeerd moet worden op veranderingen in de toekomst. Zoals Juwet & Ryckewaert

(2018) aangeven, moeten duurzame alternatieven voor het huidige conventionele systeem worden ontwikkeld als flexibele en open systemen. Ter verduidelijking benoemen de respondenten dat gebouwen in ArenAPoort West moeten worden aangesloten op de infrastructuur met een strategische visie op de eindsituatie. Bijvoorbeeld door gefaseerde aankoppeling waarin gebouwen in eerste instantie worden aangesloten op het stadswarmtenet ondanks goede isolatie, zodat de woningen in de toekomst ook op LT-Warmte van Wko's kunnen worden aangesloten (Professional Gemeente 1, 8 mei 2018; Co-Creatie, 11 juni 2018).

“Er moet elke keer gekeken worden wat helpt voor de eindsituatie, terwijl het tegelijkertijd bijdraagt aan de oplossing van het korte termijnprobleem” – Professional Gemeente 1, 8 mei 2018

Echter vraagt dit om een sterke regierol van de verschillende actoren die verantwoordelijk zijn voor de energie- en waterstromen, waarin gebiedsgerichte samenwerking moet worden nagestreefd (Co-Creatie, 7 december 2017). Beslissingen, zoals het nu aanleggen van Wko's die pas in een later stadium in gebruik worden genomen benadrukt deze sterke regierol en die draagt bij aan het voorsorteren op de eindsituatie, zodat eventuele lock-ins voorkomen worden (Co-Creatie, 7 december 2017; Juwet & Ryckewaert, 2018).

9.3 Financiële Barrières

Daarentegen zullen wanneer dergelijke keuzes door de sterke regierol worden gemaakt ook financiële barrières in beeld komen. De respondenten stellen dat de energietransitie geld gaat kosten en bepaalde assets, zoals de ondergrondse infrastructuren eerder zullen worden afgeschreven, omdat duurzame alternatieven moeten worden geïmplementeerd (Co-Creatie, 11 juni 2018).

“Alliander is in Watergraafsmere aan het onderzoeken wat de meerkosten zijn als de ondergrond opengaat om alles vervroegd aan te leggen. Zo creëer je keuzeruimte voor jezelf om te kiezen en besluiten te nemen. Je weet dat wanneer je gasleidingen aan gaat leggen dat die vervroegd worden afgeschreven. Deze energietransitie gaat geld kosten en gaat verliezen opleveren.” – Co-Creatie, 11 juni 2018

Echter stellen de respondenten wel dat het goedkoper kan door van alle verschillende sectorale businesscases één gezamenlijke businesscase te maken voor een integrale aanpak. Sommige assetmanagers zullen hun investeringen naar voren moeten halen en anderen zullen deze moeten uitstellen, zodat er gezamenlijk een eenmalige investering gedaan kan worden (Co-Creatie, 7 december 2017). Op deze manier kan er ondanks de lange afschrijvingstermijnen van de huidige infrastructuur verder worden gekeken en kan er gekozen worden voor flexibiliteit en kortere afschrijvingstermijnen van de infrastructuur (Co-Creatie, 7 december 2017).

Zoals Loorbach et al. (2017) aangeven vereist dit een fundamentele systeemverandering in de routines van de bestaande organisaties, waarin nauwe samenwerking moet worden gezocht. Op deze manier kan gezamenlijk de regie op de ondergrond worden genomen en integraal worden ontworpen (Co-Creatie, 7 december 2017). De respondenten stellen dat er in het verleden al sprake was van situatie dat niemand in de ondergrond aan de slag ging, voordat er met alle partijen was overlegd (Professional Energie 1, 7 mei 2018). Zoals Vernay (2013) aangeeft moet er hierdoor worden gestreefd naar een toenemende interactie van actoren, waarin een soortgelijke situatie wordt nagestreefd (Co-Creatie, 28 februari 2018).

“Die overleggen hadden we wekelijks, op hoger niveau en ook in de praktijk. Als we bezig waren in de wijk, konden we dan ook nog dingen erbij halen? Met als doel de grond gaat maar een keer open. We maken maar een keer maatschappelijke kosten, omdat we nutsbedrijven zijn. Dat doen we in de gezamenlijke aanleg. [...] En toen zat ik te denken, in Amsterdam, is toch te gek voor woorden, dit deden we 20 jaar geleden al, wat is er allemaal gebeurd in de tussentijd?” – Professional Energie 1, 7 mei 2018

9.4 Barrières in wet en regelgeving

Zoals benoemd zal er een barrière ontstaan door de versnippering van publieke en private belangen die op grote schaal het implementeren van de koppelkansen tegen houdt (Co-Creatie, 28 februari 2018). Hierdoor zullen er nieuwe vormen van publiek private samenwerking moeten ontstaan om de verschillende koppelkansen te kunnen nemen in de energietransitie. Echter zijn deze nieuwe vormen van samenwerking dermate anders dan dat op heden voor mogelijk wordt gehouden en deze worden beïnvloed door het bestaande denken en andere vehikels, zoals de verankering in de huidige wet en regelgeving (juridische kaders) die dergelijke samenwerking tegen houdt (Co-Creatie, 7 december 2018; Professional Gemeente 1, 8 mei 2018).

“Met de oude wetssysteem kun je het wel vergeten. Veel ontwikkelingen passen niet in de huidige wet en regelgeving die opgerekt moeten worden [...] contractueel juridisch moet er veel gebeuren, de rol van netbeheerders verandert... dat is een enorme omslag [...] dit is de grootste uitdaging die we de komende 50 jaar zullen hebben in dit land” – Professional Energie 1, 7 mei 2018

Bestaande wet en regelgeving stelt bepaalde eisen aan de afzonderlijke stedelijke (publieke) energie- en waterstromen. Bijvoorbeeld dat de kwaliteitseisen op het gebied van drinkwater moeten worden gewaarborgd tot de watermeter of de perceelgrens van private partijen, zonder dat de volksgezondheid in het geding komt (Professional Water 3, 17 mei 2018). Echter geven de respondenten aan dat dergelijke kwaliteitseisen niet gehandhaafd kunnen worden wanneer er tot het koppelen van stromen wordt overgegaan in systeemintegratie (Professional Water 2, 14 mei 2018). Zoals beschreven door Vernay (2013) moet dergelijke wet en

regelgeving opnieuw en gezamenlijk worden doordacht wanneer nieuwe publiek private samenwerking ontstaat.

Daarnaast past het koppelen van stromen in systeemintegratie niet in de huidige wet en regelgeving op het gebied van het mandaat dat actoren hebben om met koppelkansen aan de slag te gaan (Co-Creatie, 12 februari 2018). Zo is er op dit moment wet- en regelgeving die de handelingscapaciteit van actoren om met duurzame koppelkansen aan de slag te gaan aan banden legt. Bijvoorbeeld een wet die stelt dat door marktwerking samenwerking moet worden voorkomen (Professional Energie 1, 7 mei 2018; Co-Creatie, 12 februari 2018). En wet- en regelgeving die stelt dat bepaalde publieke actoren niet mogen voorinvesteren, zoals het adaptief aanleggen van assets in de ondergrond (Co-Creatie, 11 juni 2018). Hierdoor moet sectorale wetgeving opnieuw worden bekeken en worden gesynchroniseerd, zodat regels worden veranderd en de restricties op mandaat worden opgeheven ter bevordering van systeemintegratie (Vernay, 2013).

9.5 Barrières in verschuivingen tussen publiek en privaat

Naast de beschrijving van het handelen van publieke actoren laten alle eerdergenoemde barrières zien dat er nieuwe vormen van publiek private samenwerking nodig zijn die op dit moment niet bestaan (Co-Creatie, 7 december 2017). Het benoemen van de potentiële koppelingen tussen stromen heeft de kansen op systeemintegratie blootgelegd, maar er is nog niet nagedacht over hoe er moet worden omgegaan met het eigenaarschap en de verantwoordelijkheden binnen deze nieuwe systemen. Bijvoorbeeld wie verantwoordelijk is voor beheer tijdens systeem falen waardoor rolveranderingen zullen optreden (Professional Energie 1, 7 mei 2018). Zoals Voss et al. (2006) aangeven zal de rol van een netbeheerder of een waterbedrijf veranderen, bijvoorbeeld naar als leverancier van thermische energie (Co-Creatie, 28 februari 2018).

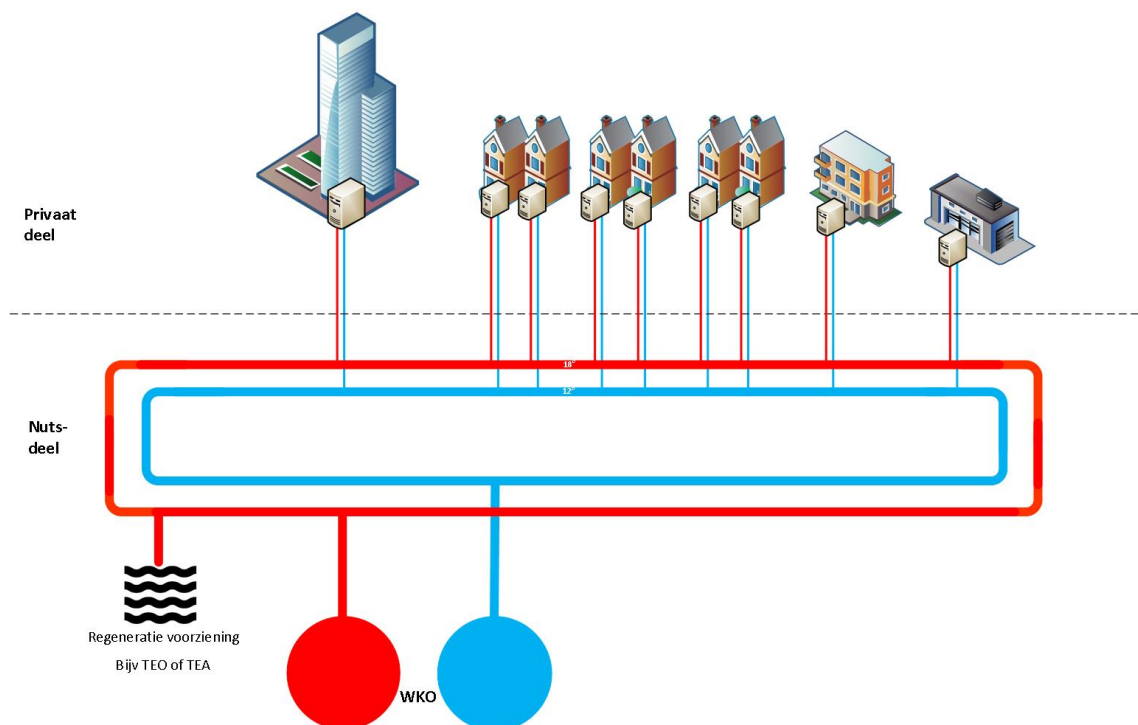
Hierbij moet rekening worden gehouden met de split incentives, waarbij verschillende belangen bestaan over het treffen van energiebesparende maatregelen tussen publieke en private partijen (HVAC, 2013). Zoals HVAC (2013) aangeeft zullen hierdoor situaties ontstaan waarin private eigenaren oplossingen implementeren die als maatschappelijke oplossingen bijdragen aan de energietransitie. Hierdoor vragen zij zich af in hoeverre zij daar publieke financiële vergoedingen voor krijgen (Professional Energie 1, 7 mei 2018). Bijvoorbeeld het toepassen van de restwarmte van de datacenters als een warmtebron op het Wko-net terwijl de datacenters tegelijkertijd een grote koelvraag hebben. Hier ontstaan grote vraagtekens hoe businesscases omtrent het warmte-overschot en de koel-vraag van datacenters in een wko-net moeten worden vormgegeven (Co-Creatie, 28 februari 2018).

Met andere woorden kan er hier een spanningsveld worden beschreven tussen het individueel omgaan met de energietransitie of de ontzorgende rol van de overheid die collectieve verantwoordelijkheid en beslissingen neemt voor het maatschappelijk belang. Daarentegen

stellen de respondenten dat alles publiek willen organiseren financieel gezien onhaalbaar is (Co-Creatie, 7 december 2017). Echter geven de respondenten een voorzichtige invulling van dit spanningsveld waarin rollen verschuiven, namelijk door centrale publieke en private decentrale oplossingen te integreren tot een situatie waarin men recht heeft op de infrastructuur, maar waarin individuele keuzes gemaakt kunnen worden op het gebied van een aankoppeling tot een bepaalde infrastructuur (Co-Creatie, 7 december 2017).

Een concreet voorbeeld van het bieden van zo'n service is beschreven door van Vliet (2012). Namelijk het invoeren van een netwerk van Wko's (nuts-warmtenet) die aangelegd worden als publieke infrastructuur, waarbij het net open staat voor verschillende aanbieders en afnemers. Aangesloten warmtepompen gebruiken thermische energie, maar leveren tegelijk ook terug aan dergelijke netwerken (Co-Creatie, 28 februari 2018). Zo blijft het private deel ook individuele keuzevrijheid hebben, waarbij private eigenaren zelf in pandig aanpassingen kunnen maken. Hierin houden zij zelf verantwoordelijkheid voor hun warmte- en koude voorziening en worden daarin niet afhankelijk van monopolistische marktpartijen (Co-Creatie, 28 februari 2018). Dit biedt ruimte om te blijven innoveren op het gebied van verschillende duurzame systemen en worden publieke waarden gewaarborgd. Dit is verder gevisualiseerd in figuur 26 (Co-Creatie, 28 februari 2018).

“We moeten nu publieke keuzes maken en snel, maar individueel kunnen er ook keuzes gemaakt worden en dat moeten we als nutspartijen toelaten. Het moet een iteratief proces worden, waarbij we voortdurend blijven leren.” – Co-Creatie, 7 december 2017



Figuur 26: Een publiek wko-net dat open staat voor alle aanbieders en afnemers (publiek en privaat), Waternet, 2018

10. Conclusie

Deze masterthesis is opgesteld vanuit de maatschappelijke urgentie om te kijken wat de energietransitie en besluiten, zoals “van het gas af” betekent voor de mogelijke kansen en uitdagingen om verschillende stedelijke stromen, zoals water en energie te koppelen in potentiële nieuwe socio-technische systemen. De energietransitie breekt lock-ins open en zorgt voor nieuwe samenwerkingsvormen. Bijvoorbeeld het samenkomen van verschillende nutsbedrijven in een co-creatie traject, waarin getracht wordt dergelijke koppelkansen te identificeren die mogelijk kunnen leiden tot systeemintegratie (Vernay, 2013). Wanneer dergelijke duurzame ontwikkelingen worden gekoppeld aan de grote bouwopgave waar Amsterdam voor staat is volgens de deelnemers van dit traject veel mogelijk op het gebied van duurzaamheid. Een van de vraagstukken die herhaaldelijk terugkwam in dit traject en waar de deelnemers geen direct antwoord op hadden was in hoeverre stromen kunnen worden gekoppeld wanneer er rekening wordt gehouden met de verschillende kenmerkende ritmes van deze stromen. De ritmes in termen van piekbelasting en ondercapaciteit verschillen op het gebied van productie en consumptie van de verschillende stedelijke stromen (energie en water). Daarnaast moet in het bepalen van deze mogelijke ruimtes rekening gehouden worden met de verschillende barrières die in het verschiets liggen. Op basis van de resultaten zullen in dit hoofdstuk verschillende conclusies worden getrokken en hiermee een antwoord worden geformuleerd op de volgende onderzoeksvraag:

Wat zijn de kansen en uitdagingen van het koppelen van de infrastructuren van stedelijke water- en energiestromen in de gebiedsontwikkeling van Arenapoort West en hoe en in welke mate moet er rekening worden gehouden met de verschillende ritmes die deze stromen kenmerken?

Om deze onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden is er een casestudie opgesteld in ArenAPoort West, waar de stromen doorheen lopen en een grote transformatie naar een hoog stedelijk gebied gaat plaatsvinden. De koppelkansen zijn in dit gebied in kaart gebracht aan de hand van documentenanalyses, participatieve observaties van de co-creatie sessies en 11 semigestructureerde interviews met deelnemers van het traject en respondenten buiten dit netwerk die een actieve rol spelen in de verduurzaming van het gebied. De centrale thema's in dit onderzoek zijn onderverdeeld in de volgende deelvragen die de basis vormden voor dit onderzoek en zijn besproken met de respondenten. Aan de hand van antwoorden op de deelvragen zal een antwoord op de onderzoeksvraag worden geformuleerd.

Welke water en energie stromen lopen er door ArenAPoort West en wie zijn verantwoordelijk voor deze stromen?

Volgens de respondenten wordt ArenAPoort West onderverdeeld in een energie- en waterstroom. Beide stromen worden verder onderverdeeld in kleinere stromen die zich vertakken over het gebied. Zo bestaan de centrale energiestromen die door de daarvoor

bestemde ondergrondse infrastructuur lopen uit een elektriciteitsstroom, gasstroom en warmtestroom. Liander is de verantwoordelijke actor voor de elektriciteit- en gasstroom. Nuon is verantwoordelijk voor het stadswarmte- en koudenet. De centrale energiestromen laten zich volgens de respondenten moeilijk verduurzamen en maken veelvuldig gebruik van fossiele bronnen door pad-afhankelijkheid processen en lock-ins.

De centrale waterstromen worden onderverdeeld in een drinkwaterstroom, afvalwaterstroom en een hemelwaterstroom. Het beheer van deze stromen wordt voornamelijk door de gemeente uitbesteed aan het waterbedrijf Waternet. De ondergrondse infrastructuur van de centrale stromen bestaat uit een distributienetwerk van en naar gebouwen door kabels, leidingen en riolering die worden gedimensioneerd op de piekvragen, zodat er altijd aan elk vraagscenario (piekbelasting) voldaan kan worden.

De ritmes van de energie en waterstromen worden bepaald door verschillende contextuele en sociale factoren die over een korte tijdsperiode gaan (Walker, 2014). De verschillen in ritmes worden veroorzaakt door de huidige economische en fysieke structuur die de sociale praktijken en het gebruik van de stromen dicteert (Walker, 2014). Daarnaast heeft ArenAPoort West een unieke mix aan functies, waardoor er een grote verscheidenheid aan gebruiksritmes bestaat. Wanneer deze worden gesynchroniseerd ontstaat er een geaggregeerd gemiddelde die lijkt op de rest van Amsterdam. Dit klassieke ritme heeft een ochtend en een middag piek en de hoogte van de pieken wordt sterk beïnvloed door verschillen in vraag over seizoenen. Zo zal er in de winter vaker voor worden gekozen om de verwarming aan te doen ten opzichte van de zomer. De komst van nieuwe duurzame bronnen leidt tot veranderingen in de gebruik en aanbod ritmes (Powells et al., 2014).

Ook in ArenAPoort West wordt gebruik gemaakt van nieuwe duurzame bronnen, zoals verschillende decentrale initiatieven. De respondenten zijn voorstander van dergelijke initiatieven, omdat zij stellen dat processen zoveel mogelijk lokaal moeten worden benut. De ArenA is nagenoeg zelfvoorzienend (fit-for-purpose) door het gebruik van verschillende decentrale energie initiatieven (Cook et al., 2009). En evenementenlocaties, zoals het AFAS Live die gebruik maakt van het gescheiden inzamelen van urinestromen. Deze evenementenlocaties experimenteren met dergelijke decentrale oplossingen om minder afhankelijk te zijn van de capaciteit van de centrale infrastructuur (autarkie). Daarnaast dragen dergelijke oplossingen bij aan het reduceren van de piekbelastingen op het centrale net, want deze belastingen zijn relatief kostbaar voor afnemers.

Echter stellen de respondenten dat door beslissingen in de energietransitie moet worden afgestapt van de vrijwel oneindige beschikbaarheid van fossiele bronnen. Hierdoor komen de ritmes in beeld in termen van productie en consumptie, waarbij specifiek wordt gekeken naar piekbelasting en ondercapaciteit van deze ritmes. De productie kant van de hernieuwbare bronnen wordt als oncontroleerbaar gekenmerkt en ook de geaggregeerde gebruiksritmes op de centrale infrastructuur zullen veranderen, zoals door de isolatie van gebouwen en de komst

van duurzame technieken. Verder liggen er grote kansen in ArenAPoort West om met nieuwe decentrale technieken in het gebied aan de slag te gaan, gezien het onbenutte duurzame potentieel van de verschillende stromen. Echter benadrukken de respondenten dat piekmomenten van dergelijke stromen moeten worden opgevangen, zodat duurzame alternatieven kunnen worden geïmplementeerd.

In welke mate kunnen deze water- en energiestromen aan elkaar gekoppeld worden in de gebiedsontwikkeling van ArenAPoort West?

De respondenten benoemen dat er hernieuwbare bronnen moeten worden gezocht om het energieaanbod te kunnen verduurzamen. Geothermie, het implementeren van waterwarmtepompen en het aanleggen van LT-warmtenetten die gebruik maken van duurzame waterstromen als bron, worden door de respondenten als grote koppelkansen omschreven. Het huidige warmtenet wordt niet volledig afgeschreven, maar is beter inzetbaar voor de energiebehoefte van industrie en oudbouw. Het koppelen van een specifieke aanbodstroom aan de energiebehoefte van een specifieke functie wordt door de respondenten omschreven als het adequaat uitvoeren van de energietransitie.

Daarentegen benoemen de respondenten dat het fysiek 1 op 1 koppelen van de verschillende stromen als een vrijwel onmogelijke opgave wordt omschreven door de verschillen in ritmes in termen van piekbelasting over de seizoenen, waardoor buffercapaciteit en cascadering in beeld komen. Daarnaast benadrukken de respondenten dat er sowieso slimmer moet worden omgegaan met de huidige capaciteit van de centrale infrastructuur. Bijvoorbeeld het elektriciteitsnet waar de capaciteitsdruk door duurzame technieken op zal blijven toenemen.

Met welke ritmes moeten er rekening worden gehouden wanneer deze water- en energiestromen aan elkaar gekoppeld worden?

De respondenten benoemen dat zowel aan de productiekant als in de consumptiekant piekbelastingen van consumptie of productie zullen plaatsvinden die inherent zijn aan het werken met hernieuwbare bronnen door de oncontroleerbaarheid van deze bronnen en de blijvende vraag van de eindgebruikers (Powells et al., 2014; Walker, 2014). Het 1 op 1 koppelen van de verschillende stromen is een vrijwel onhaalbare opgave, waardoor elke vorm van opslag in beeld komt, zodat de koppelkansen tussen de verschillende stromen genomen kunnen worden.

Daarnaast stellen de respondenten dat het van essentieel belang is om de bodem (ondergrond) als buffermogelijkheid te gebruiken en om water als opslagcapaciteit te gebruiken. Op deze wijze kan wat in de zomer wordt opgewekt in de winter worden verbruikt, zodat er constante duurzame aanbod stromen ontstaan. De respondenten benoemen verschillende opslagmogelijkheden op individueel en collectief schaalniveau, zoals het implementeren van een Wko op privaat gebied die kan worden ingezet om gebouwen te verwarmen en te koelen

en zodoende het gat in de warmtevoorziening opvullen. Deze kunnen ook in ondergrondse netwerken worden aangelegd waarop reststromen worden aangesloten (datacenters), zodat de jaarlijkse balans wordt gewaarborgd. De respondenten benadrukken het belang van een collectief opslagsysteem, zodat er een robuuster systeem ontstaat wat gemakkelijker in balans kan worden gehouden. Zo'n systeem kan ook worden omschreven als een multi-energiesysteem, waarbij verschillende stromen optimaal met elkaar interacteren op de verschillende schaalniveaus in een stedelijke context (Mancarella, 2013). Daarentegen leiden individuele oplossingen volgens de respondenten tot ondergrondse uitwisselingen, waardoor Wko's uit balans raken en niet goed kunnen functioneren en wat nadelig is voor de duurzaamheid van het systeem.

Ook kan er slimmer met de piekbelastingen op de infrastructuur van de verschillende stromen worden omgegaan door gebruik te maken van het cascaderen van stromen. Cascaderingsmodellen beschreven door van den Dobbelsteen (2011) koppelen de kenmerken van de verschillende stromen aan een bepaalde behoefte. Bijvoorbeeld door HT-warmte op meerdere functies toe te passen wanneer de temperatuur van deze stroom daalt of het afvoeren van stromen op de centrale infrastructuur wanneer deze capaciteit heeft. Op deze manier wordt er slimmer met de huidige capaciteit van de centrale infrastructuur omgegaan. Al met al stellen de respondenten dat het verzamelen van warmte in plaats van het produceren een nieuwe manier van denken introduceert en benoemen dit als een zeer kansrijke koppeling.

De genoemde koppelkansen laten de sterke synergiën zien tussen de verschillende water en energiestromen in ArenAPoort West. Echter vergt volgens Vernay (2013) het koppelen van de voorheen gescheiden stedelijk stromen systeemintegratie. Hier moet verbindingen worden gezocht in de volgende elementen, namelijk naar het integreren van voorheen gescheiden technische configuraties, een toenemende interactie tussen actoren en zullen regels moeten veranderen naar gezamenlijke regels in netwerken van actoren (Vernay, 2013). Echter zal het koppelen van stromen in systeemintegratie leiden tot substantiële uitdagingen (Vernay, 2013).

Welke barrières liggen koppelingen van deze stromen in de weg?

De respondenten geven aan dat de verschillende uitdagingen die intersectorale koppelkansen tegenhouden worden bepaald door lock-ins, omdat een van de meest succesvolle systemen ooit op de schop gaat in de energietransitie. Hierdoor zijn fundamentele systeemveranderingen benodigd die tegen substantiële barrières oplopen (Loorbach et al., 2017).

De respondenten benoemen dat de eerdergenoemde opslagtechnieken veel ruimte in de ondergrond vragen, waardoor gericht moet worden samengewerkt tussen publieke en private partijen. Op deze wijze kan er met duurzame systemen aan de slag worden gegaan ten behoeve van het collectieve belang ondanks de geringe ruimte in de ondergrond (Juwet & Ryckewaert, 2018). Deze toenemende interactie en het toepassen van collectieve oplossingen in privaat gebied komt overeen met de beschreven elementen door Vernay (2013).

Daarnaast benoemen de respondenten een barrière op het gebrek van afstemming op het gebied van werkzaamheden en investeringen. Die is ontstaan door een sterke versnippering aan belangen van publiek en private actoren met elk een eigen stuk verantwoordelijkheid. Er is een collectieve actie nodig van alle betrokken partijen, waarbij ambities en belangen worden gesynchroniseerd wanneer de ondergrond open gaat. Bovendien stellen de respondenten dat de infrastructuur flexibel moet worden aangelegd, zodat gebieden gefaseerd kunnen worden gekoppeld op duurzame systemen en assets gemakkelijk kunnen worden aangepast, zodat lock-ins worden voorkomen (Juwet & Ryckewaert, 2018). Hier is echter een sterke regierol voor nodig van de verschillende actoren, zodat er kan worden voorgesorteerd op de eindsituatie.

Bovendien benoemen de respondenten ook financiële barrières, namelijk dat de energietransitie de betrokken partijen geld gaat kosten, omdat bepaalde assets eerder moeten worden afgeschreven. Echter kan een gezamenlijke business case leiden tot een integrale aanpak, zodat er gezamenlijk een eenmalige investering wordt gedaan en ook de grond een keer open gaat dat als veel goedkoper wordt omschreven. Echter geven de respondenten aan dat hier een fundamentele systeemverandering voor nodig is om de huidige routines in de bestaande organisaties te doorbreken om samenwerking te kunnen zoeken. Dit wordt mede benoemd door Vernay (2013) die zoekt naar meer interactie tussen actoren.

Ook de huidige wet en regelgeving wordt door de respondenten als vehikel gezien die dergelijk samenwerking tegenhoudt. Hierbij moet door het samenwerken van actoren, wet- en regelgeving in geïntegreerde systemen opnieuw en gezamenlijk worden bedacht in de nieuwe samenwerkingsvormen (Vernay, 2013). Daarnaast moet sectorale wetgeving opnieuw worden bekeken en worden gesynchroniseerd, zodat actoren handelscapaciteit en mandaat krijgen om met de koppelkansen aan de slag te gaan ter bevordering van systeemintegratie.

Ten slotte benoemen de respondenten dat er moet worden nagedacht over de barrières die ontstaan wanneer er verschuivingen plaatsvinden tussen publiek en private partijen wanneer duurzame alternatieven zijn geïmplementeerd. Deze nieuwe vormen bestaan nog niet, waardoor er moeten worden nagedacht over de verantwoordelijkheden in de geïntegreerde systemen. Hierbij moet rekening worden gehouden met splitincentives waar de belangen van de publieke en private partijen met elkaar in het geding komen (HVAC, 2013). Dit spanningsveld wordt bepaald door individuele oplossingen die bijdragen aan de energietransitie, of de ontzorgende rol van de overheid die collectieve verantwoordelijkheid neemt voor het maatschappelijk belang. Er wordt door de respondenten verwacht dat de rollen van partijen veranderen en er een recht tot aansluiten op een infrastructuur ontstaat, zodat keuzevrijheid gewaarborgd wordt. Hierdoor blijft er ruimte om te innoveren en worden de publieke waarden gewaarborgd (van Vliet, 2012).

10.1 Bijdrage aan de Water-Energy Nexus

In dit onderzoek is gebleken dat het stromen perspectief van het stedelijk metabolisme een belangrijk analytisch instrumentarium is om het nexus denken te concretiseren in de koppelkansen.

Uiteindelijk beoogde dit onderzoek ook een bijdrage te leveren aan het nexus denken. Zoals benoemd is er tot op heden in de nexus alleen aandacht voor de normatieve kant van hoe de governance in nieuwe samenwerkingsvormen van geïntegreerde systemen eruit zou moeten zien (Pahl-Wostl, 2017; Benson et al., 2015; FAO, 2014). Dit onderzoek biedt veel aanknopingspunten voor een concrete invulling van de governance arrangementen die een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan het versterken van de *water-energy* nexus die daaropvolgend weer een bijdrage levert aan de energietransitie.

Het kenmerk van al deze arrangementen is dat ze een compleet andere vorm van samenwerking vragen. Samenwerking waarin deelbelangen worden erkend en bestaansrecht hebben, maar waar gezocht wordt naar het collectieve belang met de gerechtvaardigde behoefte dat alle betrokken praktijken ook eigen doelen kunnen blijven realiseren. Dit komt sterk naar voren in de eerdergenoemde substantiële barrières die zullen ontstaan wanneer koppelkansen, zoals het implementeren van buffercapaciteit wordt genomen in systeemintegratie. Wanneer de implementatie van dergelijke systemen plaatsvindt zal door de eerdergenoemde “satéprikker” duidelijk worden welke verschillende functies in de ondergrond zullen worden aangetroffen. Daarnaast zal deze “satéprikker”, wanneer deze in de bestaande organisaties wordt gestoken, duidelijk maken wat de besluitvorming, procedures en werkprocessen van de verschillende sectoren zijn. Hierdoor komen barrières en koppelkansen in beeld. Deze barrières worden bepaald door de verschillende belangen op het gebied van ruimte in de ondergrond en bovengrond, werkzaamheden en investeringen, het financieel kunnen voorsorteren op de verschillende transitiepaden, de bestaande vehikels van wet en regelgeving en de verschuivingen tussen publiek en privaat.

Hierdoor moeten er nieuwe financiële en beheersmatige prototypen worden ontwikkeld voor een nutsinfrastructuur die als belangrijkste functie het bieden van buffercapaciteit heeft. Die individuen en collectieven de mogelijkheid bieden om toegang te hebben tot de stedelijke energie- en waterstromen waar zij tegelijkertijd aan de buffervoorziening kunnen leveren. Dergelijke buffervoorzieningen moeten ontwikkeld worden door integrale ontwerpteam met vertegenwoordigers uit alle verschillende geledingen, met geïntegreerde budgetten en mandaat zonder behoud van de eigen identiteit, maar met gedeelde sectorale gespecialiseerde kennis, waarin het oude sectorale denken wordt ontschot. Op deze manier kan samenwerking ontstaan die reikt van operationeel niveau (plaatsen van assets in de ondergrond) tot directieniveau. Alleen met behulp van de “satéprikker” kan systeemintegratie en het koppelen van sectoren plaatsvinden.

Concluderend hebben de negatieve gevolgen van klimaatveranderingen geleid tot het klimaatakkoord in Parijs, de energietransitie en het besluit Amsterdam Aardgasvrij. Hoewel de genoemde koppelkansen voornamelijk technische innovaties zijn, biedt de crack die in het standaard socio-technische regime heeft plaatsgevonden door dergelijke besluiten, het momentum om grootschalig en revolutionair met duurzame innovaties aan de slag te gaan. Deze konden voorheen alleen incrementeel worden toegepast (Geels, 2002).

11. Literatuurlijst

Amsterdam Aardgasvrij (2018) *Gemeente Amsterdam Veel gestelde vragen (FAQ) Amsterdam aardgasvrij* <https://www.amsterdam.nl/wonen-leefomgeving/duurzaam-amsterdam/aardgasvrij/vraagenantwoord/> (geraadpleegd op 16 juni 2018)

Adam, B. (2013). *Time and social theory*. John Wiley & Sons.

Bas J.M. van Vliet (2012) Sustainable Innovation in Network-Bound Systems: Implications for the Consumption of Water, Waste Water and Electricity Services, *Journal of Environmental Policy & Planning*, 14:3, 263-278, DOI: 10.1080/1523908X.2012.702563

Benson, D., Gain, A., & Rouillard, J. (2015). Water governance in a comparative perspective: From IWRM to a 'nexus' approach? *Water Alternatives*, 8(1).

Bouffard, F., & Kirschen, D. S. (2008). Centralised and distributed electricity systems. *Energy Policy*, 36(12), 4504-4508.

Boeije, H. (2010) *Analysis in qualitative research*, London: Sage Publications

Brandes, E. (2016) Hoe de Arena dé centrale energiehubs van Zuidoost wordt https://www.duurzaambedrijfsleven.nl/energie/15587/hoe-de-arena-de-centrale-energiehub-van-zuidoost-wordt?google_editors_picks=true (geraadpleegd op 6 juni 2018)

Bryman, A. (2012) *Social Research Methods*, Oxford: Oxford University Press, Verschillende hoofdstukken

Carreón, J. R., & Worrell, E. (2017). Urban energy systems within the transition to sustainable development. A research agenda for urban metabolism. *Resources, Conservation and Recycling*.

Cook, S., Tjandraatmadja, G., Ho, A., & Sharma, A. (2009). Definition of Decentralised Systems in the South East Queensland Context Urban Water Security Research Alliance Technical Report No. 12. Urban Water Security Research Alliance, (12).

Durkheim, E. (1976). *The elementary forms of the religious life*. Routledge.

Dijst, M. (2013) Space–Time Integration in a Dynamic Urbanizing World: Current Status and Future Prospects in Geography and GIScience, *Annals of the Association of American Geographers*, 103:5, 1058-1061, DOI: 10.1080/00045608.2013.792171

Dijst, M., Worrell, E., Böcker, L., Brunner, P., Davoudi, S., Geertman, S., ... & Lenz, B. (2017). Exploring urban metabolism—Towards an interdisciplinary perspective.

Fabiola, R. (2016). How the nexus of water/food/energy can be seen with the perspective of people well being and the Italian BES framework. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 8, 732-740

HVAC (2013) Factsheet Overcoming Split Incentives
<https://www.environment.gov.au/system/files/energy/files/hvac-factsheet-split-incentives.pdf>
(geraadpleegd op 19 juni 2018)

Faeth, P. & Hanson, L., (2016). A research agenda for the energy, water, land, and climate nexus. *Journal Environment Studies Sciences*, volume 6, pages 123-126.

FAO (2014). The water energy food nexus: A New approach in support of food security and sustainable agriculture, http://www.fao.org/nr/water/docs/FAO_nexus_concept.pdf

Gain, A. K., Giupponi, C., & Benson, D. (2015). The water–energy–food (WEF) security nexus: the policy perspective of Bangladesh. *Water International*, 40(5-6), 895-910.

Geels, F. (2005). Co-evolution of technology and society: The transition in water supply and personal hygiene in the Netherlands (1850–1930)—a case study in multi-level perspective. *Technology in society*, 27(3), 363-397.

Gebiedsplan 2018 ArenAPoort/Amstel III (2018) Gemeente Amsterdam

Geels, F. W. 2005. “The Dynamics of Transitions in Socio-technical Systems: A Multi-level Analysis of the Transition Pathway from Horse- drawn Carriages to Automobiles (1860–1930).” *Technology Analysis & Strategic Management* 17 (4):

Geels, F. W. (2006). The hygienic transition from cesspools to sewer systems (1840–1930): the dynamics of regime transformation. *Research policy*, 35(7), 1069-1082.

Geels, Frank W. 2002. “Technological Transitions as Evolutionary Reconfiguration Processes: a Multi-level Perspective and a Case-study.” *Research Policy* 31 (8–9): 1257–1274

Gemeente Amsterdam (2015). Duurzaam Amsterdam. *Agenda voor duurzame energie, schone lucht, een circulaire economie en een klimaatbestendige stad*.

Gemeente Amsterdam (2016) Naar een stad zonder aardgas, strategie voor de verduurzaming van de warmtevoorziening in de gebouwde omgeving

Gemeente Amsterdam (2018A) <https://maps.amsterdam.nl/> (geraadpleegd op 31 maart 2018)

Gemeente Amsterdam (2018B) <https://maps.amsterdam.nl/> (geraadpleegd op 31 maart 2018)

Gemeente Amsterdam (2018C) Urban Interactive District
<https://www.amsterdam.nl/projecten/arenapoort/urban-interactive/> (geraadpleegd op 9 mei 2018)

Gemeente Amsterdam (2018D) Arenapoort: doorontwikkeling gebied
https://www.amsterdam.nl/projecten/arenapoort/?utm_source=Banner%20Amstel%20III%20en%20ArenAPoort&utm_medium=website&utm_term=Project%20ArenApoort&utm_content=Project%20ArenApoort&utm_campaign=Banner%201 (geraadpleegd op 7 mei 2018)

Gemeente Amsterdam (2018F) <https://www.amsterdam.nl/ingenieursbureau/>

Gemeente Amsterdam (2018G) <https://www.amsterdam.nl/bestuur-organisatie/organisatie/ruimte-economie/ruimte-duurzaamheid/> &
<https://www.amsterdam.nl/bestuur-organisatie/organisatie/ruimte-economie/grond-en/>

Gemeente Amsterdam (2018H) <https://www.amsterdam.nl/bestuur-organisatie/volg-beleid/koers-2025-amsterdam/> (geraadpleegd op 10 juni 2018)

Gemeentelijk Rioleringsplan Amsterdam, GRPA (2016) <https://www.waternet.nl/siteassets/ons-water/gemeentelijk-rioleringsplan-amsterdam-2016-2021.pdf>

Giezen, M., van Vliet, B., Brouwer, S., Roest, K. (2017) *De impact van duurzame decentrale infrastructuur: een analyse van contextuele veranderingen in de water- en energiesector*, Ongepubliceerd

Gupta, J., C.P. Wostl, and R. Zondervan (2013). 'Glocal' Water Governance: A multi-level challenge in the Anthropocene, COSUST, 5: 573-580.

Grin, J. & Hordijk, M. Annex Directies Koppelkansen Water en Energie

Hegger, D. L. T., van Vliet, B. J. M., Spaargaren, G., & Frijns, J. (2009). Meer dan drinkwater alleen. *Nieuwe relaties tussen drinkwaterbedrijf en consument. Eindrapport voor het BTO Client project 'Gedragpraktijk Watergebruik', Environmental Policy Group, Wageningen University/KWR Watercycle Research Institute, Wageningen/Nieuwegein.*

Hughes, T. P. (1983) *Networks of Power: Electrification in Western Society, 1880–1930* (Baltimore: John Hopkins University Press).

JohancruijffArena (2017) Zo groen als de Grasmatt! <http://www.johancruijffarena.nl/article-tonen-op-pagina/zo-groen-als-de-grasmatt.htm> (geraadpleegd op 6 juni 2018)

JohancruiffArena (2018) Bouw megabatterij Johan Cruijff ArenA van start <https://duurzaam-actueel.nl/bouw-megabatterij-johan-crujff-arena-van-start/> (geraadpleegd op 6 juni 2018)

Juwet, G., & Ryckewaert, M. (2018). Energy Transition in the Nebular City: Connecting Transition Thinking, Metabolism Studies, and Urban Design. *Sustainability*, 10(4), 955.

Kemp, R. (1994). Technology and the transition to environmental sustainability: the problem of technological regime shifts. *Futures*, 26(10), 1023-1046.

Klümper, F. & Theesfeld, I., (2017). The land-water-food Nexus: Expanding the social-ecological system framework to link land and water governance. *Institute of Agricultural and Food Sciences*.

Konrad, K., Truffer, B., & Voß, J. P. (2008). Multi-regime dynamics in the analysis of sectoral transformation potentials: evidence from German utility sectors. *Journal of Cleaner Production*, 16(11), 1190-1202.

Kwakernaak, M. G. (2014). System Integration Projects; Research into the opportunities and risks of systems integration projects. TUDelft.

Lefebvre, H. (2004). *Rhythmanalysis: Space, time and everyday life*. A&C Black.

Leguijt, C. C., Groot, M. M., & Bles, M. M. (2010). Energiestrategie Amsterdam 2040.

Liander (2016) Zone en wind perfecte match op energienet <https://www.liander.nl/nieuws/2016/02/29/zon-en-wind-perfecte-match-op-energienet> (geraadpleegd op 7 juni 2018)

Lifset, R., and F.A. Boons. 2011. "Industrial Ecology: Business Management in a Material World." In *The Oxford Handbook of Business and the Natural Environment*, 310–326. Oxford: P. Bansal and A. Hoffman (Eds). Oxford University Press.

Loorbach, D. A., Shiroyama, H., Wittmayer, J. M., Fujino, J., & Mizuguchi, S. (2016). Governance of Urban Sustainability Transitions. (D. Loorbach, Ed.) (1st ed.). Springer Japan.

Marselis, I. & Hisschemöller, M. (2018) *'Het moet niet te avontuurlijk worden': Een onderzoek naar institutionele barrières voor een wijkgebonden warmtevoorziening in Amsterdam*.

Mo, W., & Zhang, Q. (2013). Energy–nutrients–water nexus: integrated resource recovery in municipal wastewater treatment plants. *Journal of environmental management*, 127, 255-267.

Moglia, M., Cook, S., Sharma, A. K., & Burn, S. (2011). Assessing decentralised water solutions: towards a framework for adaptive learning. *Water resources management*, 25(1), 217-238.

Moreau, V., & Massard, G. (2017) Material and Energy Flow Analysis, Framing Concepts in Environmental Science, Environmental Issues and Problems, Sustainability and Solutions, Quantitative Analysis and Tools

MRA (2017) Metropoolregio Amsterdam: Brief aan informateur van het kabinet <https://www.metropoolregioamsterdam.nl/artikel/20170308-mra-brief-aan-informateur-van-het-nieuwe-kabinet>, [geraadpleegd 3 maart 2018].

Nair, S., George, B., Malano, H. M., Arora, M., & Nawarathna, B. (2014). Water–energy–greenhouse gas nexus of urban water systems: Review of concepts, state-of-art and methods. *Resources, Conservation and Recycling*, 89, 1-10.

NOS (2018) Grote bedrijven van het gas af, kan dat?

O+S Amsterdam (2017) Bevolkingsprognose 2016: Meer groei door woningbouw (Geraadpleegd op 6 mei 2018)

O+S Amsterdam (2017) Achthonderduizend Amsterdammers <https://www.ois.amsterdam.nl/visualisatie/bevolking.html> (geraadpleegd op 6 mei 2018)

Onsenergie.net (2018) De regionale netbeheerders van Nederland <https://www.onsenergie.net/#>

Pahl-Wostl, C. (2017). Governance of the water-energy-food security nexus: A multi-level coordination challenge. *Environmental Science & Policy*.

Pittock, J., Orr, S., Stevens, L., Aheeyar, M., & Smith, M. (2015). Tackling trade-offs in the nexus of water, energy and food. *Aquatic Procedia*, 5, 58-68.

Powells, G., Bulkeley, H., Bell, S., & Judson, E. (2014). Peak electricity demand and the flexibility of everyday life. *Geoforum*, 55, 43-52.

Planviewer (2015) ArenAPoort West <https://www.planviewer.nl/bestemmingsplannen/view/NL.IMRO.0363.T1201BPGST-VG02> (geraadpleegd op 10 mei 2018)

Raven, R. P., & Verbong, G. P. (2009). Boundary crossing innovations: Case studies from the energy domain. *Technology in Society*, 31(1), 85-93.

Rli, 2017. *Technologie op waarde schatten. Een handreiking*, Den Haag. Available at: http://rli.nl/sites/default/files/handreiking_technologie_op_waarde_schatten_webversie.pdf [geraadpleegd 3 maart 2018].

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (2016) Warmte-koudeopslag (WKO)

Rijkswaterstaat (2018) Welke Bodemenergiesystemen
<https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/handboek-water/activiteiten/grondwater-ander/bodemenergiesystemen/welke/> (geraadpleegd op 12 mei 2018)

Sachs, I., & Silk, D. (1990). *Food and energy: strategies for sustainable development*. United Nations University Press

Schepers, B. & Meyer, M. (2017) Kansen voor gemeente en corporaties, CEGOIA – Amsterdam

Schot, J., Hoogma, R., & Elzen, B. (1994). Strategies for shifting technological systems: the case of the automobile system. *Futures*, 26(10), 1060-1076.

Schreiner, B., & Baleta, H. (2015). Broadening the lens: a regional perspective on water, food and energy integration in SADC. *Aquatic Procedia*, 5, 90-103

Sharma, A., Burn, S., Gardner, T., & Gregory, A. (2010). Role of decentralised systems in the transition of urban water systems. *Water Science and Technology: Water Supply*, 10(4), 577–583. <https://doi.org/10.2166/ws.2010.187>

Sharmina, M., Hoolohan, C., Bows-Larkin, A., Burgess, P. J., Colwill, J., Gilbert, P., ... & Anderson, K. (2016). A nexus perspective on competing land demands: wider lessons from a UK policy case study. *Environmental Science & Policy*, 59, 74-84.

Sperling, J. B., & Berke, P. R. (2017). Urban Nexus Science for Future Cities: Focus on the Energy-Water-Food-X Nexus. *Current Sustainable/Renewable Energy Reports*, 4(3), 173-179.

Tennet (2018) Onze kerntaken <https://www.tennet.eu/nl/onze-kerntaken/>

Van Daal, J. (2017) Storing energy? Not without “herds” and “ducks”!
<https://www.capgemini.com/nl-nl/2017/08/storing-energy-not-without-herds-and-ducks/>
(geraadpleegd op 8 juni 2018)

Van den Dobbelssteen, A. A. J. F., Tillie, N. M. J. D., Fremouw, M., Wisse, K., Doepel, D., Genten, L., ... & Daamen, T. A. (2011). REAP2 Rotterdamse EnergieAanpak &-Planning 2: Technische, ruimtelijke, sociale, juridische en strategische uitwerking van het REAP-model, toegepast in de Merwe-Vierhavens.

Van den Dobbelsteen, A. A. J. F. (2018) Routekaart Amsterdam Handout

Van der Hoek, J. P. (2011). Climate change mitigation by recovery of energy from the water cycle: a new challenge for water management. *Water Science and Technology*, 65(1), 135-141.

van der Hoek, J. P., Struker, A., & De Danschutter, J. E. M. (2017). Amsterdam as a sustainable European metropolis: integration of water, energy and material flows. *Urban Water Journal*, 14(1), 61-68

Verbong, G. P., & Geels, F. W. (2010). Exploring sustainability transitions in the electricity sector with socio-technical pathways. *Technological Forecasting and Social Change*, 77(8), 1214-1221.

Vernay, A. B. H. (2013). Circular urban systems: moving towards systems integration.

Voskuilen, T. & Bremer, R. (2016) Grand Design Warmte Metropoolregio Amsterdam Openbaar Ministerie

WCED, (1987). Our common future. *United Nations*.

Vermeulen & Langendijk (2018) in *Ruimte voor de Stad*

Voß, J. P., Truffer, B., & Konrad, K. (2005). Sustainability Foresight as a method to shape socio-technical transformation in utility systems.

Verheggen, E. (2016) Hoe de Arena met een enorme accu het net stabiliseert <https://www.duurzaambedrijfsleven.nl/infra/15573/hoe-de-arena-met-een-enorme-accu-het-net-stabiliseert> (geraadpleegd op 6 juni 2018)

Walker, G. (2014). The dynamics of energy demand: Change, rhythm and synchronicity. *Energy Research & Social Science*, 1, 49-55.

Waternet (2016) Amsterdam maakt kunstmest van mannenurine <https://www.agv.nl/nieuws/2016/12/amsterdam-maakt-kunstmest-van-mannenurine/> (geraadpleegd op 12 mei 2018)

Waternet (2018) Warmte en Koude, de rol van Waternet (verkregen als secundair onderzoeksmateriaal tijdens stage op 11 juni 2018)

Weitz, N., Strambo, C., Kemp-Benedict, E., & Nilsson, M. (2017). Closing the governance gaps in the water-energy-food nexus: Insights from integrative governance. *Global Environmental Change*, 45, 165-173.

Worldbank (z.j.) Tool Name: Seasonal Calender
http://siteresources.worldbank.org/EXTTOPPSISOU/Resources/1424002-1185304794278/4026035-1185375653056/4028835-1185375811087/3_Seasonal_calendar.pdf
(geraadpleegd op 1 juni 2018)

Yumkella, K. K., & Yillia, P. T. (2015). Framing the water-energy nexus for the post-2015 development agenda. *Aquatic Procedia*, 5, 8-12.

Yin, R.K. 2002: *Case study research: Design and methods*. Thousand Oaks, CA: Sage.

Zhang, Y. (2013). Urban metabolism: A review of research methodologies. *Environmental pollution*, 178, 463-473.

Appendix A: Semi-gestructureerd Interview

Semi-gestructureerd-interview koppelkansen ritmes van stedelijke stromen in ArenAPoort West

Datum:

Kennismaking, introductie en toestemming

- Dank interviewee voor medewerking aan het onderzoek
- Voorstellen: wie ben ik en waarom doe ik dit onderzoek (*vanuit CoCreatie en KennisActiewater*)
- Toelichten waarom ik de interviewee wil bevragen
- Vertel achtergrond van het onderzoek en het verloop tot dusver

Op dit moment volg ik de masterstudie Environmental Geography (Milieu Geografie) aan de Universiteit van Amsterdam en schrijf ik mijn afstudeeronderzoek. Deze thesis gaat over de kansen en uitdagingen van het koppelen van stedelijke systemen die bestaan uit verschillende infrastructurele stromen, zoals water en energiestromen. Het koppelen van de nu opererende lineaire stromen uit verschillende sectoren draagt bij aan het idee van een circulaire economie die nu in grote mate zijn intrede doet.

Nieuwe technieken (het verwerken van lokaal gescheiden ingezamelde afvalwaterstromen. Of andere reststromen, zoals restwarmte van datacenters die kunnen worden gebruikt om huizen te verwarmen door middel van het implementeren van WKO-systemen (Warmte Koude Opslag)) hebben de potentie om geïmplementeerd te worden in bepaalde gebieden in steden die bijdragen aan stedelijke duurzame ontwikkeling, omdat deze gebruik maken van de reststromen van de huidige systemen. Hierbij is een begrip van de korte ritmes een belangrijke component in het organiseren van de stad en deze nieuwe vorm van gebiedsontwikkeling. Dit komt omdat productie en consumptie niet alleen in hoeveelheid, maar ook in tijd op elkaar afgestemd moet worden. Bijvoorbeeld als het gaat om energieopwekking en energievraag (dit varieert per dag en per seizoen), of het bergen van neerslagoverschotten (variabel per seizoen) en piekbuien (variabel per dag). De hartslag van de stad wordt bepaald door de jaren, seizoenen, pieken in neerslag en temperatuur etc.

Met name de ritmes van productie en consumptie en van piekbelasting en ondercapaciteit in deze stromen zijn van belang als deze gebruikt worden als input voor andere systemen. Door optimaal gebruik te maken van de verschillende ritmes, moet er worden bepaald welke verschillende ritmes in stedelijke gebieden lopen. Op deze manier wordt duidelijk waar de verschillende ruimtes liggen om bepaalde stromen (water en energie) met elk hun eigen ritme aan elkaar te koppelen en met welke ritmes

er rekening moeten worden gehouden wat potentieel kan leiden tot een geïntegreerde flexibele nutsinfrastructuur.

Dit onderzoek richt zich met name op het koppelen van stromen (water, energie) in ArenAPoort West en daarnaast wordt ook de omgeving van het gebied meegenomen om potentiële bronnen te kaderen.

- *Het gaat om de aanwezigheid van verschillende stromen van specifieke plekken in het gebied.*
 - *De technische ontwikkelingen die gaande zijn door de energie transitie*
 - *De geografische mogelijkheden in het gebied (nabijheid, transport, kabels -> wat ligt er al)*
 - *Regelgeving (planning agenda's)*
- Duur: max 1 uur
 - Toestemming om op te nemen:

Alle informatie die u verstrekt zal anoniem worden behandeld. Dit houdt in dat uw antwoorden op de vragen nooit kunnen worden terugvertaald op u als respondent. Om de informatie die u geeft op een zo gedetailleerd mogelijke wijze te kunnen interpreteren vraag ik u toestemming om het gesprek op te nemen. Na het houden van dit interview zullen de geluidsbestanden getranscribeerd worden, waarna de geluidsbestanden zullen worden vernietigd.

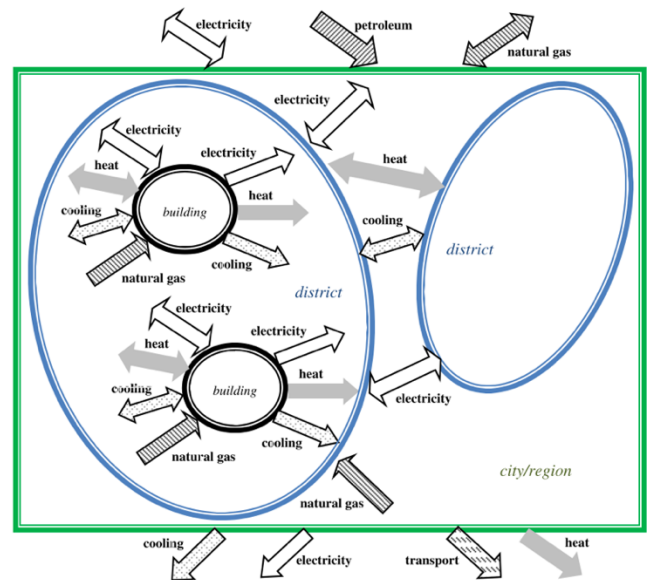
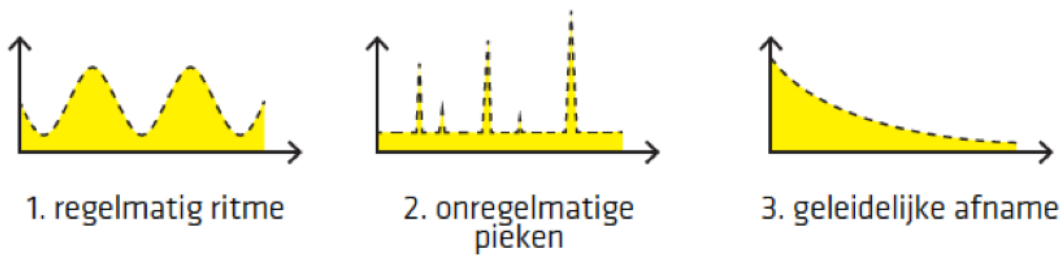
Graag hoor ik van u of u akkoord bent met het afnemen van dit interview?

Antwoord: Ja / Nee

Voorstellen

- Voor welke organisatie bent u werkzaam?
- Hoe omschrijft u uw formele functie?
- Wat weet je over de huidige ontwikkelingen die plaatsvinden in ArenAPoort West?
- Wat is uw rol in de ontwikkeling van ArenaPoort West (*indien toepasbaar*)? Of voor welke component/ stroom bent u verantwoordelijk?

Plaatje ter verduidelijking Kansenskaart (Z.o.z.)



Topics

In dit interview/ gesprek wil ik het graag met u hebben over *water, energie, warmte stromen, de assets die lopen door het gebied of de planning agenda's* (per respondent afhankelijk, doorhalen wat niet van toepassing is).

Kansenkaart

Hier invoegen met naar in benoemen van activiteiten in het gebied, vergeet niet 4D te denken, dus ook toekomstige huisvesting etc. (Bijlage 2)

- Wie zijn er betrokken?
- Vraag stromen?
- Aanbod stromen?

Stromen

- Met welke stroom houdt u zich bezig?
- Door wat voor assets stroomt de stroom waarvoor u verantwoordelijk bent?

- Wat is de eventuele vervangingsopgave van de assets waarvoor u verantwoordelijk bent (eventueel antwoord -> wanneer gaat de grond open, zaken koppelen met andere stromen?)
- Welke aspecten heeft jouw specifieke stroom en met welke van bovenstaande topics heeft jouw stroom betrokkenheid (specifiek inzoomen op productie, consumptie, piekbelasting en ondercapaciteit)
- Zijn er bepaalde (grote/belangrijke) stromen die ik nog niet heb benoemd, en waarom zijn deze van belang voor de huidige discussie?

Ritmes

Voorbeeld ritmes laten zien in Bijlage 2

Laat ze eerst conventionele stroom tekenen in de ritme kaartjes, hierna pas aan de hand van de kansenkaart.

Kerntopics Ritmes:

- *Productie*
- *Consumptie*
- *Piekbelasting*
- *Ondercapaciteit*
- *Variabiliteit (veranderlijkheid)*
- *Opslag*
- Wat is het ritme van de stroom waarvoor u verantwoordelijk bent (*teken op ritmische kalender: dag, week, maand (zomer en winter maand), jaar (seizoenen)*)?
- Wanneer u kijkt naar de kansenkaart, welke ritmes van de verschillende activiteiten kunt u dan aanwijzen (*tekenen*)?
- Waar komt het ritme vandaan?
- Wat gebeurt er op dit moment met de input / output van het ritme?
- **Kansen:** Hoe zou het ritme (input/output) wat je zojuist hebt beschreven beter benut kunnen worden (*bijvoorbeeld de reststroom die wordt gebruikt als input voor een ander systeem, maar gezien het ritme wanneer belangrijk om op te slaan? Of als het systeem (huis) een bepaalde input nodig heeft?*)

Koppelen

(Verwijs terug naar kansenkaart & ritmische kalenders)

- Huidige interactie met andere (bronnen) systemen – in hoeverre is deze er?
- Mogelijke interactie met andere potentiële bronnen (technisch, geografisch), zie kansenkaart?

- Welke andere stromen in het gebied hebben een ritme dat relevant is voor de stroom waarvoor u verantwoordelijk bent gezien het koppelen van deze stromen (systeemintegratie/ flexibele nutsinfrastructuur)?
- Realistisch en idealistisch toekomstbeeld wanneer er gekeken wordt naar ritmes en potentie om deze circulair te koppelen (systeemintegratie/ flexibele nutsinfrastructuur)?
- Welk schaalniveau praten we dan over (*afstemmen van vraag en aanbod, uitwisselen van energie, cascaderen van warmte of koude en de tijdelijke opslag van energie op lokale schaal?*)

Uitdagingen

(Verwijs terug naar kansenkaart & ritmische kalenders)

- In hoeverre sta je open om te koppelen gezien de ritmes?
- In hoeverre wil je samenwerken met andere partijen gezien de kansen van de ritmes die je zojuist hebt aangewezen om te koppelen?
- Tegen welke barrières verwacht je aan te lopen (wet en regelgeving, planning agenda's etc.)
- Wat is de ruimte in deze barrières om zaken echt anders te gaan aanpakken?

Afsluiting

- Licht toe hoe het interview wordt gebruikt en verwerkt
- Vraag of er behoefte is om eindproduct onderzoek in te zien
- Vraag of er nog meer mensen zijn die ik kan interviewen bij andere actoren die voor mijn onderzoek van belang zijn (Waternet, Alliander, Gemeente Amsterdam etc.?)
- Dank voor de tijd en medewerking

Bijlage 1: Ritmische Kalenders



Appendix B: Overzicht Respondenten

	<i>Respondent</i>	<i>Functie</i>	<i>Datum</i>	<i>Vorm interview</i>	<i>Alias</i>
Energie	Business Development Manager Energietransitie	<u>Liandon</u>	7 mei 2018	Desk interview	Professional Energie 1
	Technical Consultant	<u>Liandon</u>	7 mei 2018	Desk interview	Professional Energie 2
	Innovatie en Strategie Consultant	<u>Alliander</u>	14 mei 2018	Desk interview	Professional Energie 3
	Energiecommissaris	<u>ZOEenergy</u>	15 mei 2018	Desk interview	Professional Energie 4
Water	Assetmanager Riolering	Waternet	9 mei 2018	Desk interview	Professional Water 1
	Besturingsspecialist	Waternet	14 mei 2018	Desk interview	Professional Water 2
	Assetmanager drinkwater, productie en distributie	Waternet	17 mei 2018	Desk interview	Professional Water 3
	Hydraulisch Analyse specialist	Waternet	18 mei 2018	Desk interview	Professional Water 4
	Adviseur Zuiveringsbeheer	Waternet	22 mei 2018	Desk interview	Professional Water 5
Ondergrond	Adviseur ondergrond	Ingenieursbureau van Amsterdam	8 mei 2018	Desk interview	Professional Gemeente 1
Gebiedsontwikkeling	Project manager	Grond en Ontwikkeling Amsterdam	14 mei 2018	Desk Interview	Professional Gemeente 2

Appendix C: Overzicht Co-Creatie-Sessies (Participatieve Observaties)

Onderstaand een overzicht van de Co-Creatie sessies, waarvan voornamelijk de eerste paar sessies over de koppelkansen in algemene zin gingen. In de daaropvolgende sessies werden er naast ArenAPoort (Transformatie) andere concrete gebieden aangewezen waar koppelkansen liggen en mogelijkheden liggen voor systeemintegratie, zoals ArenAPoort, Havenstad (Transformatie en Groene Weide) en de 9 Straatjes (Bestaande stad).

	Co-Creatie Bijeenkomsten	Procesbegeleiding/Lead	Inhoud
1	Eerste bijeenkomst, 28 november 2017 : Commandantswoning Marineterrein Amsterdam	Manon Jutte	Verkennen koppelkansen
2	Tweede bijeenkomst, 7 december 2017 : George Marina, Amsterdam	Manon Jutte	Koppelkansen Water en Energie
3	Derde bijeenkomst, 12 februari 2018 : GewoonBoot, Amsterdam	KennisActiewater: John Grin & Michaëla Hordijk	Bepalen concrete casussen in Amsterdam waar koppelkansen kunnen worden toegepast
4	Vierde bijeenkomst, 28 februari 2018 : Pakhuis de Zwijger, Amsterdam	KennisActiewater: John Grin & Michaëla Hordijk	Case ArenAPoort
5	Vijfde bijeenkomst, 14 maart 2018 : GewoonBoot, Amsterdam	KennisActiewater: John Grin & Michaëla Hordijk	Voorbereiden directie terugkoppeling
6	Zesde bijeenkomst, 5 april 2018: George Marina, Amsterdam	KennisActiewater: John Grin & Michaëla Hordijk	Case Havenstad
7	Zevende bijeenkomst, 24 april 2018: Studio Zoost, Amsterdam	KennisActiewater: John Grin & Michaela Hordijk	Case 9 Straatjes: de Gracht van de Toekomst
8	Achtste bijeenkomst, 25 mei 2018: Amsterdam Art Center, Amsterdam	Kennisactiewater & Freija van Duijne (Futuroloog)	Case Havenstad vervolg – Ontwerpsessie
9	Negende bijeenkomst, 11 juni 2018: Volkshotel, Amsterdam	Kennisactiewater: Michaela Hordijk	Case 9 Straatjes vervolg

Daarnaast heeft de onderzoeker verschillende huiswerkbijeenkomsten bijgewoond, samengevat in onderstaande tabel

	Huiswerk Bijeenkomsten	Geïnitieerd vanuit
1	Voorbereiding Co-Creatie 5 April: duurzame elektriciteits, warmte en afval systemen in Havenstad, 20 maart 2018	Gemeente Amsterdam

2	Huiswerk Co-Creatie ArenaPoort-West, datum nader te bepalen.	Professional Gemeente Amsterdam – Grond en Ontwikkeling
---	--	---

Appendix D: Piekbelasting afvoer afvalwater evenementen

Dit is het berekende uur debiet in gemaal 5278 voor de week 23-1-2017 tot en met 29-01-2017. De piek van circa 10 m³/h is op 29-01-2017 om 16:00. De debieten (de hoeveelheid afvalwater die door het gemaal heen stroomt, zijn berekend uit het gemeten waterpeil in de pompkelder. Deze data is verkregen aan de hand van de stage bij Waternet (2018).

Ajax – ADO Den Haag in de Arena

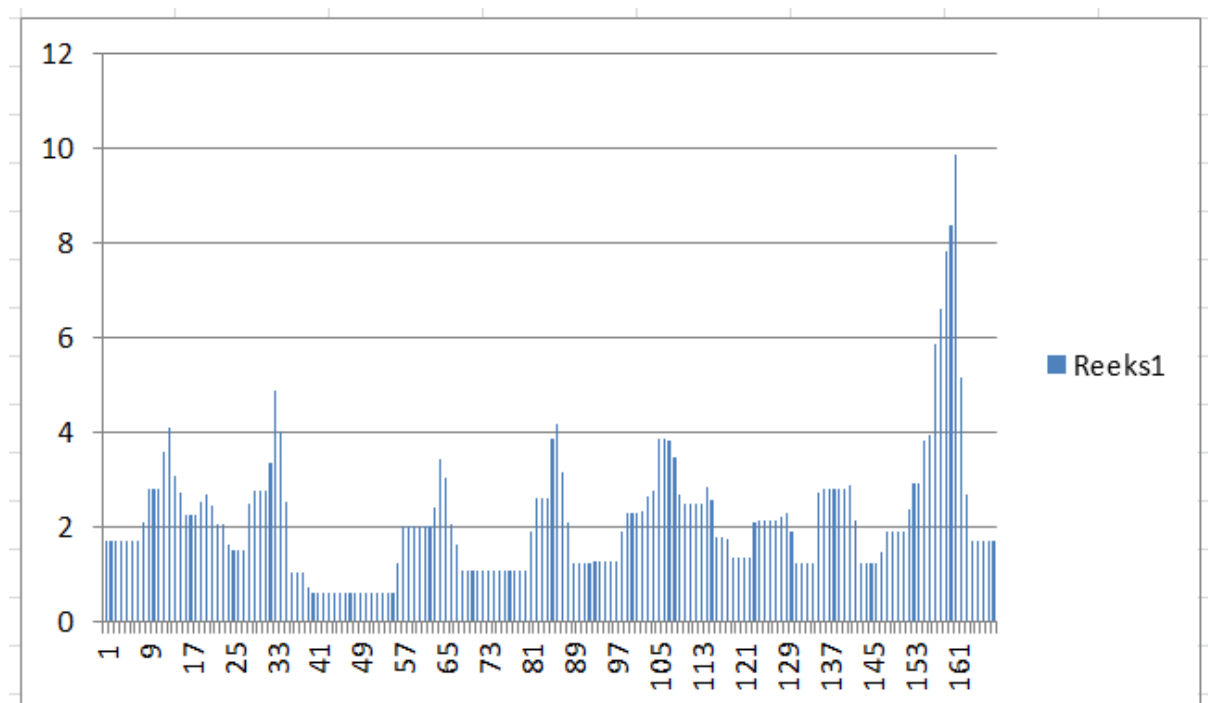
29 januari 2017 - 14:30

Amsterdam ArenA



Stadion open: 13.00 uur Hoofdingang E open: 12.00 uur Aanvang wedstrijd: 14.30 uur

[Meer weten »](#)



Appendix E: Secundaire data van gas/elektriciteit profielen

Voor de elektriciteit en aardgasritmes zijn verschillende handelingen uitgevoerd in Excel om de deze overzichtelijk te kunnen weergeven in grafieken in verschillende tijd categorieën. Liander heeft verschillende soorten data online gezet, wat gebruikt kan worden voor dergelijke analyses. De gebruikte dataset geeft de metadata weer van de jaarprofielen van elektriciteit en gas. Verdere informatie staat in de bijgevoegde toelichting:



Metadata jaarprofielen E&G

28 oktober 2014

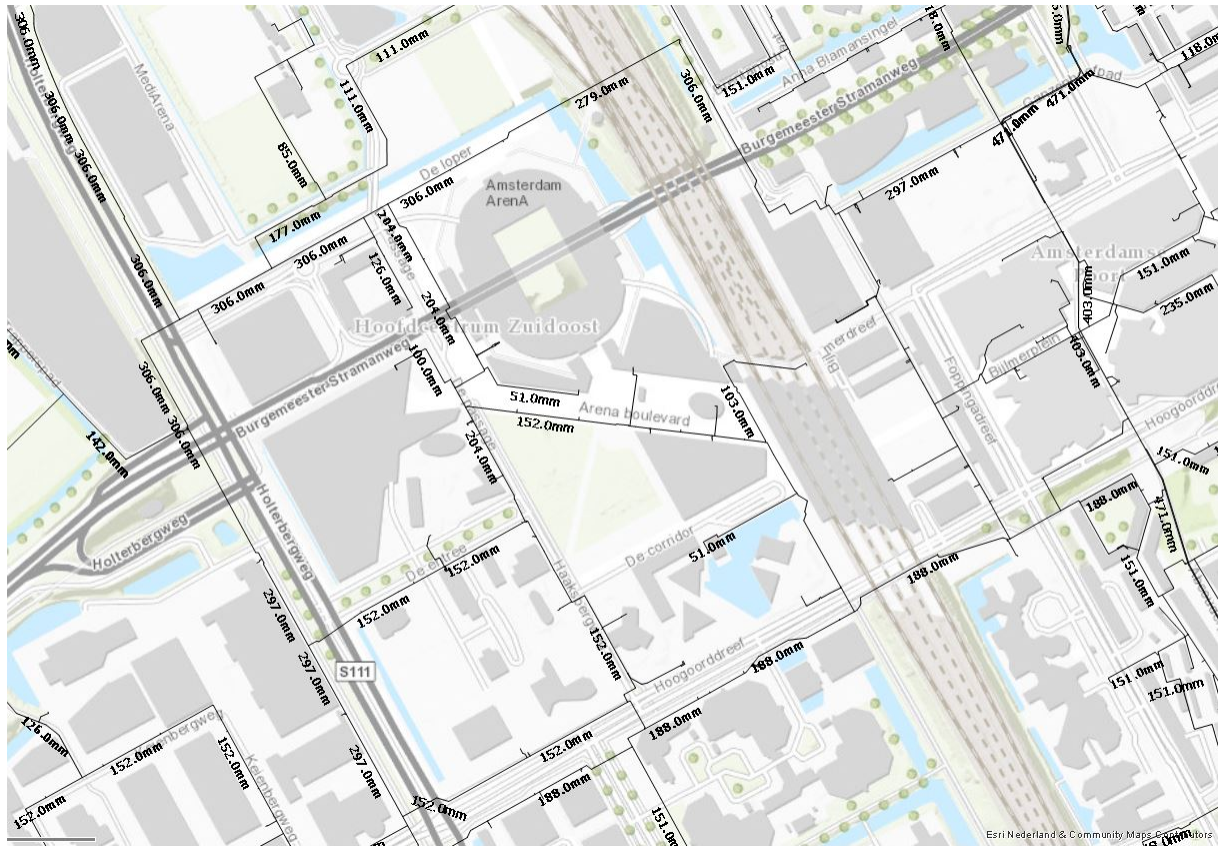
Deze dataset geeft voor een groep van 10.000 klanten het verwachte energieverbruik (elektriciteit en gas) per uur weer, gedurende een heel kalenderjaar. De verbruiken zijn genormaliseerd, dat wil zeggen dat ze gebaseerd op het gemiddelde temperatuurprofiel van de afgelopen 20 jaar.

Deze verbruiksprofielen zijn gebaseerd op eerdere verbruiken (gemeten in meetcampagnes bij klanten of afgeleid van allocatiedata) en zijn primair bedoeld voor het schatten van de verbruiken in het allocatieproces en het verdelen van de verbruiken in het reconciliatieproces.

Cel A1: startdatum en tijd van de voorspelling.

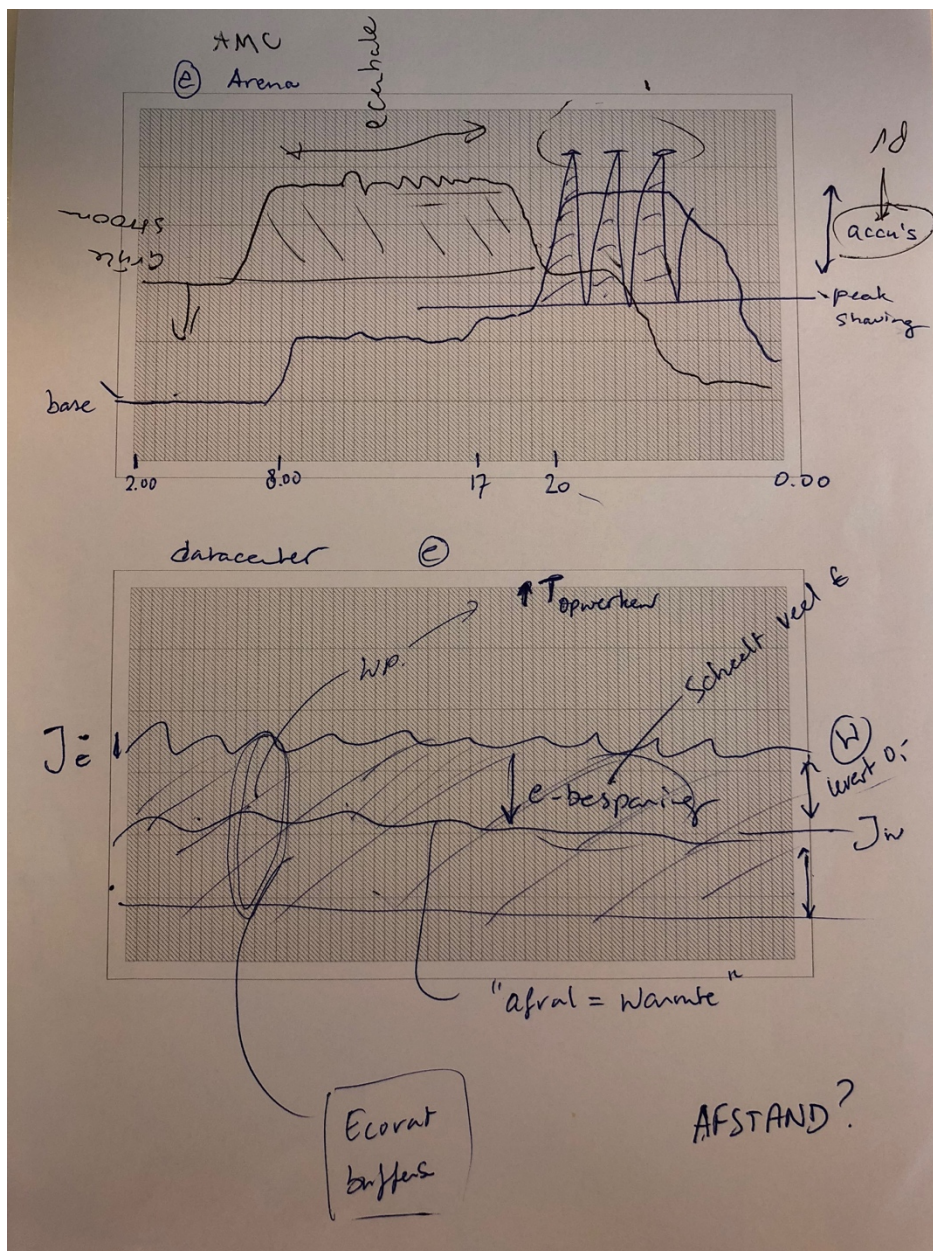
Date & Time	tijdsnotering als volgt dd-mm-yyyy hh:mm:ss. Gebruikt is UTC tijd+1 oftewel de doorlopende wintertijd. De aangegeven tijd betreft het einde van de profielperiode.
Dag	doortelling van de dag in het jaar (1 t/m 365, evt 366)
Profile E1a [kWh]	Het voorspelde totale elektriciteitsverbruik van de klanten in de groep met een aansluiting $\leq 3 \times 25$ Ampère, enkel telwerk. Het is onbekend hoeveel van de 10.000 klanten in deze groep vallen.
Profile E1b [kWh]	het voorspelde totale elektriciteitsverbruik van de klanten in de groep met aansluiting $\leq 3 \times 25$ Ampère, dubbel telwerk nachttarief. Het is onbekend hoeveel van de 10.000 klanten in deze groep vallen.
Totaal	som van het voorspelde verbruik van beide typen klanten: het totale elektriciteitsverbruik van de groep van 10.000 klanten
Uurfractie E	Fractie van het voorspelde elektriciteitsverbruik in het gerapporteerde uur tov het voorspelde jaarverbruik
G1a profiled demand (MJ)	De fractie van het verondersteld profiel vermenigvuldigd met de som van de respectievelijke standaardjaarverbruiken van alle afnemers, uitgedrukt in Mega Joules (per m^3 gas wisselt de calorische opbrengst per regio en door het jaar heen, tgv veranderingen in samenstelling en druk). Het betreft kleinverbruikers met een standaard jaarverbruik $< 5000 \text{ m}^3$ ($n:35,17 \text{ MJ/m}^3$) en met een gasmeter $\leq G6$. Het is onbekend hoeveel van de 10.000 klanten in deze groep vallen. Zie de website van EDSN voor meer uitleg over gasprofielen.
G2a profiled demand (MJ)	Als hierboven, maar van de kleinverbruikers die niet voldoen aan de criteria voor profielcategorie G1A. Het is onbekend hoeveel van de 10.000 klanten in deze groep vallen.
Uurfractie G	Fractie van het voorspelde gasverbruik in het gerapporteerde uur tov het voorspelde jaarverbruik

Appendix F: Centrale infrastructuur Water ArenAPoort West



Secundair onderzoeksmateriaal verkregen tijdens stage bij Waternet, waarin te zien is hoe de centrale afvalwaterleidingen door ArenAPoort lopen. Dit ter verduidelijking hoe de ondergrondse infrastructuur is aangelegd.

Appendix G: Ritmische kalender; 1 op 1 koppelen ArenaA en AMC



Deze ritmische kalender getekend door Professional Energie 4 op 15 mei 2018 laat zien dat er is getracht om de energieprofielen van het AMC en de ArenaA op elkaar te leggen, zodat er een eventuele slimme koppeling gemaakt kon worden. Echter bleek dat de ritmes in termen van piekbelasting niet overeenkwamen en dat 1 op 1 koppelen van beide locaties een onhaalbare opgave leek. Hierdoor is de ArenaA met accu's aan de slag gegaan en heeft het AMC een omgebouwde elektriciteitscentrale (WKK) (Professional Energie 4, 15 mei 2018).

