



ingenium

bringing buildings to life, for life



Read how
we think
circular and
work modular
on ingenium.be

NOTA/RAPPORT

Tijdelijke maatschap Ingenium + opus25 + Sumaqua Eindrapport Ragheno

Dossier:
20091.003

Project:
Smart energie en water Ragheno Mechelen

Opdrachtgever / Bouwheer:
Stadbestuur Mechelen



MECHELEN

v3 2022-01-18
v2 2021-12-21
v1 2021-11-02
2021-11-26

RDH / EVI / PC/ HB / VW
RDH / EVI / PC/ HB / VW
RDH / EVI / PC/ HB / VW
Raf De Herdt

Definitieve versie
Aanpassingen na feedback Mechelen
Basis
kwaliteitscontrole

TIJDELIJKE MAATSCHAP INGENIUM – opus25 - Sumaqua | INFO@INGENIUM.BE

Nieuwe Sint-Annadreef 23 - 8200 Brugge • +32 50 40 45 30 • reknr. BE10 4747 1034 7104

Ondernemingsnummer: Ingenium: BE0436.815.150 | opus25: BE0730.765.435 | Sumaqua: BE0672.875.340

Alle documenten en informatie in deze offerte worden vertrouwelijk ter uwer beschikking gesteld. De inhoud van dit voorstel blijft het intellectuele eigendom van Ingenium. Het voorstel is enkel gericht aan de geadresseerde organisatie en contactpersonen. De inhoud van dit voorstel mag niet verspreid worden naar derde partijen zonder de voorafgaande schriftelijke goedkeuring van Ingenium.

INHOUD

1.	INLEIDING.....	5
1.1	Projecttoelichting.....	5
1.1.1	Doel van de opdracht.....	5
1.1.2	Beschrijving projectgebied.....	5
1.1.3	Gewenste ontwikkeling.....	5
1.1.4	Fasering.....	6
1.2	Team.....	7
2.	WATER.....	8
2.1	Algemene principes Duurzaam Water Systeem.....	8
2.1.1	Algemeen concept.....	8
2.1.1.1	Stap 1: beperkt het waterverbruik door gebruik van waterbesparende technieken	8
2.1.1.2	Stap 2: maak maximaal gebruik van duurzame waterbronnen; gebruik van regenwater en hergebruik van afvalwater worden hierbij aanzien als duurzaam	9
2.1.1.3	Stap 3: duurzaam exploiteren van het watersysteem: het waterverbruik en de waterafvoer dienen op een duurzame manier te gebeuren	9
2.1.2	Vertaling algemene principes naar waterconcept Ragheno	9
2.1.2.1	Waterverbruik Ragheno	9
2.1.2.2	Hemelwater.....	10
2.1.2.3	Strategie afvalwater.....	10
2.2	Analyse beschikbare gegevens.....	11
2.2.1	Watergebruik op de site.....	11
2.2.1.1	Inschatting specifiek verbruik per IE.....	11
2.2.1.2	Verbruik per bouwfase.....	11
2.2.2	Inrichting van wegenis.....	13
2.2.3	Aanwezige bodemvervuiling.....	15
2.2.4	Opgelegde randvoorwaarden afvoer hemelwater naar Hanswijkbeek.....	15
2.2.5	Opgelegde randvoorwaarden DWA en RWA Afvoer.....	15
2.2.6	Infiltratie.....	15
2.2.7	Grijswaterhergebruik.....	16
2.2.8	Samenvatting.....	17
2.3	Conceptueel ontwerp watersysteem.....	17
2.3.1	Scenario's.....	18
2.3.1.1	Beschrijving scenario's.....	18
2.3.1.2	Scenario 1 : Maximaal hergebruik hemelwater.....	21
2.3.1.3	Scenario 2a en 2b : combinatie hemelwaterhergebruik en groendaken.....	22
2.3.1.4	Scenario 3: combinatie van groendaken, hergebruik hemelwater en grijswaterhergebruik.....	23
2.3.2	Bespreking resultaten Sirio.....	23
2.3.3	Economische analyse.....	25
2.3.4	Besluit analyse hemelwatersysteem.....	27
2.4	Analyse klimaatbestendigheid ontwerp.....	28
2.4.1	Context.....	28
2.4.2	Bespreking klimaatverandering en gehanteerde tijdreeksen.....	28
2.4.3	Impact van klimaatverandering op het potentieel gebruik van regenwater....	29
2.4.4	Impact van het ontwerp op de grondwateraanvulling in het huidige en toekomstig klimaat.....	30
2.4.5	Toepassing van het Groenblauwpeil.....	32

2.4.6	Conclusies en aanbevelingen.....	32
2.5	Hydraulisch ontwerp hoofdassen DWA en RWA	33
2.5.1	RWA-ontwerp.....	33
2.5.1.1	Randvoorwaarden	33
2.5.1.2	Ingerekende verharding op RWA-ontwerp in ICM	33
2.5.1.3	Uitgangspunten RWA hoofdafwatering	34
2.5.1.4	Concept-ontwerp RWA-afwatering.....	34
2.5.1.5	Resultaten ICM-berekening T20.....	38
2.5.2	DWA-ontwerp.....	40
2.6	Opties om watersysteem verder te verduurzamen via slimme	
stedelijkheid	42	
2.6.1	Opvolgen van de watervraag in de Ragheno-wijk	42
2.6.1.1	Schema	42
2.6.1.2	Beschrijving.....	42
2.6.1.3	Voordelen	43
2.6.1.4	Benodigde sensoren	43
2.6.2	Proactief opvolgen van overstromingsrisico's	44
2.6.2.1	Schema	44
2.6.2.2	Beschrijving.....	44
2.6.2.3	Voordelen	44
2.6.2.4	Benodigde sensoren	44
2.6.3	Realtime opvolging grondwaterstromen	45
2.6.3.1	Schema	45
2.6.3.2	Beschrijving.....	45
2.6.3.3	Voordelen	45
2.6.3.4	Benodigde sensoren	45
3.	ENERGIE	46
3.1	Algemene principes Duurzaam Energie Systeem.	46
3.1.1	Algemeen concept.....	46
3.1.1.1	Stap 1 – Reduceer de energievraag	46
3.1.1.2	Stap 2 – Energie uitwisseling	46
3.1.1.3	Stap 3 – Pas duurzame energiebronnen toe	47
3.1.1.4	Stap 4 – Gebruik fossiele brandstoffen efficiënt	47
3.2	Inventaris en analyse	47
3.2.1	Energiebehoefte.....	47
3.2.1.1	Kengetallen.....	47
3.2.1.2	Warmtevraag site	48
3.2.1.3	Koude.....	50
3.2.1.4	Warmte en koude	51
3.2.1.5	Elektriciteit.....	53
3.2.1.5.1.	Basis elektriciteitsvraag gebouwen	53
3.2.1.5.2.	Elektriciteitsvraag elektrische voertuigen	54
3.2.1.5.3.	Potentieel PV-installatie.....	58
3.2.2	Uitgangspunten.....	60
3.2.2.1	Energietarieven.....	60
3.2.2.2	Financiële parameters	61
3.2.2.3	CO2-uitstoot	61
3.3	Conceptstudie	61
3.3.1	Longlist	62
3.3.2	Shortlist.....	66
3.3.3	PV-panels	66
3.3.4	Zonthermie	67
3.3.5	PVT	67

3.3.6	BEO.....	67
3.3.7	W/W-warmtepomp.....	68
3.3.8	L/W-warmtepomp.....	68
3.3.9	Laadinfra.....	68
3.3.10	Gasnet.....	69
3.3.11	Riothermie.....	69
3.3.12	Kanaal Leuven – Dijle.....	70
3.3.13	Restwarmte Alphacloud.....	70
3.4	Elektriciteit	71
3.4.1	Scenario 1 – PV installatie: gebouwverbruik.....	72
3.4.2	Scenario 2 – PV installatie: gebouwverbruik + laadinfra.....	72
3.4.3	Scenario 3 – PV installatie: gebouwverbruik + laadinfra + warmtepompen ...	73
3.4.4	Analyse Elektriciteit.....	73
3.4.4.1	Resultaat scenario analyse.....	73
3.4.5	Beleidsmatige implementatie – Energiedelen.....	76
3.4.5.1	Wat is energiedelen?.....	76
3.4.5.2	Wat zijn de vereisten voor energiedelen.....	76
3.4.5.3	Hoe werkt energiedelen.....	76
3.4.5.4	Welke financiële voordelen biedt energiedelen.....	77
3.4.5.5	Future Proof PV-installaties.....	80
3.4.5.6	Besluit en bedenkingen.....	80
3.5	Warmte en koude	81
3.5.1	Scenario 1 – L/W – warmtepompen.....	81
3.5.2	Scenario 2 - Warmtenet.....	82
3.5.3	Scenario 3 - Energienet.....	83
3.5.4	Analyse BEO-veld.....	85
3.5.4.1	Invloed tussenafstand.....	85
3.5.4.2	Invloed veldgrootte en regeneratie.....	86
3.5.4.3	Veldgrootte.....	87
3.5.4.4	Plaats BEO-velden.....	88
3.5.5	Analyse Warmte en koude.....	88
3.5.5.1	Resultaat energetische analyse.....	88
3.5.5.2	Resultaat economische analyse.....	91
3.5.6	Analyse enkel Warmte.....	92
3.5.6.1	Resultaat energetische analyse.....	92
3.5.6.2	Resultaat economische analyse.....	94
3.5.7	Samenvatting warmte/koude.....	96
3.6	Energiebalans (Warmte/koude/elek)	97
3.6.1	Totaal (jaarbals).....	97
3.6.2	Totaal (uurbals).....	99
3.7	Smart Cities – Energie.....	101
3.7.1	Virtual Power Plant.....	101
3.7.2	Warmte en koude.....	102
4.	AANBEVELINGEN WARMTE/KOUDE/ELEK.....	103

1. INLEIDING

1.1 PROJECTTOELICHTING

1.1.1 Doel van de opdracht

Deze studie dient te onderzoeken welke collectieve of openbare systemen op het vlak van energieopwekking en -uitwisseling (smart grid, warmtenet, energierecuperatie, grootschalige productiesystemen, ...) en water (beheer, gebruik, infiltratie, zuivering, recuperatie,...) mee met de wijkontwikkeling uitgebouwd kunnen worden. Dit kan vanuit de gebouwen, in specifieke installaties, of in de inrichting van het openbaar domein. Er wordt gestreefd naar een waterneutrale wijk, waarbij hemelwater maximaal ter plaatse wordt gehouden. Gezien het programma, de omvang en ambities van de Raghenno-site biedt deze gebiedsontwikkeling een unieke kans om een collectief georganiseerde en innovatief fossiel-vrij energieconcept te implementeren in Mechelen.

1.1.2 Beschrijving projectgebied

Door de unieke ligging achter het centraal station van Mechelen en directe toegang met het stadscentrum heeft het gebied Raghenno een grote opportuniteit. Met de huidige herinrichting van de stationsomgeving en de aanleg van een nieuwe ontsluitingsweg (de Tangent) wordt Raghenno ook optimaal bereikbaar. Momenteel heeft dit gebied geen duidelijk karakter. Er is een mix van functies: wonen, KMO's, kantoren, recreatie, ... Ook zijn er nog een aantal niet benutte en vervuilde terreinen. Voor de herontwikkeling van deze terreinen zijn er Brownfieldconvenanten afgesloten met de Vlaamse Regering en de stad Mechelen.

Het gebied Raghenno grenst aan:

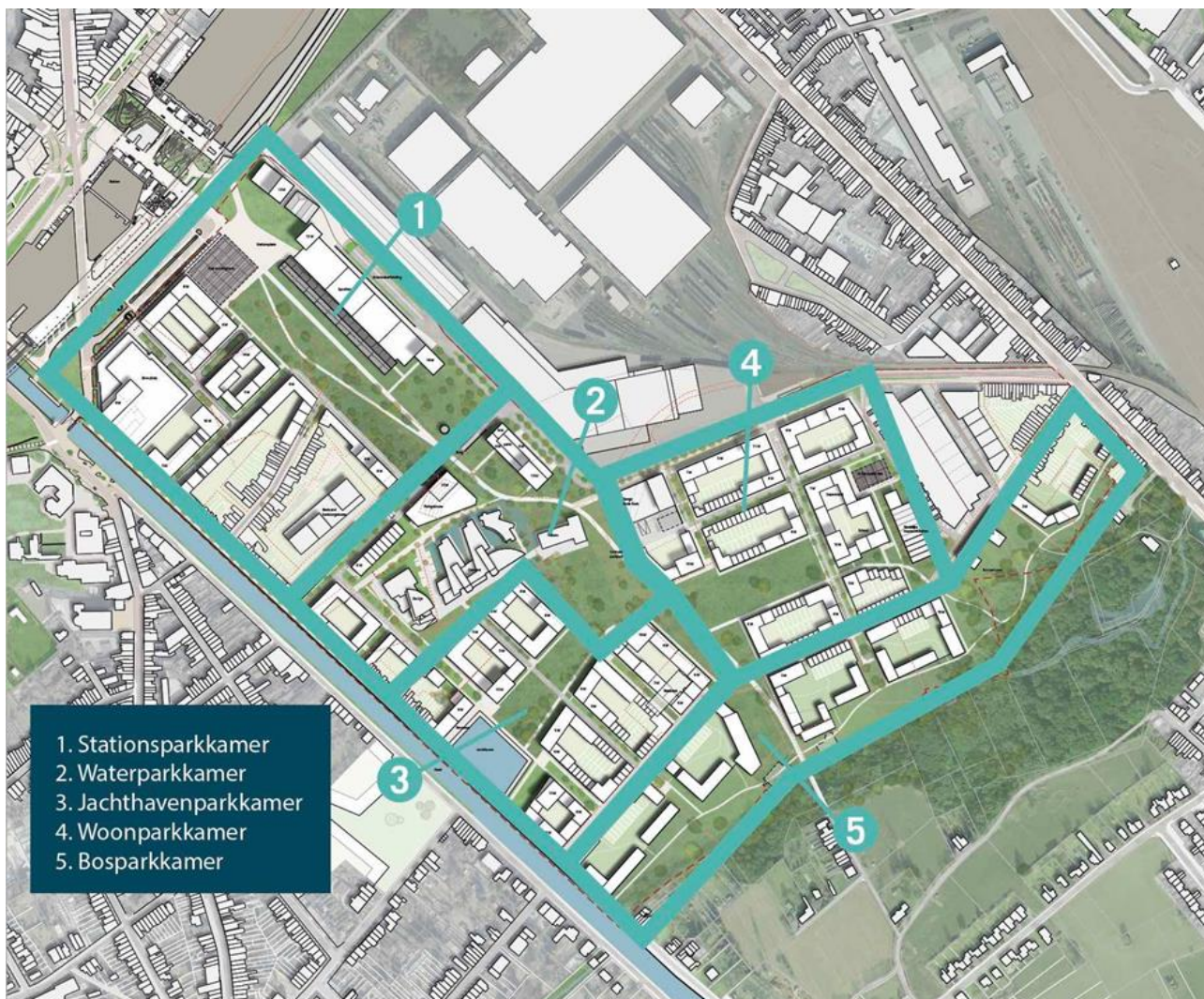
- De stationsbuurt
- De Leuvensesteenweg en Arsenaalwijk
- De Centrale Werkplaats of Arsenaal
- De Hanswijkbeek, de wijk Spreeuwenhoek
- De Colomawijk aan de overzijde van het kanaal Leuven-Dijle



Figuur 1 - Ligging van de projectsite

1.1.3 Gewenste ontwikkeling

In opdracht van het stad Mechelen heeft Blauwdruk Stedenbouw een masterplan opgesteld voor de Raghenno-site. Meer informatie kan geconsulteerd worden <https://www.mechelen.be/raghenno>.



Figuur 2 - Geplande ontwikkeling op de Ragheno-site

1.1.4 Fasering

De ontwikkeling van de site zal in verschillende fases verlopen. Een beperkt aantal gebouwen (oranje) zal behouden blijven (oranje). De herontwikkeling verloopt vanaf de stationsomgeving naar de Hanswijkbeek. Tijdens de eerste fase wordt het kantoorblok en enkele woonblokken langs het kanaal Mechelen -Leuven opgebouwd (roos). Deze fase loopt van 2020 tot 2023. In de periode 2024-2030 wordt de noordelijke hoek ingericht met onder andere een nieuwe sporthal (groen). Vanaf 2030 worden de gebouwen naast de sporthal opgericht (blauw) en aansluitend de andere woonblokken en kantoorgebouwen voorzien (geel). Bij het ontwerpen van de DWA en RWA visie zal met deze fasering rekening gehouden worden.



Figuur 3 - Voorstelling van de fasering van de ontwikkeling

1.2 TEAM

Opdrachtgever

Stadsbestuur Mechelen

Sofie Kuylen (contact)
Ighor Van de Vyver
Isabelle Neyskens
Wim Vandevorst
Kurt s' Jongers

sofie.kuylen@mechelen.be
ighor.vandevyver@mechelen.be
isabelle.neyskens@mechelen.be
wim.vandevorst@mechelen.be
Kurt.sJongers@pidpa.be

Uitvoerders

Ingenium

Raf De Herdt (contact)
Emmanuel Vierstraete

raf.deherdt@ingenium.be
emmanuel.vierstraete@ingenium.be

Opus 25

Cauwenberg Peter
Hannelore Brocatus

peter.cauwenberg@hydroscan.be
hannelore.brocatus@hydroscan.be

Sumaqua

Vincent Wolfs

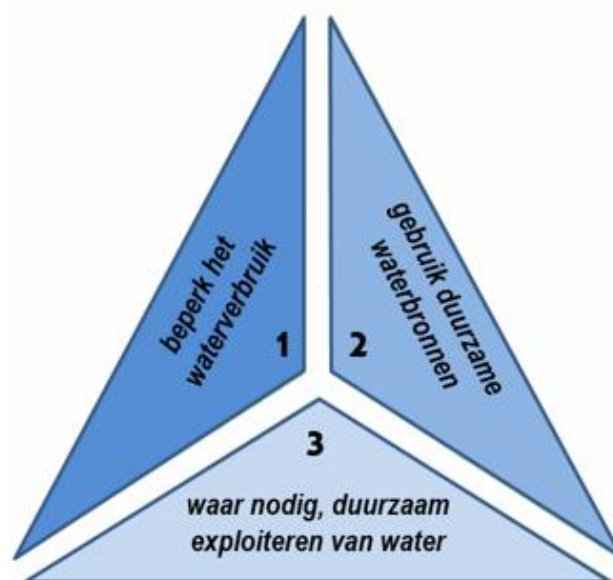
vincent.wolfs@sumaqua.be

2. WATER

2.1 ALGEMENE PRINCIPES DUURZAAMWATER SYSTEEM

2.1.1 Algemeen concept

Als basis voor de opmaak van de waterstrategie wordt gebruik gemaakt van de zogenaamde Trias Aquatica. Dit is – in analogie met de meer bekende Trias Energetica – een driestappenstrategie om een duurzaam ontwerp te maken van de waterhuishouding van een gebouw of site. De principes van deze Trias Aquatica zijn schematisch weergegeven in Figuur 4.



Figuur 4 - Schematische weergave van de Trias Aquatica

Hierbij worden achtereenvolgens 3 stappen doorlopen:

2.1.1.1 Stap 1: beperkt het waterverbruik door gebruik van waterbesparende technieken

De toepassing van een aantal courante waterbesparende maatregelen lijkt hier voor de hand te liggen:

- Plaatsing van toiletten met spaarknop (3/6 l)
- Plaatsen van spaardouchekoppen
- Plaatsen van waterbesparende kranen
- Gebruik van waterzuinige was- en vaatwasmachines
- Beperken van de lengte van warmwater leidingen

Sommige van deze maatregelen heeft de bouwheer in de hand, andere (zoals gebruik van waterzuinige wasmachines) niet.

Indien men verder wil gaan dan de klassieke maatregelen, valt de grootste besparing te halen op de toiletspoeling; hier kan men het gebruik van andere types toiletten overwegen:

- Zeer waterzuinige toiletten (type 'Gustavsberg'): toilet met voorraadvat en aangepaste rioolaansluiting (2/4 l)
- Broyeur toilet: toiletten uitgerust met elektrische vermaler (3 l) – deze verbruiken wel stroom en zijn vrij lawaaierig
- Scheidingstoilet: toilet met aparte opvang voor urine en feces (0/4 l)

- Vacuümtoilet: toilet dat leeggezogen wordt met onderdruk (1 l) – deze verbruiken wel stroom en maken iets meer lawaai
- Compost toilet: toilet met opslagvat (0 l): dient manueel geledigd te worden

2.1.1.2 Stap 2: maak maximaal gebruik van duurzame waterbronnen; gebruik van regenwater en hergebruik van afvalwater worden hierbij aanzien als duurzaam

Mogelijke pistes zijn hier:

- Volledig bannen van gebruik van grondwater; dit wordt immers als weinig duurzaam aanzien omdat onze grondwatervoorraden onder zware druk staan
- Aanleg van regenwaterreservoirs met nuttig hergebruik. Minimaal dienen hierbij regenwaterputten voorzien te worden overeenkomstig de geldende stedenbouwkundige verordeningen hemelwater. Men kan echter verder gaan door het beschikbare putvolume optimaal af te stemmen op het verwachte verbruik en hierbij zoveel mogelijk toepassingen op regenwater aan te sluiten (toiletspoeling, wasmachines, schoonmaak, buitenkranen). Dit kan nog verder geoptimaliseerd worden door op een site collectieve regenwaterreservoirs te voorzien, waardoor vraag en aanbod in de verschillende gebouwen beter op elkaar afgestemd kan worden.
- Indien er een tekort aan hemelwater is, kan hergebruik van afvalwater een nuttig alternatief vormen. Dit kan zeer lokaal (bv. douches met waterrecuperatie), maar wordt bij voorkeur op grotere schaal toegepast (centrale zuiveringsinstallatie die gezuiverd afvalwater herverdeeld naar de wooneenheden).

2.1.1.3 Stap 3: duurzaam exploiteren van het watersysteem: het waterverbruik en de waterafvoer dienen op een duurzame manier te gebeuren

Aandachtspunten hierbij zijn:

- Gescheiden afvoer van afvalwater en hemelwater (wettelijke verplichting in Vlaanderen)
- Zuivering van het afgevoerde afvalwater in een zuiveringsinstallatie. Indien er ter hoogte van het project een rioleringsstelsel aanwezig is dat aangesloten is op een openbare zuivering en voldoende capaciteit heeft om het bijkomend debiet aan afvalwater te verwerken, is dit vaak de meest duurzame oplossing aangezien collectieve zuivering een aantal voordelen heeft m.b.t. rendabiliteit, controle en bedrijfszekerheid. Alternatief is het afvalwater lokaal te zuiveren tot een duurzaam niveau (het deel dat niet kan ingezet worden voor hergebruik) te lozen in oppervlaktewater of kunstmatige afvoer van regenwater. Gezuiverd afvalwater lozen op een gemengde of afvalwaterriolering is niet duurzaam aangezien dit de afwaartse zuiveringsinstallatie negatief beïnvloedt.
- Maximale aanleg van waterdoorlatende verharding
- Aanleg van groendaken: dit conflicteert omwille van kwaliteitsredenen (kleur) vaak met hergebruik van het regenwater. Daarom is het eerder aangewezen groendaken enkel toe te passen op die dakdelen die niet gebruikt worden voor regenwaterhergebruik.
- Maximale infiltratie van overtollig regenwater. Hierbij dient minimaal voldaan te worden aan de geldende stedenbouwkundige verordeningen hemelwater en de lokale richtlijnen van de rioolbeheerder of waterloopbeheerder. Men kan echter verder gaan door meer buffervolume te voorzien en het ontwerp zo te maken dat slechts éénmaal om de bv. 50 of 100 jaar regenwater uit de site wegstroomt. Indien de ondergrond weinig infiltratie toelaat kan hetzelfde principe gevolgd worden voor buffering met vertraagde lediging.

2.1.2 Vertaling algemene principes naar waterconcept Ragheno

2.1.2.1 Waterverbruik Ragheno

In overleg met de opdrachtgever werd beslist om in te zetten op een sterke reductie van het waterverbruik op de site, volgens de momenteel gangbare technieken. Er wordt geen strikte verplichting opgelegd aan de projectontwikkeling rond het toepassen van waterzuinigheid. Wel worden maatregelen in de mate van het mogelijke gestimuleerd. De garantie dat deze in alle woningen toegepast zullen worden is echter niet sluitend. Dit gaat over:

- Plaatsing van zeer waterzuinige toiletten (type Gustavsberg – 2-4 l)
- Plaatsen van spaardouchekoppen
- Plaatsen van waterbesparende kranen
- Plaatsen van drukverlagers / debietbeperkers
- Plaatsen van lekbegrenzers
- Beperken van de lengte van warmwater leidingen
- Gebruik van waterzuinige was- en vaatwasmachines

Het stad Mechelen wenst wel maximaal het hemelwater op te vangen en te hergebruiken in alle wooneenheden. Indien uit de berekening van de waterbalans blijkt dat er onvoldoende duurzame waterbronnen beschikbaar zijn

(zie verder) om laagwaardige toepassingen (bv. toiletspoeling) van water te voorzien, kan overwogen worden om grijswater te hergebruiken.

2.1.2.2 Hemelwater

Voor de afvoer van hemelwater wordt maximaal ingezet op de toepassing van de 'waterladder' zoals ook vermeld in Vlare, waarbij in afnemende graad van prioriteit gebruik gemaakt wordt van:

- Opvang voor hergebruik;
- Infiltratie op eigen terrein;
- Buffering met vertraagd lozen in een oppervlaktewater of een kunstmatige afvoerweg voor hemelwater;
- Lozing in de regenwaterafvoerleiding (RWA) in de straat;
- Lozing in de openbare riolering in de straat;

Concreet betekent dit dat het regenwater afkomstig van daken maximaal (in functie van het mogelijke verbruik) zal opgevangen worden in regenwaterreservoirs voor nuttig hergebruik op de site. Toepassingen die hiervoor in aanmerking komen zijn toiletspoeling, wasmachines, schoonmaak en gebruik in buitenruimtes (bevoeien groenzones, wassen van auto's en fietsen,...).

Om het systeem van regenwaterhergebruik zowel economisch (bundelen van infrastructuur) als ecologisch (optimaliseren van vraag en aanbod aan regenwater) te optimaliseren wordt hierbij gestreefd naar de aanleg van collectieve regenwaterreservoirs per woonblok.

Het masterplan voor Ragheno schrijft ook voor dat minimaal 75% van de daken ingericht worden als groendaken.

Noodzakelijke verhardingen zullen waar mogelijk aangelegd worden in waterdoorlatende materialen en niet voorzien worden van een waterafvoer. Hierdoor kan afstromend water van deze oppervlakken ter plaatse of in de omliggende onverharde zones infiltreren.

Regenwater afkomstig van grondverharding die niet-waterdoorlatende materialen dient aangelegd te worden (bv. omwille van de brandweereisen of verhoogd risico op vervuiling door lekkende voertuigen) zal – samen met de overloop van de regenwaterreservoirs voor hergebruik - maximaal op de site geïnfilteerd worden. Naast de wegenis zal er ruimte voorzien voor infiltratie in lineaire WADI's.

De infiltratievoorzieningen worden gedimensioneerd i.f.v. de aangesloten verharding, de infiltratiecapaciteit van de ondergrond en de grondwaterstand (zie verder).

Afstromend regenwater dat niet ter plaatse kan infiltreren (omwille van een kleine infiltratiecapaciteit of hoge grondwaterstand) zal vertraagd afgevoerd worden naar de Hanswijkbeek. Hierbij zal ernaar gestreefd worden dat tot een bui met terugkeerperiode van 20 jaar (T20) de regenwaterafvoer uit de site lager is dan 10 l/s conform de richtlijnen van de waterloopbeheerder (zie verder).

2.1.2.3 Strategie afvalwater

Afvalwater afkomstig van de site zal uiteraard – overeenkomstig de vigerende wetgeving – volledig gescheiden ingezameld worden. Afhankelijk van het mogelijk gebruik van laagwaardig water voor bepaalde toepassingen en het al dan niet voldoende beschikbaar zijn van regenwater (zie verder) zal nog bekeken worden of bepaalde afvalwaterstromen lokaal gezuiverd zullen worden voor hergebruik van het water. Het stad Mechelen heeft nu reeds een verplichting om het zwart water (afkomstig van WC's en keuken) apart aan te sluiten op een septische put. Het grijswater afkomstig van douches en lavabo's mag pas na de septische put aangesloten worden. Hierdoor is er een opportuniteit om nu of in de toekomst grijswaterrecuperatie te realiseren.

Afvalwater dat niet gezuiverd wordt voor hergebruik zal afgevoerd worden naar het openbare rioleringsstelsel. Gezien de centrale ligging van de Raghenuwijk geniet de aansluiting van het vuilwater op de bestaande riolering en zuivering de voorkeur. Lokale zuivering van zwart water wordt niet weerhouden.

2.2 ANALYSE BESCHIKBARE GEGEVENS

2.2.1 Watergebruik op de site

2.2.1.1 Inschatting specifiek verbruik per IE

VMM heeft in 2016 een studie uitgevoerd naar het effectieve waterverbruik per toepassing door huishoudens¹. Dit betreft een gemiddeld gebruik in Vlaanderen voor zowel bestaande gebouwen als nieuwbouw. Voor de nieuwe ontwikkelingen in Ragheno wordt verondersteld dat minimaal waterbesparende technieken volgens de gangbare standaarden (bv. waterzuinige toiletten, spaardouches, waterzuinige was- en vaatwasmachines,...) toegepast worden waardoor het referentiegebruik zal dalen. Een analyse van de potentiële verlaging van het waterverbruik werd ingeschat. Gemiddeld gezien daalt het waterverbruik van 113,6 l/ie dag tot 88,5 l/ie dag of een reductie van 23%. 60 % van deze watervraag (52,9 l/dag) wordt toegepast voor gebruik waarvoor drinkwaterkwaliteit vereist is. Voor 40% van de watervraag (35,6 l/dag) kan eventueel een secundaire waterbron zoals hemelwater of grijswater toegepast worden.

Tabel 1 - Overzicht van de watervraag per inwoner en per dag voor de Ragheno ontwikkeling met onderscheid tussen totale watervraag, de watervraag waarvoor een secundaire bron toegepast kan worden en de watervraag naar hoogwaardig drinkwater.

Toepassing	Referentie meting Vlaanderen (liter/ie dag)	Totale watervraag Ragheno (liter/ie dag)	Potentieel voor secundaire waterbronnen	Drinkwaterkwaliteit vereist
Toilet	21,3	19	19	
Bad	5,1	5,1		5,1
Douche	23,8	16,66		16,66
Wastafel	9,4	6,58		6,58
Wasmachine	15,5	10,85	10,85	0
Handwas textiel	1,1	1,1		1,1
Vaatwasser	2,3	1,61		1,61
Vaatwas hand	6	6		6
Drank en voedsel	11,1	11,1		11,1
Poetsen	5,8	5,8	5,8	0
Planten en tuin	7,4	0	0	0
Andere	4,7	4,7		4,7
Lekken	0,1	0		0
TOTAAL	113,6	88,5	35,65	52,85

2.2.1.2 Verbruik per bouwfase

In dit hoofdstuk wordt op basis van de voorliggende ontwerpplannen en tabellen van geplande woonunits een inschatting gemaakt van het verwachte waterverbruik per bouwfase. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen de verschillende toepassingen (toiletspoeling, wasmachines, sanitair,...) aangezien deze een verschillende waterkwaliteit vereisen. De analyse is uitgevoerd op basis van de ter beschikking gestelde documenten (versie 21 januari 2021). De getallen kunnen beperkt afwijken van de definitieve getallen in het masterplan zoals gepubliceerd in september 2021.

Het aantal inwoner equivalenten (IE) per woonblok en per type gebouw (grondgebonden, geschakeld, gestapeld,...) werd in detail bepaald in samenspraak met het stad Mechelen. Dit leverde een gemiddelde waarde van 2,37

¹ Watergebruik door huishoudens – het watergebruik in 2016 bij de Vlaming thuis, VMM, 2016.

IE/woonunit. Het totaal aantal inwoner equivalenten op de site wordt ingeschat op ca. 2.509 wooneenheden en 6.278 IE. Gerekend aan een verbruik van 88,5 l/ie dag (zie hoger) betekent dit een waterverbruik voor residentiële toepassingen van 556 m³/dag.

Tabel 2 - Inschatting inwoner equivalenten per bouwfase voor residentieel gebruik

	Bebouwde oppervlak (m ²)	Aantal wooneenheden	Aantal bewoners
Bestaande gebouwen	23.376	70	332
Bouwfase 1	18.350	230	545
Bouwfase 2	14.655	91	216
Bouwfase 3	2.415	54	128
Bouwfase 4	120.274	2.134	5.057
TOTAAL	155.694	2.509	6.278

De meeste gebouwen hebben een gemengd gebruik waarbij ook een deel het gebouw gebruikt wordt als kantoorruimte of winkelruimte. Voor het bepalen van het aantal werknemers wordt aangenomen dat er 6,7 werknemers zijn per 100 m² kantoorruimte. In totaal is er 187.440 m² kantooroppervlak voorzien wat overeenkomt met 12692 werknemers. Een opsplitsing per bouwfase wordt weergegeven in Tabel 3. gerekend aan een specifiek gebruik van 30 l/dag werknemer betekent dit een verbruik van 236 m³/dag.

Tabel 3 – Inschatting aantal werknemers per bouwfase in de kantoorruimtes.

	m ² kantoor	Werknemers
Bestaande gebouwen	66.300	4.442
Bouwfase 1	48.435	3.245
Bouwfase 2	13.145	881
Bouwfase 3	7.285	488
Bouwfase 4	54.275	3.636
TOTAAL	189.440	12.692

Op de Ragheno-site is ook een school voorzien voor 500 leerlingen. Het waterverbruik wordt conform de code van goede praktijk ingeschat op 1 IE per 10 leerlingen. Voor de sporthal werd het waterverbruik op basis van de verbruiksgegevens van de bestaande sporthal ingeschat op 1700 m³/jaar.

Dit leidt tot een geschat waterverbruik per bouwfase zoals vermeld in onderstaande Tabel 4 en Tabel 5 voor respectievelijk het totaal waterverbruik en het potentieel aan secundaire waterverbruikers.

Tabel 4 : Inschatting van het totaal waterverbruik per bouwfase

Verbruik totaal					
	Huishoudelijk	Kantoor	Sporthal	School	TOTAAL
	m ³ /jaar	m ³ /jaar	m ³ /jaar	m ³ /jaar	m ³ /jaar
Bestaand	10.724	30.140			40.864
Bouwfase 1	17.608	22.018			39.626
Bouwfase 2	6.967	5.976	1.700		14.642
Bouwfase 3	4.134	3.312			7.446
Bouwfase 4	163.352	24.673		774	188.800
TOTAAL	202.785	86.118	1.700	774	

Tabel 5 : Mogelijk vraag naar secundair water per bouwfase

Vraag naar secundair water					
	Huishoudelijk	Kantoor	Sporthal	School	TOTAAL
	40%	50%	25%	50%	m ³ /jaar
Bestaand					
Bouwfase 1	7.093	11.009			18.102
Bouwfase 2	2.806	2.988	425		6.219
Bouwfase 3	1.665	1.656			3.321
Bouwfase 4	65.802	12.337		387	78.526
TOTAAL	77.367	27.989	425	387	

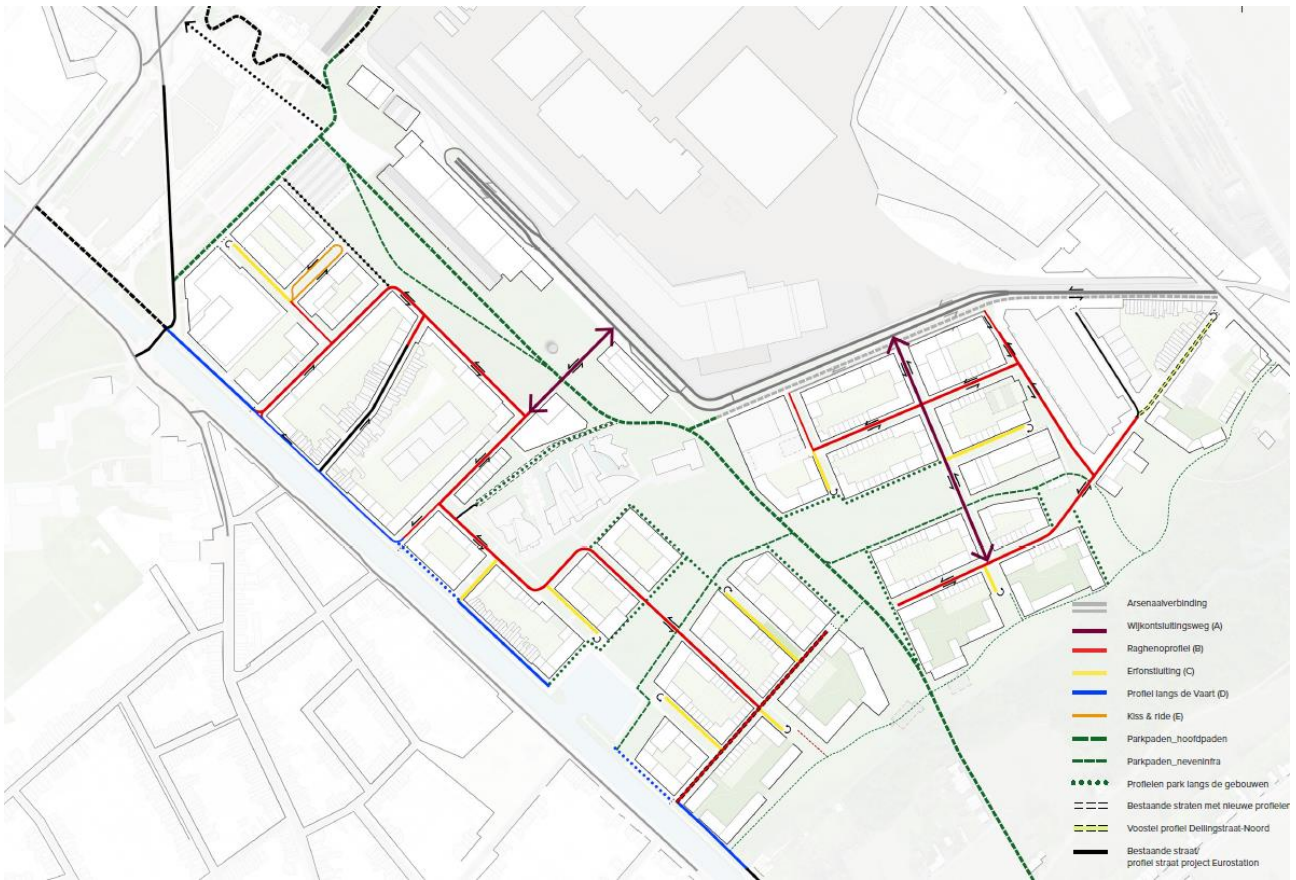
De gebouwen zullen allemaal voorzien worden van een gescheiden verdeelnet voor regenwater. Hierbij wordt verondersteld dat volgende toepassingen op dit secundair waternetwerk aangesloten zullen worden: toiletten, wasmachines, buitenkranen.

Uit deze analyse volgt dus dat het toekomstig waterverbruik op de site (bij volledige ontwikkeling) ingeschat wordt op ca. 188.800 m³/jaar, waarbij het potentieel regenwaterverbruik ingeschat wordt op ca. 78.500 m³/jaar.

Een overzicht van de verbruiken per bouwblok wordt in bijlage 1 toegevoegd.

2.2.2 Inrichting van wegenis

Blauwdruk stedenbouw voorziet in een autoluwe inrichting van de ontwikkeling op Ragheno. De hoofdontsluiting gebeurt via de Arsenaalverbinding langs de rand van het gebied. De verschillende bouwblokken zijn bereikbaar via wijkontsluitingswegen (zie Figuur 5). Afhankelijk van de verwachte verkeersintensiteit worden de wegen ingedeeld in 5-tal types. Voor elk van deze types werd een typeprofiel opgemaakt. Naast de wegen is een lager gelegen groenzone voorzien die gebruikt kan worden voor waterberging zoals bijvoorbeeld weergegeven in Figuur 6. In de huidige versie van het masterplan is er nog geen detaillering gebeurd van materiaalgebruik of profilering van de groenzones..



Figuur 5 - Voorstel wegenis op Ragheno-site



Figuur 6 - Voorbeeld inrichting wijkontsluitingsweg volgens Raghenoprofiel type B.

2.2.3 Aanwezige bodemvervuiling

Op de Raghenosite vond historisch een belangrijke industriële activiteit plaats. Deze activiteiten hebben geleid tot een bodem- en grondwatervervuiling op deze site. Verschillende bodemonderzoeken zijn reeds uitgevoerd op deze site en een samenvattend rapport² werd in 2016 opgemaakt door Arcadis. De vervuilde stoffen zijn divers (zware metalen, PAK's, VoCl's, BTEX, cyanides, minerale olie). Daarnaast is er het vermoeden van de aanwezigheid van asbest. De verontreiniging is het meest uitgesproken ter hoogte van de voormalige gasfabriek en de PRB Metallurgia fabriek. Een volledig beschrijvend bodemonderzoek in het kader van het Brownfield convenant is nog lopende en er is nog geen definitieve uitspraak over de mogelijke sanering of beheersende maatregelen op de site. Verschillende vervuilingkernen werden in het verleden reeds ontgraven. Een actieve grondwatersanering is momenteel niet voorzien. Uit het hele gamma aan mogelijke infiltratie die in deze studie zou voorgesteld kunnen worden, worden uit voorzorg en in samenspraak met de opdrachtgever (Stad Mechelen) een aantal beperkingen opgenomen om te vermijden dat de aanwezige vervuiling zich verder verspreidt door infiltratie van hemelwater. In eerste instantie zal getracht worden om het volume hemelwater dat geïnfilteerd moet worden te beperken door het toepassen van groendaken op de verschillende bouwblokken (streefwaarde 75% van de dakoppervlakken) en het maximaal inzetten op hemelwaterhergebruik. Het hemelwater afkomstig van de wegen is kan - tenzij OVAM in een latere fase beperkingen oplegt naar infiltratie – wel geïnfilteerd worden, maar hierbij wordt gekozen om de infiltratie zo gespreid mogelijk over te terrein te voorzien via oppervlakkige infiltratiezones (WADI's) langs de erfonthuizing (type C) en het Raghenoprofile (type B). Dit zal ook in belangrijke mate bijdragen tot het beperken van droogterisico's voor de groenzones. Om de verspreiding van vervuiling via het grondwater te vermijden wordt de bouw van ondergrondse centrale infiltratiezones niet weerhouden bij de verdere uitwerking van de hemelwatervisie.

2.2.4 Opgelegde randvoorwaarden afvoer hemelwater naar Hanswijkbeek

Er werd contact opgenomen met de dienst integraal waterbeleid van de Provincie Antwerpen om de randvoorwaarden te kennen om hemelwater af te leiden naar de Hanswijkbeek en deze werden vastgelegd per mail (mail 14 juli 2021 in bijlage 2). Conform de code van goede praktijk rond hemelwater, dient in eerste instantie maximaal ingezet worden op het beperken van de afstroming door hemelwaterhergebruik en infiltratie. Buffering met vertraagde afvoer is enkel aangewezen indien de hoger beschreven maatregelen niet volstaan. Om wateroverlast stroomafwaarts te vermijden wordt aanbevolen te streven naar een maximaal lozingsdebiet van 10 l/s/h voor een regenbui T20 huidig klimaat. Een buffering van 330 m³/ha verharde oppervlak wordt voorgeschreven, maar hiervan kan afgeweken worden mits modelmatige onderbouw (Sirio).

2.2.5 Opgelegde randvoorwaarden DWA en RWA Afvoer

Het ontwerp van de hoofdpassen voor DWA en RWA wordt uitgevoerd volgens de code van goede praktijk. Aanvullend werden volgende afspraken gemaakt met PIDPA:

- Aansluiting van de DWA wordt voorzien ter hoogte van de Motstraat. Er is een lopende studie waarbij Aquafin bekijkt of de collector vervangen of gerenoveerd kan worden ter hoogte van de terreinen van de Centrale Werkplaatsen omdat deze in zeer slechte staat is. In functie van dit onderzoek is het mogelijk dat een deel van het opwaartse tracé van de collector (in eigendom en beheer van Aquafin) mee geëvalueerd wordt. Voor het DWA-ontwerp wordt uitgegaan van de bestaande toestand van de collector en wordt geen rekening gehouden met bovenstaande opmerking gezien deze studie nog in een opstartfase is.
- Voor de dimensionering van de RWA-as wordt rekening gehouden met de voorziene bronmaatregelen op gebouwniveau (groendaken en hemelwaterhergebruik). Bronmaatregelen op privaat domein kunnen echter falen of kunnen reeds 100% gevuld/verzadigd zijn bij het begin van een extreme bui. Om met deze beperking rekening te houden, wordt extra veiligheid in het ontwerp ingebouwd door 50% van de dakoppervlakken ingerekend in het ontwerp van de waterinfrastructuur op publiek domein.
- Mogelijk worden ondergrondse parkings voorzien in de binnengebieden van elk bouwblok. Infiltratie is bijgevolg niet mogelijk in deze zones. Per bouwblok wordt er een aanname gedaan naar het % verharding per bouwblok (zie ook Figuur 19 in hoofdstuk 2.5).
- Er wordt een waterlijnberekening gevraagd in ICM waarbij er geen wateroverlast optreedt bij een T20 huidig klimaat. Hierbij wordt geen rekening gehouden met bronmaatregelen op privaat domein en wordt dus 100% van de dakoppervlakken ingerekend.
- PIDPA vraagt ook dat de dimensionering van de bronmaatregelen per gebouwniveau beantwoordt aan een maximaal overstortdebiet van 20 l/s/ha bij een T20 huidig klimaat.

2.2.6 Infiltratie

Hydroscan heeft de Bodemkundige Dienst van België de opdracht gegeven om infiltratiemetingen uit te voeren op 5 locaties verspreid over het projectgebied om de dimensionering van de buffervoorzieningen mogelijk te maken.

² Arcadis, 20161110_Ragheno_bodem_fase1_vFinal

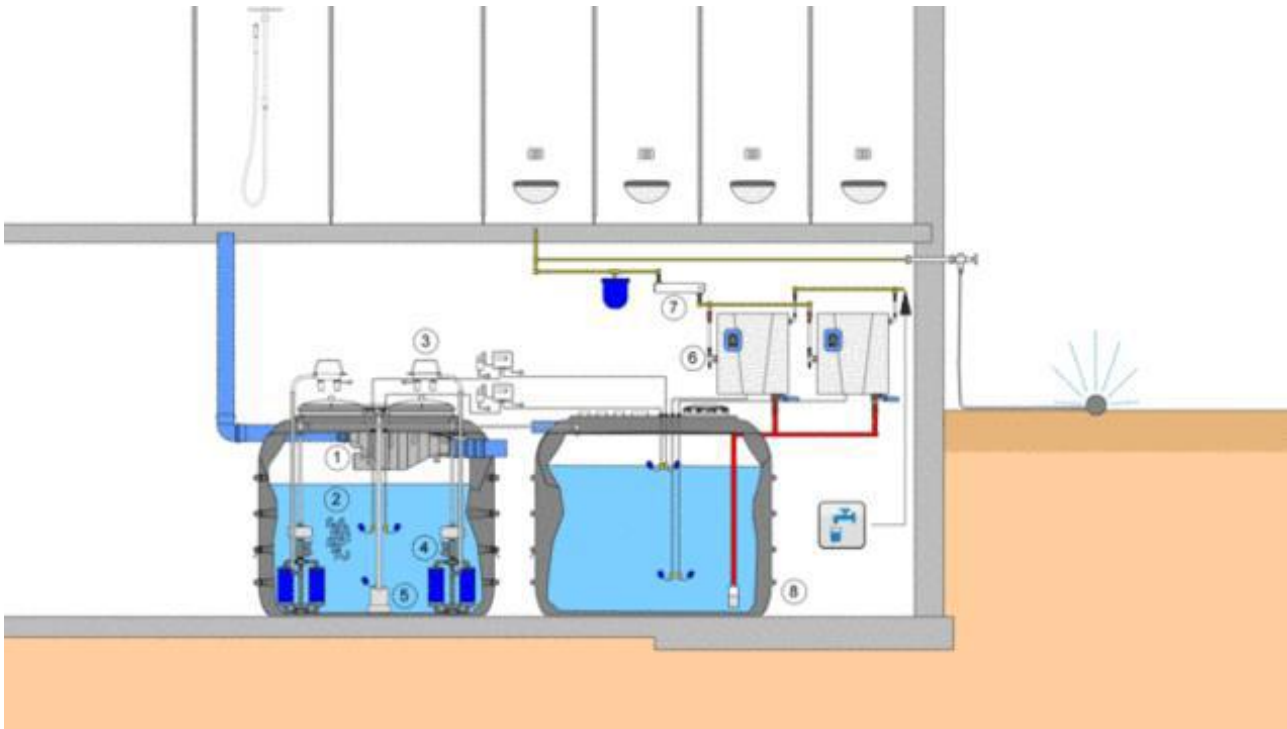
De uitvoering van de infiltratiemetingen werd echter bemoeilijkt door de aanwezigheid van verharde oppervlak in de ondergrond, de aanwezigheid van puin en vermoedens van bodemverontreiniging. Een rapport van de uitgevoerde testen is toegevoegd in bijlage 3. De bodemopbouw is sterk verstoort door historische activiteiten op het terrein en de beperkte bekomen metingen geven geen uitsluitsel over de infiltratiecapaciteit van de bodem. In samenspraak met Stad Mechelen en Sumaqua werd voorgesteld om voor de dimensionering een conservatieve infiltratiewaarde van 10 mm/h aan te nemen. Gezien de aanwezigheid van puin wordt aangeraden om bij de latere aanleg van de groen- en infiltratiezones de bovenste laag te ontgraven en zuivere grond aan te voeren. Hierbij kan opgelegd worden dat de bekomen infiltratiewaardes minimaal voldoen aan de aangenomen waarde van 10 mm/h.

2.2.7 Grijswaterhergebruik

Door de keuze voor groendaken en de hoge woonintensiteit in dit project is de watervraag naar secundair water hoger dan de realiseerbare opvang van hemelwater. Het hergebruik van grijswater na zuivering ter aanvulling van het hemelwater werd besproken met PIDPA en stad Mechelen. PIDPA heeft ervaring in een aantal projecten met het toepassen van rietvelden. Gezien de bouwdichtheid is dit geen optie voor de Ragheno-wijk. Alternatieven zoals Total Value Wall (groene gevel met waterzuivering, Figuur 7) of membraanbioreactor (Figuur 8) werden voorgesteld, maar momenteel is er onvoldoende vertrouwen in de technische en economische haalbaarheid van deze technieken om dit concept verplicht op te nemen voor de Ragheno-ontwikkeling. Bijkomende demonstratie/validatie studies in Vlaanderen zijn aangewezen. Indicatief werd een offerte opgevraagd voor een standaard grijswaterzuivering bij Mijwaterfabriek (offerte in bijlage 4). Stad Mechelen wenst in het kader van duurzame ontwikkeling van de wijk, de opties voor grijswaterhergebruik in de toekomst verder te onderzoeken. Een mogelijkheid is om samen met een ontwikkelaar een proefproject op te zetten of om in het kader van de bouw van de nieuwe sporthal grijswaterhergebruik te demonstreren.



Figuur 7 - Voorbeeld van zuiverende groene gevel (bron totalvaluewell.be)



Figuur 8 - Schematische samenstelling grijs watersysteem BUSINESS Eco (bron Mijwaterfabriek.nl)

2.2.8 Samenvatting

Samenvattend kan dus gesteld worden dat binnen het project Ragheno volgende waterstrategie gehanteerd zal worden:

- Toepassing van waterbesparende technieken volgens de gangbare standaarden.
- Maximalisatie van nuttig gebruik van hemelwater afkomstig van dakoppervlakken.
- Vertraagde afvoer van hemelwater per bouwblok aan 20l/s/ha.
- Aanleg van groendaken op minimaal 75% van de daken.
- Infiltratie van hemelwater van wegenis in oppervlakkige lineaire WADI's.
- Vertraagde afvoer van overtollig hemelwater naar de Hanswijkbeek met een maximaal debiet van 10 l /s ha verharde oppervlak.
- Gescheiden afvoer van afvalwater en aansluiting op de openbare afvalwatercolectoren omheen de site.
- Grijswaterhergebruik wordt momenteel nog niet weerhouden, maar zal in de toekomst verder onderzocht worden.

Aanvullend wenst het stad Mechelen rekening te houden met de verwachte impact van klimaatverandering. Bij de terreininrichting kan rekening gehouden worden met de bovengrondse berging van hemelwater op de wegenis en in de parkzone om de impact van de klimaatverandering te mitigeren. Dit kan gerealiseerd worden door de parkzone verlaagd aan te leggen of het dorpelpeil van de omliggende gebouwen te verhogen. Daar het project gefaseerd uitgevoerd wordt, is het aangeraden om regelmatig de berekening aan te passen aan nieuwe informatie rond klimaatsimpact.

2.3 CONCEPTUEEL ONTWERP WATERSYSTEEM

Zoals hogerop vermeld is de hemelwaterstrategie erop gericht het nuttig hergebruik van het hemelwater te optimaliseren en de afvoer van overtollig hemelwater buiten de site te minimaliseren door verregaande toepassing van groendaken, het hergebruik van hemelwater en infiltratie op de site zelf. Rekening houdend met de in hoofdstuk 2.2 beschreven informatie werden vier scenario's voorgesteld. Elk van deze scenario's werd vervolgens met behulp van Sirio doorgerekend om de benodigde buffer- en infiltratievolumes te berekenen om te voldoen aan de gestelde voorwaarden. Aansluitend wordt ook een economische analyse uitgevoerd.

2.3.1 Scenario's

2.3.1.1 Beschrijving scenario's

Een eerste scenario streeft naar maximaal hergebruik van hemelwater. Bij toepassing van groendaken, zal een deel van het hemelwater verdampen. Zeker in warme droge periodes kan dit leiden tot een belangrijke reductie van de afloop van hemelwater en dus een vermindering van het beschikbare hemelwater voor hergebruik. In dit eerste scenario wordt afgeweken van de vraag om minimaal 75% van de daken als groendak in te richten.

Een tweede concept combineert hemelwaterhergebruik met de aanleg van groendaken op 75% van de dakoppervlakken. Er wordt onderscheid gemaakt tussen twee sub-scenario's: in scenario 2a wordt al het hemelwater, dus zowel van de groendaken als van de andere daken, opgevangen in het regenwatersysteem. Door de plantengroei en de uitloging van organische componenten is het water dat overstort vanuit een groendak geel/bruin verkleurd. Een bijkomende behandeling met actief kool is aangewezen om het regenwater te hergebruiken. Scenario 2b houdt hiermee rekening door het hemelwater dat afloopt van de groendaken onmiddellijk aan te sluiten op de buffer met vertraagde afvoer.

Een derde concept is een variant van scenario 2a, maar hierbij wordt het tekort aan hemelwater als bron voor het secundaire watercircuit. Dit kan niet expliciet doorgerekend worden in Sirio (waterbalans: vraag - aanbod), maar zal wel economisch doorgerekend worden op basis van de resultaten van scenario 2a.

De belangrijkste inputgegevens voor de verschillende bouwfases in de Ragheno-ontwikkelingen worden weergegeven in Tabel 7. De runoff van de daken die niet uitgerust zijn met groendaken werd ingeschat op 90%. De voorziene groendaken zijn semi-intensief met volgende opbouw :

- Substraat 8 cm
- Buffer 20 l/m²

De inrichting van het openbare domein is nog niet definitief bepaald. De exacte buffer en infiltratie oppervlak van de voorziene lineaire WADI's naast de wegenis is nog niet gekend. Volgens de voorgestelde typeprofielen zullen er WADI's voorzien worden voor de Ragheno-profielen en de erfontsluiting. Een inschatting van het bergingsvolume en infiltratieoppervlak werd als volgt ingeschat :

- Helling van de WADI's 1 op 2
- Maximale diepte van de WADI's 30 cm
- Breedte van WADI Ragheno-profiel 3,5 meter
- Breedte van WADI erfontsluiting 6 meter

Dit resulteert voor het Ragheno-profiel in een buffervolume van 0,87 m³/lm en een infiltratieoppervlak van 3,64 meter/lm. Voor de erfontsluiting is dit respectievelijk 1,62 m³/lm en 6.14 m²/lm. Het totale volume en oppervlak van de Wadi's op het openbare domein worden weergegeven Tabel 6.

Tabel 6 : Samenvatting dimensionering van de WADI's

Type profiel	Lengte (m)	Volume WADI (m ³)	Infiltratie oppervlak WADI (m ²)
Ragheno-profiel	2383	2073	8678
Erfontsluiting	647	1048	3972
TOTAAL	3030	3120	12650

Naast de wegenis voor autoverkeer, voorziet het Ragheno-ontwerp in een netwerk van fiets/wandelpaden in groene zones. Daar er voldoende groenstroken aanwezig zijn langs deze paden, wordt deze verharding niet opgenomen in het Sirio-ontwerp.

Een deel van de verharding kan niet onmiddellijk aangesloten worden op een WADI op het openbare terrein omdat er onvoldoende ruimte beschikbaar is in de onmiddellijke omgeving van de verharding. Specifiek gaat het om volgende type verhardingen:

- Arsenaalverbinding
- Wijkontsluitingswegen
- Wegenis langs de Vaart

De verharde oppervlakte voor deze zones wordt rechtstreeks aangesloten op het RWA-ontwerp waarbij voorzien wordt in vertraagde afvoer naar de Hanswijkbeek (zie verder). Alle gebouwen en binnengebieden zitten op de hergebruiken en infiltraties (en buffering) van de private gebouwen. De overlopen hiervan worden aangesloten op de RWA.

Tabel 7 - overzicht van de belangrijkste inputgegevens in Sirio voor de verschillende bouwfases.

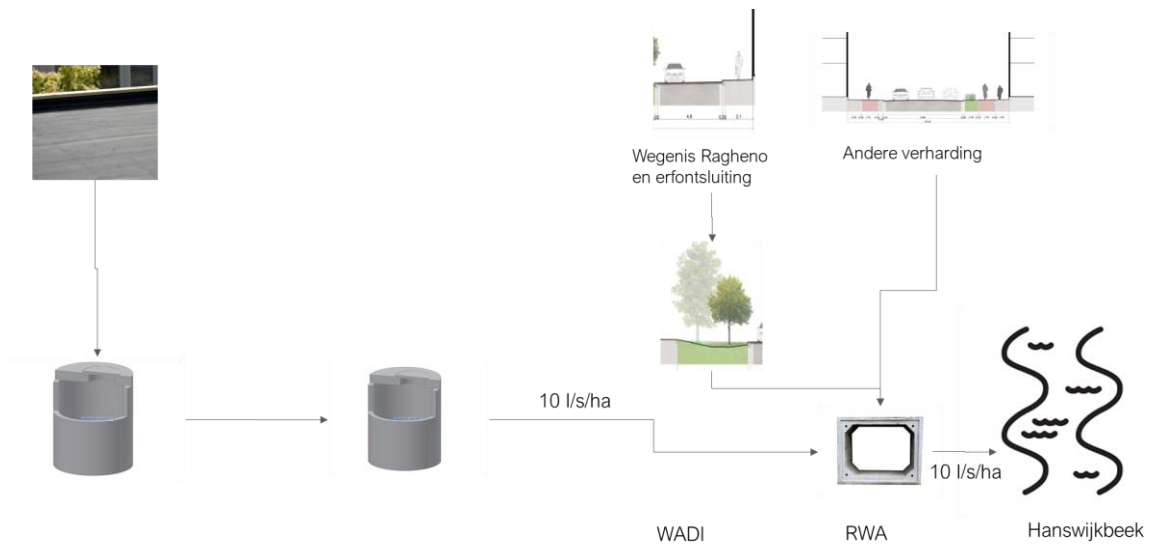
		Bouwfase 1	Bouwfase 2	Bouwfase 3	Bouwfase 4
Input Sirio					
Totaal dakoppervlak	m ²	19285	38325	40226	131075
Vraag naar alternatief water	m ³ /dag	49,6	66,6	75,7	290,9
Specifiek verbruik³	l/dag/100m ²	257	174	188	222
Vertraagde afvoer gebouw	l/s ha	10	10	10	10
Verharding openbaar terrein aangesloten op WADI's					
Voetpaden	m ²	1523	1679	1917	4276
fietspaden	m ²	1594	1797	2107	3190
wegenis	m ²	2168	2666	3429	7743
Infiltratievolume WADI's	m ³	635	669	669	3121
Infiltratieoppervlak openbaar terrein	m ²	2543	2699	2699	12644
Infiltratiesnelheid	mm/h	10	10	10	10
Verharding openbaar terrein aangesloten op RWA stelsel (niet opgedeeld per bouwfase)	m ²				48000

³ Specifiek verbruik is het verbruik aan regenwater per 100 m² dakoppervlakte. Een hoog specifiek verbruik geeft dus aan dat er in het gebouw veel vraag is naar regenwater ten opzichte van het potentieel opgevangen regenwater.

Tabel 8 - Overzicht van de belangrijkste inputgegevens in Sirio voor de volledige ontwikkeling op Raghenno.

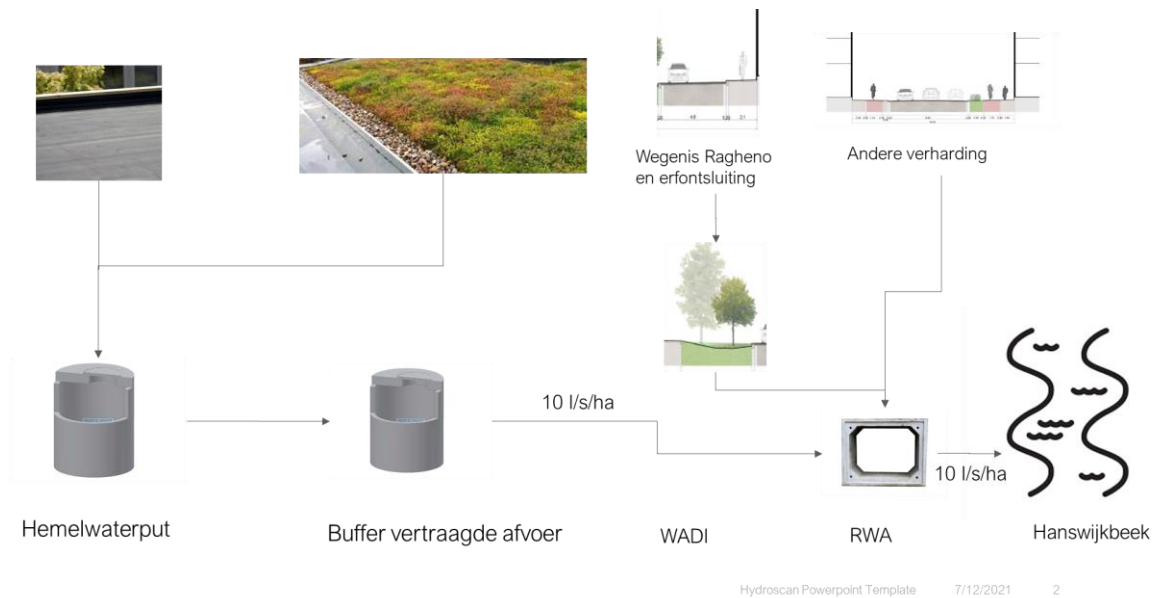
		Scenario 1 :		Scenario 2a		Scenario 2b		Scenario 3	
		Maximalisering hemelwaterhergebruik		Hemelwatergebruik gecombineerd met groendaken		Hemelwatergebruik gecombineerd met groendaken		Grijswaterhergebruik	
		Geen groendaken		Groendaken	75%	Groendaken	75%	Groendaken	75%
				Groendak ook aangesloten op buffer hergebruik		Groendak rechtstreeks naar infiltratie		Bijkomend grijs water beschikbaar	
		Bouwfase 4		Bouwfase 4		Bouwfase 4		Bouwfase 4	
Input Sirio									
Totaal dakoppervlak	m ²	131075		131075		131075		131075	
% groendak	%	0%		75%		75%		75%	
Oppervlak groendak	m ²	0		98306		98306		98306	
Oppervlak EPDM	m ²	131075		32769		32769		32769	
Dimensionering buffer hergebruik	m ³ /100 m ²	3,8		3,0		1,1		3,0	
	m ³	5000		3932		1500		3932	
Verbruik alternatiefwater	m ³ /dag	290,9		290,9		290,9		290,9	
Specifiek verbruik	l/dag/100m ²	222		355		888		355	
Dimensionering buffer vertraagde afvoer	m ³ /100 m ²	0,4		0,4		0,4		0,4	
	m ³	524		524		524		524	
Vertraagde afvoer gebouwen	l/s ha	10		10		10		10	
	l/s	131		131		131		131	

2.3.1.2 Scenario 1 : Maximaal hergebruik hemelwater

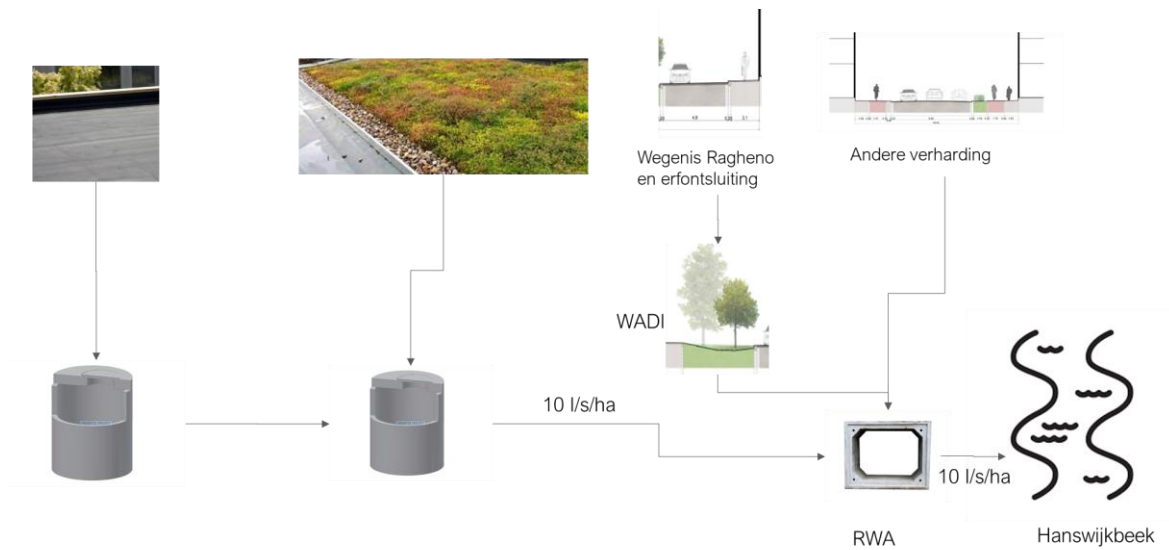


Figuur 9 - Voorstelling scenario 1 : maximaal hergebruik van hemelwater waarbij afgeweken wordt van de eis rond 75% groendaken

2.3.1.3 Scenario 2a en 2b : combinatie hemelwaterhergebruik en groendaken

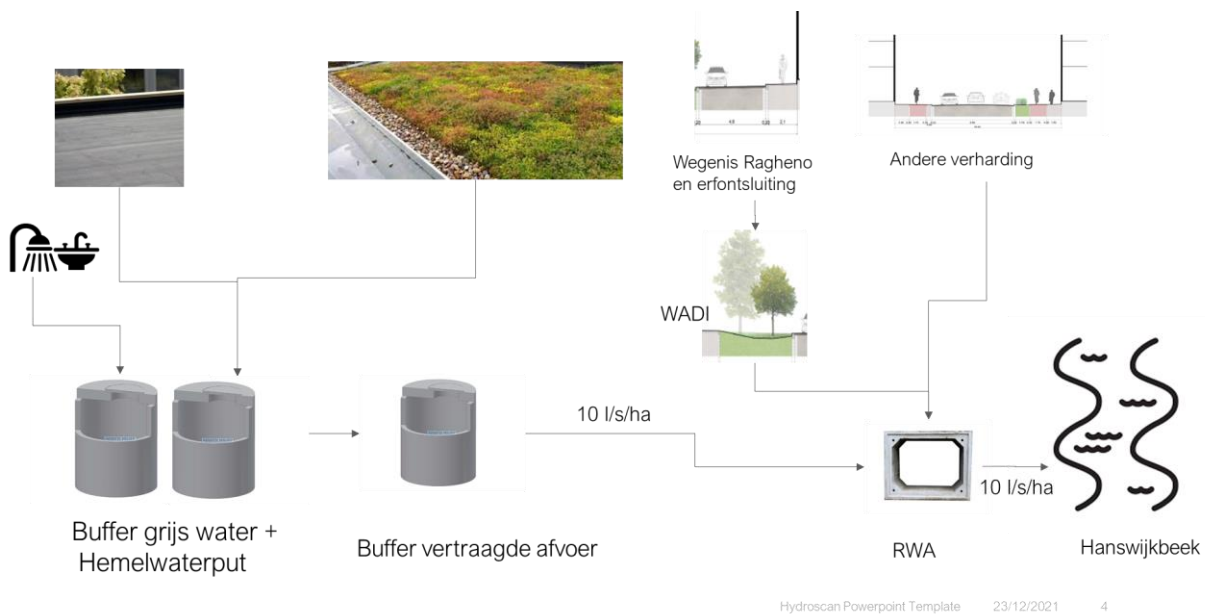


Figuur 10 - Voorstelling scenario 2 a : toepassing van groendaken (75%) en hergebruik van hemelwater van alle dakoppervlakken



Figuur 11 - Voorstelling scenario 2 b : toepassing van groendaken (75%) en enkel hergebruik van hemelwater van dakoppervlakken zonder groendak

2.3.1.4 Scenario 3: combinatie van groendaken, hergebruik hemelwater en grijswaterhergebruik



Figuur 12 – Voorstelling scenario 3 : toepassing van groendaken (75%) en hergebruik van hemelwater van alle dakoppervlakken gecombineerd met grijswaterhergebruik

2.3.2 Bespreking resultaten Sirio

Het hoogste hergebruik van hemelwater wordt bereikt in scenario 1. Door de hoge woondichtheid wordt in dit maximaal scenario slechts een dekkingsgraad van 63% bereikt. Dit betekent dat de watervraag naar secundaire waterkwaliteit (WC spoeling, schoonmaak, tuin,...) slechts voor 63% ingevuld kan worden met hemelwater afkomstig van de daken. Een aanvulling met leidingwater is noodzakelijk, vooral in de drogere zomermaanden. Een optimale grootte van de buffer voor hergebruik wordt ingeschat op 3,8 m³/100 m². Het verder vergroten van de buffer resulteert niet meer in een significante toename van het hergebruik. Om te voldoen aan de eis om ook het hemelwater per bouwblok vertraagd af te voeren met een maximum debiet van 10 l/s/ha is er een bijkomende buffer nodig van 0,4 m³/m². De Wadi's langs de kleinere wegen op de Raghenosite (Raghenoprofiel en erfentsluiting) storten niet over bij een T20 huidig klimaat. Het hemelwater van de grote wegenis (Arsenaalverbinding/vaartprofiel) wordt vertraagd afgevoerd naar de Hanswijkbeek met een maximum debiet van 10 l/s/ha (230 l/s). Bij een T20 huidig klimaat wordt geen overstort gesimuleerd.

Indien hemelwaterhergebruik gecombineerd wordt met het toepassen van groendaken (scenario 2a) daalt het volume opgevangen hemelwater, daar de groendaken zorgen voor extra verdamping. In dit scenario wordt voorzien dat het water van de groendaken na actief kool filtratie hergebruikt kan worden. De dekkingsgraad daalt tot 46%. De dimensionering van de buffervolumes verlaagt tot 3 m³/100 m² en het volume voor vertraagde afvoer blijft gelijk aan scenario 1. De lozing op de Hanswijkbeek is vergelijkbaar met scenario 1.

In scenario 2b wordt het hemelwater van de groendaken onmiddellijk afgeleid naar de buffer met vertraagde afvoer en niet naar de buffer voor hergebruik. De dekkingsgraad daalt dan zeer sterk tot 17%. De buffer voor hergebruik kan verkleind worden tot 1,1 m³/100 m². Ongeveer dubbel zoveel hemelwater wordt vertraagd afgevoerd naar de Hanswijkbeek. Er wordt geen overstort gesimuleerd bij een T20 huidig klimaat.

Scenario 3 is identiek aan scenario 2a, maar hierbij wordt het tekort aan hemelwater voor hergebruik aangevuld met gezuiverd grijswater.

Tabel 9 - Dimensionering van hemelwatersysteem en inschatting lozing op Hanswijkbeek

Beschrijving	eenheid	Scenario 1	Scenario 2a	Scenario 2b	Scenario 3
Benodigde hemelwaterbuffer	m ³	5000	3932	1500	3932
	m ³ /100 m ²	4	3	1	3
Buffer vertraagde afvoer	m ³ /100 m ²	0,4	0,4	0,4	0,4
Groendak		nee	75%	75%	75%
Totaalverharding		229000	229000	229000	229000
Vraag alternatief water	m ³ /jaar	106179	106178,5	106178,5	106178,5
Gebruik hemelwater	m ³ /jaar	67110	49187	18059	49187
Gebruik grijswater	m ³ /jaar	0	0	0	56992
% van vraag		63%	46%	17%	100%
Infiltratie via WADI's	m ³ /jaar	7457	7457	7457	7457
Lozing op Hanswijkbeek					
Vertraagde afvoer hemelwater (<10 l/s/ha)		28708	30029	61165	30029
		16%	16%	33%	16%
Maximale waarden overstort naar Hanswijkbeek					
Huidig klimaat T20	l/s	0	0	0	0
	l/s ha	0,00	0,00	0,00	0,00
	m ³		0	0	0
Klimaat 2050 T20	l/s	4853	1463	3873	1463
	l/s ha	262	79	209	79
	m ³	3220	410	2839	410
Klimaat 2050 T50	l/s	6200	5761	9565	5761
	l/s ha	335	311	517	311
	m ³	4503	3748	3514	3748

2.3.3 Economische analyse

De inschatting van de benodigde investerings- en operationele kosten werd uitgevoerd voor de vier beschreven scenario's. De kostprijs van het RWA/DWA stelsel op openbaar domein is niet opgenomen in deze economische analyse. Ongeacht de keuze van scenario 1, 2a, 2b of 3 wordt de dimensionering en kostprijs van het RWA/DWA stelsel niet beïnvloed omdat er gedimensioneerd op basis van een veiligheidsmarge van 50% van de verharde oppervlak voor het RWA en op basis van 100% aansluiting van DWA (ongeacht de recuperatie van grijswater).

De budget inschatting is gebeurd op basis van volgende aannames:

Investeringskosten:

- | | |
|---|--|
| • Groendak | 50 euro/m ² |
| • Hemelwaterbuffer | 250 euro/m ³ |
| • Buffer voor vertraagde afvoer | 250 euro/m ³ |
| • Standaard regenwaterinstallatie | 200 euro * dagvraag alternatief water (m ³ /dag) |
| • Regenwaterinstallatie met extra zuivering | 300 euro * dagvraag alternatief water (m ³ /dag) |
| • Grijswaterinstallatie | 3750 euro * dagvraag alternatief water (m ³ /dag) |
| • Afschrijving investeringen | 10 jaar |

Operationele kosten:

- | | |
|---|------------------------------------|
| • Standaard regenwaterhergebruik (elektriciteit en filtering) | 0,2 euro/m ³ hergebruik |
| • Regenwaterhergebruik met extra filtering (elektriciteit en filtering) | 0,4 euro/m ³ hergebruik |
| • Grijswaterhergebruik (elektriciteit en filtering) | 1 euro/m ³ hergebruik |
| • Kostprijs drinkwater PIDPA | 3,8 euro/m ³ |

In de economische berekening worden geen kosten ingerekend voor het aanleggen van een secundaire watercircuit of het scheiden van grijswater tot de perceelsgrens. Deze maatregelen worden standaard gevraagd aan de bouwheer en zijn identiek in de verschillende scenario's. Het beheer en onderhoud van de hergebruiksinstallatie gebeurt per gebouwblok en wordt verrekend in de gemeenschap. De eventuele kosten voor individuele watertellers op het hergebruikte water worden buiten beschouwing gelaten.

De getallen worden weergegeven in Tabel 1. De kostprijs voor hergebruik van hemelwater wordt in scenario 1 ingeschat op 2,3 euro/m³. In combinatie met groendaken stijgt de ingeschatte waterprijs tot 2,8 -3.3 euro/m³. De investeringskosten voor een grijswaterbehandeling (scenario 3) bedragen 3.1 euro/m³.

De kostprijs voor hergebruik van water zijn in alle berekende scenario's lager dan de aankoop prijs van drinkwater 3,8 euro/m³.

Tabel 10 - Overzicht van de ingeschatte investeringskosten en operationele kosten voor de vier onderzochte scenario's.

		Scenario 1 :		Scenario 2a		Scenario 2b		Scenario 3	
		Maximalisering hemelwaterhergebruik		Hemelwatergebruik gecombineerd met groendaken		Hemelwatergebruik gecombineerd met groendaken		Grijswaterhergebruik	
				Groendak ook aangesloten op buffer hergebruik		Groendak rechtstreeks naar infiltratie		Bijkomend grijswater	
Groendaken	Euro	0		4915308		4915308		4915308	
Regenwaterbuffer	Euro	1250000		983000		375000		983000	
Infiltratie of vertraagde afvoergebouw	Euro	125000		125000		125000		125000	
Regenwaterbehandeling	Euro	58175		87262		58175		0	
Grijswaterbehandeling	Euro	0		0		0		1090773	
TOTAAL (zonder kost groendak)		1433175		1195262		558175		2198773	
Afschrijving 10 jaar	Euro/jaar	143317		119526		55817		219877	
Operationele kost									
Regenwaterbehandeling	Euro/jaar	13422		19674,8		3612		0	
Grijswaterbehandeling	Euro/jaar	0		0		0		106169	
Vermindering waterkost	Euro/jaar	-255018		-186911		-68628		-403440	
		0		0		0		0	
Jaarlijkse besparing (zonder afschrijving)	Euro/jaar	241596,		167236,		65016,		297272,	
Jaarlijkse besparing (inclusief afschrijving)	Euro/jaar	98279		47710		9199		77395	
		0		0		0		0	
Meerkost investering per wooneenheid	euro	566		472		220		869	
Jaarlijkse baten per wooneenheid		95		66		26		117	
Kostprijs water		2,3		2,8		3,3		3,1	

2.3.4 Besluit analyse hemelwatersysteem

Scenario 2a beantwoordt het beste aan de vooropgestelde eisen om een groen inrichting van de omgeving, maximaal hemelwaterhergebruik en beperking van de infiltratie om verspreiding van grondwater te vermijden. Grijswaterhergebruik werd voorlopig niet weerhouden, maar het stad Mechelen wenst wel een pilootproject op te starten om deze mogelijkheid verder te onderzoeken, zowel naar technische haalbaarheid (waterkwaliteit en onderhoud) als naar economische haalbaarheid. Conform de richtlijnen van het stad Mechelen wordt al het zwart water apart opgevangen in een septische put en wordt het grijswater aangesloten na de septische put. Indien bij het ontwerp van de gebouwen rekening gehouden wordt met de mogelijk toekomstig bouw van een grijswaterhergebruikssysteem, kan vlot overgeschakeld worden van scenario 2a naar scenario 3. Een samenvatting van de belangrijkste ontwerpwaarden zijn weergegeven in Tabel 11. Per gebouw kan hiervan afgeweken worden op basis van een afwijkende watervraag en/of nieuwe informatie. Bij aanpassingen moet steeds voldaan zijn aan de geldende nomeringen en ambities vooropgesteld voor Ragheno.

Tabel 11 - Belangrijkste ontwerpwaarden voor gebouwen in de Ragheno wijk volgens scenario 2a..

% groendak	%	75%	
Dimensionering buffer hergebruik	m ³ /100 m ²	3,0	
Dimensionering buffer vertraagde afvoer	m ³ /100 m ²	0,4	
Infiltratiesnelheid	mm/h	10	

2.4 ANALYSE KLIMAATSBESTENDIGHEID ONTWERP

2.4.1 Context

Het conceptueel ontwerp van het watersysteem werd afgetoetst aan de te verwachten klimaatverandering aan de hand van 3 analyses:

- Impact van klimaatverandering op het potentieel gebruik van regenwater
- Impact van het ontwerp op de grondwateraanvulling in het huidige en toekomstig klimaat.
- Berekening van het Groenblauwpeil waarbij een klimaatrobustheidsscore wordt toegekend voor het ontwerp. Hierbij moet worden opgemerkt dat het Groenblauwpeil op moment van schrijven (dd. december 2021) nog maar enkel beschikbaar is voor toepassing op individueel perceelsniveau. In voorliggende analyse werd het Groenblauwpeil door de ontwikkelaars als experiment toegepast op de ganse Ragheno-site. De resultaten gepresenteerd in dit rapport liggen dus in lijn met de concepten van het Groenblauwpeil, maar kunnen mogelijks afwijken van een tool die eventueel later ter beschikking komt voor het toepassen van het peil op een schaal groter dan perceelsniveau.

De tekst is als volgt opgebouwd:

- Paragraaf 2.4.2 bespreekt de algemene tendensen van klimaatverandering op vlak van waterhuishouding en de tijdreeksen die gebruikt werden in de analyses.
- Paragraaf 2.4.3 toont de resultaten van de impactanalyse van klimaatverandering op het potentieel gebruik van regenwater.
- Paragraaf 2.4.4 bespreekt de impact van het ontwerp op de grondwateraanvulling in het huidige en toekomstig klimaat.
- Paragraaf 2.4.5 geeft de resultaten weer van het toepassen van het Groenblauwpeil op de Ragheno-site.
- Paragraaf 2.4.6 vat tot slot de conclusies en aanbevelingen samen

2.4.2 Bespreking klimaatverandering en gehanteerde tijdreeksen

Klimaatverandering zal wellicht een grote impact hebben op de waterhuishouding in Vlaanderen. Zoals beschreven in het MIRA Klimaatrapport 2015⁴ is er reeds een sterke toename van de temperatuur waarneembaar (circa +2°C in de laatste eeuw), alsook een toename in extreme buien. De jaren 2017, 2018, 2019 en 2020 waren bovendien uitzonderlijk droog (met terugkeerperiodes van voorkomen van 20 tot 50 jaar op basis van historische statistieken). Klimaatmodellen (cf. MIRA Klimaatrapport 2015) geven weer dat winters in de toekomst wellicht natter zullen worden, zomers droger, maar met meer intense regenbuien.

Hoe klimaatverandering precies zal evolueren is onzeker. Daarom wordt klimaatverandering onderzocht aan de hand van verschillende klimaatveranderingsmodellen en -scenario's. In het kader van het MIRA Klimaatrapport 2015 stelde het team van Sumaqua "klimaatscenario's" op. Deze klimaatscenario's zijn gebaseerd op een groot aantal internationaal aanvaarde klimaatmodellen en broeikasgasscenario's zoals gedefinieerd door het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Deze scenario's worden beschouwd als de standaard in Vlaanderen voor het kwantificeren van de impact van klimaatverandering in Vlaanderen, en worden dan ook in deze studie gebruikt.

Deze studie hanteert voor de aspecten wateroverlast en droogte telkens het "hoge impact" klimaatscenario. Dit betekent dat de reële klimaatverandering met grote kans tussen de cijfers zal liggen die in deze studie gerapporteerd worden als het huidige en toekomstig klimaat. Er zijn modellen die nog hogere impacts voorspellen, alsook modellen die lagere impacts voorspellen. Het gebruik van het hoog-impact scenario is evenwel in lijn met het beleid van hogere overheden, en gaat uit van een "voorzorgs"-principe. Voor meer informatie daarover verwijzen we naar het MIRA Klimaatrapport 2015.

Concreet gebruikt deze studie volgende 2 scenario's, die telkens voor verschillende aspecten de "hoge impacts" tonen:

- "Laag"-scenario: dit scenario wordt gebruikt voor simulaties die de waterbeschikbaarheid analyseren. Dit scenario is dus het "hoge impact"-scenario op vlak van waterbeschikbaarheid, en houdt in bijzonder rekening met verhoogde verdamping (o.a. ten gevolge van verhoogde temperaturen) en verminderde neerslag in de zomer.

⁴ Raadpleegbaar via <https://www.milieurapport.be/publicaties/2015/klimaatrapport-2015-overwaargenomen-en-toekomstige-klimaatveranderingen>

- “Hoogzomer”-scenario: dit scenario wordt gebruikt voor het evalueren van piekbuien, overstorten en wateroverlast. Dit scenario houdt vooral rekening met een toename van het aantal extreme zomerse zomers. Dit scenario houdt vooral rekening met een toename van het aantal extreme zomerse zomers.

Onderstaande analyses zijn gebeurd aan de hand van simulaties van 100 jaar dat aan neerslag en verdamping. Op die manier kan een breed scala aan zowel extreme als hoogfrequente (vaak voorkomende) gebeurtenissen geanalyseerd worden. In tegenstelling tot de evaluatie van het conceptueel ontwerp van het watersysteem in paragraaf 2.3 wordt er hierbij echter gebruik gemaakt van “gedetrended” tijdreeksen. Dit zijn tijdreeksen van historische metingen die aangepast werden aan het klimaat van vandaag. De analyse in paragraaf 2.3 gebeurde aan de hand van historische tijdreeksen via de software Sirio, omdat dit de standaardtool in Vlaanderen is voor het opmaken en evalueren van ontwerpen. Om in lijn te zijn met de gangbare ontwerpmethodiek in Vlaanderen werd dus bewust in paragraaf 2.3 gewerkt met de “historische” tijdreeksen. Door het gebruik van “detrended” en “historische” tijdreeksen kunnen de resultaten beperkt verschillen in beide paragrafen.

2.4.3 Impact van klimaatverandering op het potentieel gebruik van regenwater

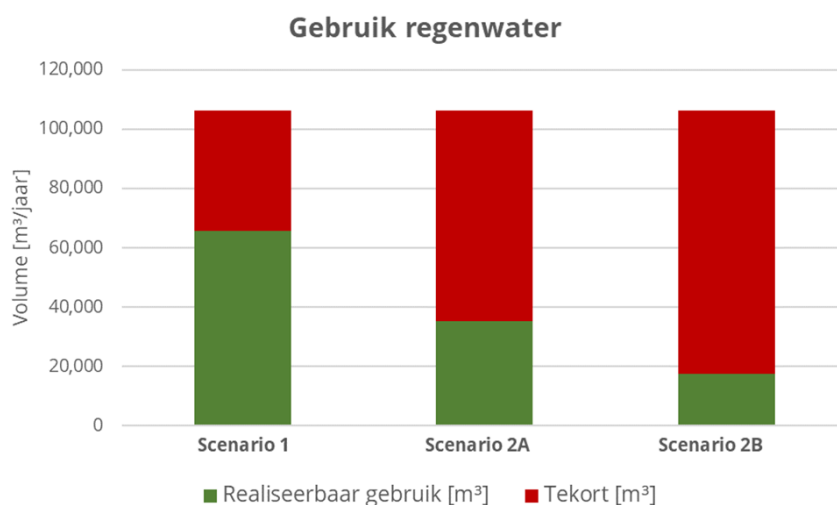
Voor het evalueren van de impact van klimaatverandering op het potentieel gebruik van regenwater werden simulaties uitgevoerd voor het huidige en toekomstig klimaat, en dit voor de scenario's die uitgewerkt werden in paragraaf 2.3:

- Scenario 1: maximale inzet op hergebruik van regenwater
- Scenario 2a: voorzien van groendaken, waarbij het afstromend regenwater van verharde daken én groendaken verzameld werd om te gebruiken
- Scenario 2b: idem scenario 2a, maar waarbij het afstromend regenwater van groendaken niet gebruikt wordt

Er werden geen berekeningen uitgevoerd voor scenario 3, omdat deze in lijn liggen met scenario 2. We verwijzen naar paragraaf 2.3 voor een diepgaandere bespreking van de scenario's.

In de hydraulische berekeningen werd een verliesfactor (runoff-coëfficiënt) van 0.8 gebruikt voor platte daken zoals in lijn met de ontwerprichtlijnen van de Code van Goede Praktijk. Daarnaast werd ook een oppervlakteberging van 1 mm in rekening gebracht.

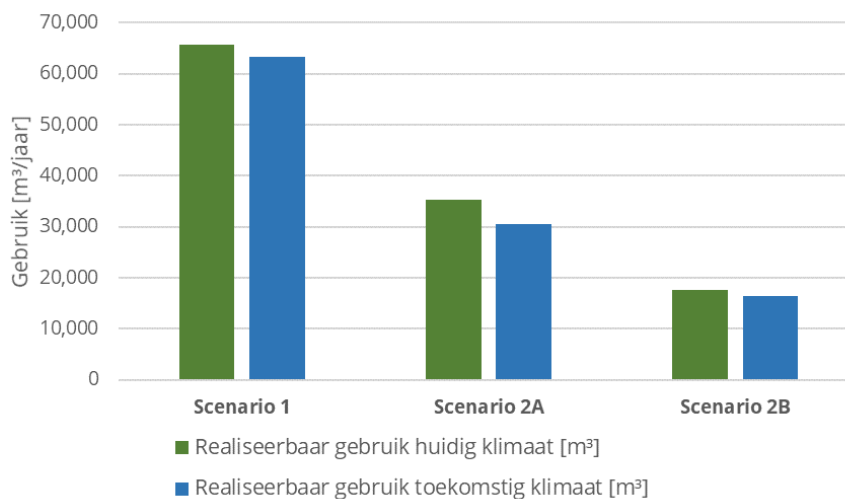
Figuur 13 toont de simulatieresultaten van “realiseerbaar” gebruik van regenwater en het “tekort” voor het **huidig klimaat**. In het huidige klimaat is er een realiseerbaar gebruik van ongeveer 62% in scenario 1, 33% in scenario 2a en 17% in scenario 2b. De tekorten zijn in elk scenario aanzienlijk door de hoge vraag naar water versus verharding, en nemen sterk toe in scenario's 2a en 2b door de aanwezigheid van groendaken. Groendaken verdampen immers bijna al het water dat zij opvangen in de zomer.



Figuur 13: Simulatieresultaten huidig klimaat voor realiseerbaar gebruik van regenwater versus tekort voor scenario's 1, 2a en 2b.

Figuur 14 toont het realiseerbaar gebruik in het huidige en toekomstig klimaat (jaar 2050; hoge-impact) voor elk scenario. Hieruit blijkt dat het realiseerbaar gebruik slechts beperkt afneemt ten gevolge van klimaatverandering. Het ontwerp moet dus niet specifiek aangepast worden om rekening te houden met verminderde waterbeschikbaarheid ten gevolge van klimaatverandering.

Gebruik regenwater: toekomstig klimaat



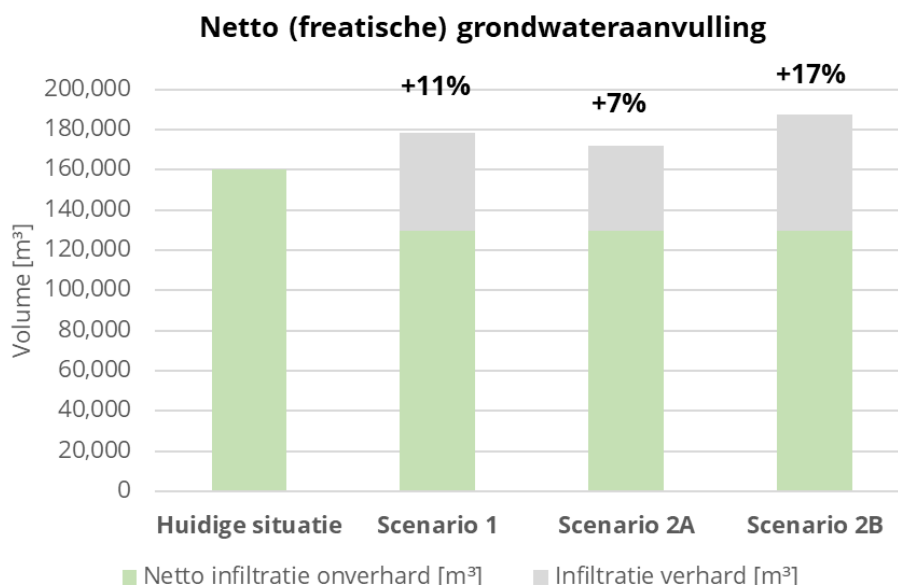
Figuur 14: Simulatieresultaten huidig en toekomstig klimaat van realiseerbaar gebruik van regenwater voor scenario's 1, 2a en 2b.

2.4.4 Impact van het ontwerp op de grondwateraanvulling in het huidig en toekomstig klimaat

Deze paragraaf beschrijft de resultaten van de impact van het ontwerp op de grondwateraanvulling (i.e. het water dat percoleert naar het freatisch en mogelijks dieper grondwater), en dit voor het huidig en toekomstig klimaat. Netto zal de hoeveelheid verharding op de Ragheno site toenemen (zie de cijfers in §2.3), waardoor er minder water van nature infiltreert. Tegelijk voorziet elk scenario in het conceptueel ontwerp in bronmaatregelen die inzetten op het infiltreren van het afstromend regenwater van verharding om dit te compenseren. Deze paragraaf kwantificeert de te verwachten veranderingen op vlak van grondwatervoeding voor elk scenario.

Onder "netto" grondwatervoeding wordt het volume water verstaan dat verwacht wordt te infiltreren en percoleren naar het grondwater. Dit is dus de totale hoeveelheid neerslag verminderd met verdampingsverliezen en onttrekkingen uit het bodemvocht vanwege landgebruik. We veronderstellen in deze analyse "gras" als vegetatietype voor de ganse site. Merk op dat het grondwater vervolgens (grotendeels) (natuurlijk) gedraineerd zal worden door de aanwezigheid van waterlichamen in de (ruime) omgeving van de site, en dus in de ondergrond zal verder stromen. Tot slot veronderstellen we dat de volledige verharding die vandaag aanwezig is op de site aangesloten is op rioleringen, en het regenwater dat op deze verharding valt dus afgevoerd wordt.

Figuur 15 toont de netto freatische grondwateraanvulling voor het huidig klimaat, en dit voor de huidige situatie versus de toekomstige ontwikkelingen voor elk van de 3 beschouwde scenario's. De berekeningen tonen dat er een netto grondwateraanvulling zal zijn van ongeveer 160.000 m³ per jaar op de site in het huidig klimaat. Ten gevolge van elk scenario met nieuwe ontwikkelingen zal de grondwateraanvulling netto toenemen. Hoewel de verharding dus toeneemt in elk scenario in vergelijking met de huidige situatie, verwachten we dat er meer grondwateraanvulling zal zijn door de inzet op bronmaatregelen die infiltreren. De netto natuurlijke grondwateraanvulling neemt af door de ontwikkelingen (zie de groene balken in onderstaande figuur), maar de bronmaatregelen compenseren dit ruimschoots (zie de grijze balken in onderstaande figuur). Ook werd er ingerekend dat ten gevolge van de toenemende verharding de natuurlijke vraag naar water afneemt doordat er minder verdamping optreedt (dit heeft evenwel een negatief effect op hittestress, dat hier niet geëvalueerd werd). Scenario 2a zet in op groendaken én hergebruik, waardoor er minder water zal afstromen naar de infiltrerende bronmaatregelen. Hierdoor is de toename aan grondwateraanvulling beperkter dan in de andere scenario's. In scenario 2b tenslotte zal het afstromend water van groendaken rechtstreeks infiltreren (en niet hergebruikt worden), waardoor de netto voeding het grootste is van de 3 beschouwde scenario's.

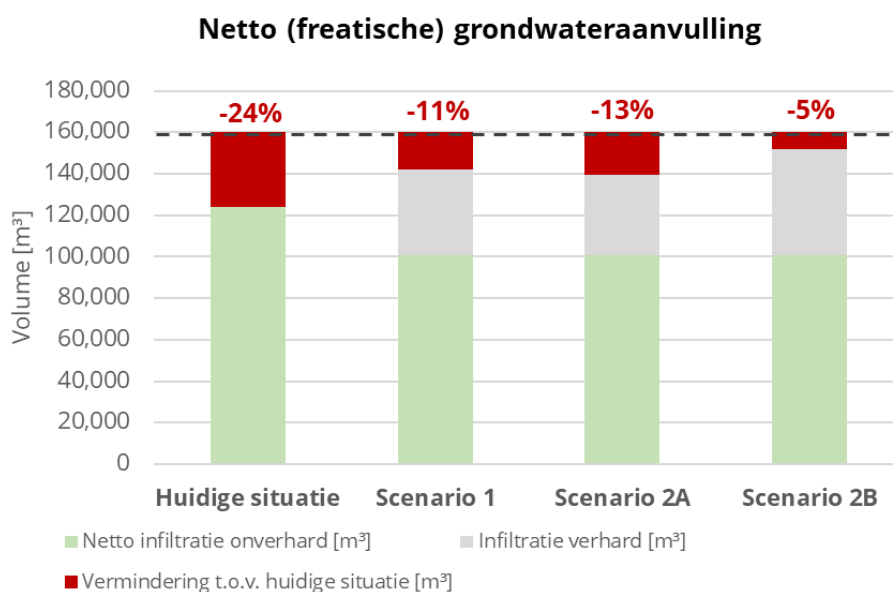


Figuur 15: Simulatieresultaten huidig klimaat van de netto (freatische) grondwateraanvulling.

Figuur 16 toont ten slotte de verandering van de netto grondwateraanvulling voor het **toekomstig klimaat** (2050, hoge-impact). Ten gevolge van klimaatverandering zal in elk scenario de netto grondwateraanvulling afnemen. Voor de huidige situatie zou zonder ingrepen de voeding met 24% afnemen in het toekomstig klimaat in vergelijking met vandaag. In elk ruimtelijk ontwikkelingsscenario is de daling beperkter door de inzet van bronmaatregelen, maar kan de daling niet gecompenseerd worden.

Het instandhouden van de grondwateraanvulling blijkt niet mogelijk in de doorgerekende scenario's. Een mogelijke piste om toch meer grondwateraanvulling te realiseren kan zijn om het hergebruik van regenwater te beperken, om zo meer water naar de bronmaatregelen te laten afstromen. Dit is evenwel niet wenselijk en druist in tegen de principes van de Code van Goede Praktijk, die voorschrijft dat het inzetten op (nuttig) gebruik van regenwater prioritair is ten opzichte van infiltratie. Dit scenario werd dan ook niet verder onderzocht.

In de toekomst is dus lokale verdroging te verwachten, maar deze is algemeen beperkt. Analyse van de biologische waarderingskaart Vlaanderen leert dat er geen droogtegevoelige ecotopen aanwezig zijn in het gebied, waardoor de impact op waardevolle soorten wellicht zeer beperkt is.



Figuur 16: Simulatieresultaten huidig en toekomstig klimaat van de netto (freatische) grondwateraanvulling.

2.4.5 Toepassing van het Groenblauwpeil

Tot slot werd het Groenblauwpeil toegepast op de ganse Ragheno site voor elk van de 3 ontwerpen. Het Groenblauwpeil is een nieuw instrument dat ontwikkeld werd door het team van Sumaqua in opdracht van VLARIO, Departement Omgeving en de Vlaamse Confederatie Bouw. Het Groenblauwpeil is een klimaatscore die aangeeft hoe duurzaam een perceel is ingericht op vlak van blauwe en groene elementen. Het peil is gratis toepasbaar op www.groenblauwpeil.be, maar is enkel bruikbaar voor individuele percelen (en niet voor een cluster van gebouwen/percelen zoals in voorliggend project). In het kader van dit project werd het Groenblauwpeil als “test” toch toegepast op de site. De resultaten zijn dus niet als finaal te beschouwen, maar eerder indicatief.

De mogelijke scores variëren van A (=hoogste score, climate-proof) tot F (=laagste score).

Figuur 17 toont het Groenblauwpeil voor elk van de scenario's. Volgende scores blijken hieruit:

- Droogte: label A voor alle scenario's. Dit betekent dat quasi al het regenwater (>99%) dat op de site valt niet afgevoerd wordt, en dit zowel onder het huidig als toekomstig klimaat. Quasi al het water zal dus lokaal nuttig gebruikt worden, infiltreren of verdampen via de groendaken.
- Piekafvoeren: label B voor alle scenario's. Dit betekent dat er geen overstorten van hemelwater verwacht worden bij buien met een terugkeerperiode van 20 jaar voor het huidig en toekomstig klimaat. Om een label A te behalen zou er geen overstort mogen plaatsvinden voor buien met terugkeerperiode tot 100 jaar.
- Gebruik: label D tot E. Deze lagere score wordt veroorzaakt door de lagere dekking van de vraag naar regenwater. Er is op de site een zeer hoge vraag naar regenwater, die slechts beperkt vervuld kan worden (zie hierboven). Het inzetten op grijswaterrecuperatie kan deze score verhogen, alsook het aanvoeren van afstromend regenwater van verharding uit de omgeving (van buiten de site, zoals bijvoorbeeld van het stationsgebouw). De inzet op grijswaterrecuperatie werd eerder reeds beschreven bij de conceptuele uitwerking van het watersysteem (zie §2.3) maar (voorlopig) niet weerhouden door de grote kosten. De aanvoer van regenwater uit de ruime omgeving vergt verder onderzoek.

	<u>Scenario 1</u>	<u>Scenario 2A</u>	<u>Scenario 2B</u>
Droogte (=niet afvoeren van water)	A	A	A
Piekafvoeren	B	B	B
Gebruik	D	E	E

Figuur 17: Groenblauwpeil voor elk van de scenario's

2.4.6 Conclusies en aanbevelingen

Deze paragraaf onderzoekt de impact van klimaatverandering op elk van de 3 scenario's die conceptueel werden uitgewerkt in §2.3. Het volgende kan geconcludeerd worden:

- Klimaatverandering zal het potentieel gebruik van opgevangen regenwater niet significant doen afnemen. Er is dus geen wijziging van het ontwerp nodig hieromtrent.
- De grondwateraanvulling zal ten gevolge van de beoogde ontwikkelingen (die gepaard gaat met een toename van verharding) netto toenemen in vergelijking met de huidige situatie. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de inzet op bronmaatregelen met infiltratie. Ten gevolge van klimaatverandering zal evenwel in elk scenario de grondwateraanvulling dalen in vergelijking met vandaag. Elk scenario leidt tot een beperktere afname van de grondwateraanvulling in vergelijking met een no-action scenario. De impact van deze verdroging zal vermoedelijk beperkt en aanvaardbaar zijn.
- Toepassing van het Groenblauwpeil levert (zeer) goede scores voor de criteria “droogte” (A-label) en “piekafvoeren” (B-label), maar minder goede scores voor het criterium “gebruik” (D- of E-label). Dit wordt

veroorzaakt door de grote vraag naar regenwater (door de hoge dichtheid van woningen en kantoren versus de verharding), en de inzet op groendaken. Een beter label voor “gebruik” is mogelijk door grijswaterrecuperatie toe te passen, of afstromende hemelwater van verharding van buiten de site op te vangen en aan te wenden voor gebruik. De inzet op grijswaterrecuperatie werd eerder besproken en geëvalueerd in §2.3 en (voorlopig) niet weerhouden. Het gebruik van afstromend regenwater van omliggende sites vergt verder onderzoek. We raden dan ook aan om deze piste verder te onderzoeken in nauw overleg met de rioleringsbeheerder.

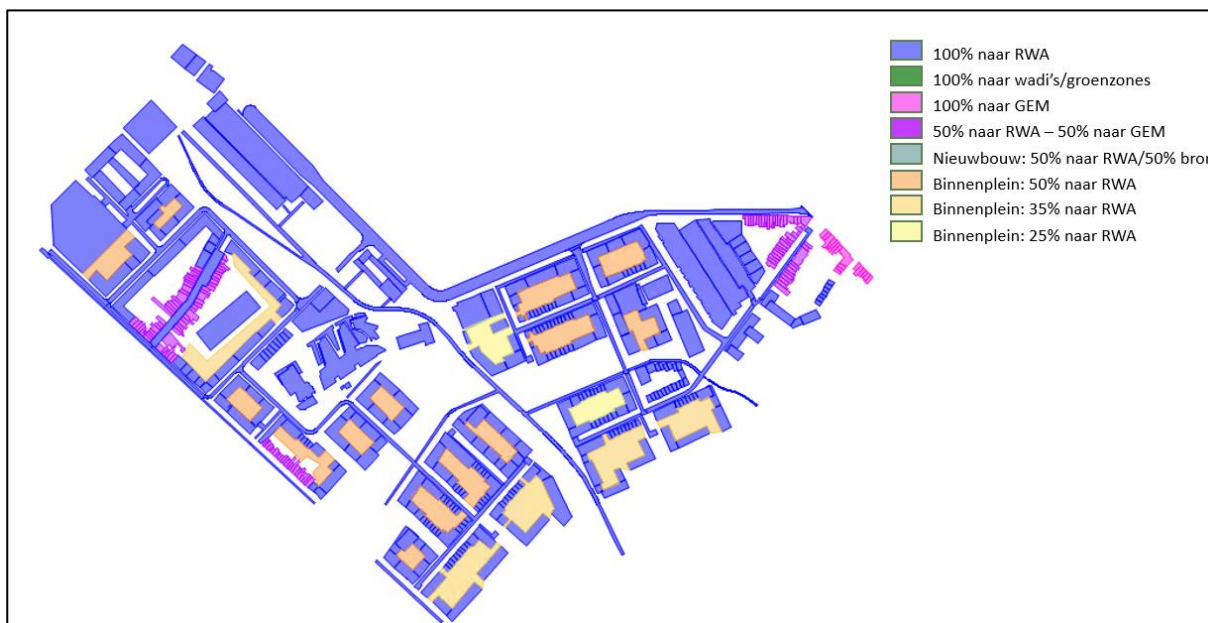
2.5 HYDRAULISCHONTWERP HOOFDASSEN DWA EN RWA

2.5.1 RWA-ontwerp

Een conceptueel ontwerp voor de RWA-hoofdafwatering werd opgemaakt voor de projectzone in ICM. Een overzichtplan van het finale ontwerp is toegevoegd in bijlage 5. Hierbij is rekening gehouden met de verschillende randvoorwaarden.

2.5.1.1 Randvoorwaarden

1. Aansluiting wordt voorzien op de Hanswijkbeek ter hoogte van Werfheide. Op deze locatie heeft de Hanswijkbeek een bodempeil van $\pm 6.70\text{mTAW}$. Het normaalpeil van de waterloop bevindt zich op $\pm 7.30\text{mTAW}$, en het T20 waterpeil op $\pm 7.65\text{mTAW}$.
2. Het bestaande gescheiden stelsel in Boutersemstraat dient te worden opgevangen. Hier ligt reeds een RWA diameter 500 mm die dient te worden opgevangen op een peil van 8.17 mTAW.
3. De totale bruto verharding in de projectzone wordt ingeschat op 22.9 ha (Figuur 18). Hierop worden de bufferings- en lozingsvoorwaarden bepaald. Er mag dus geloosd worden naar de waterloop aan 230 l/s (10 l/s/ha).



Figuur 18 – Totale bruto verharding (22.9 ha).

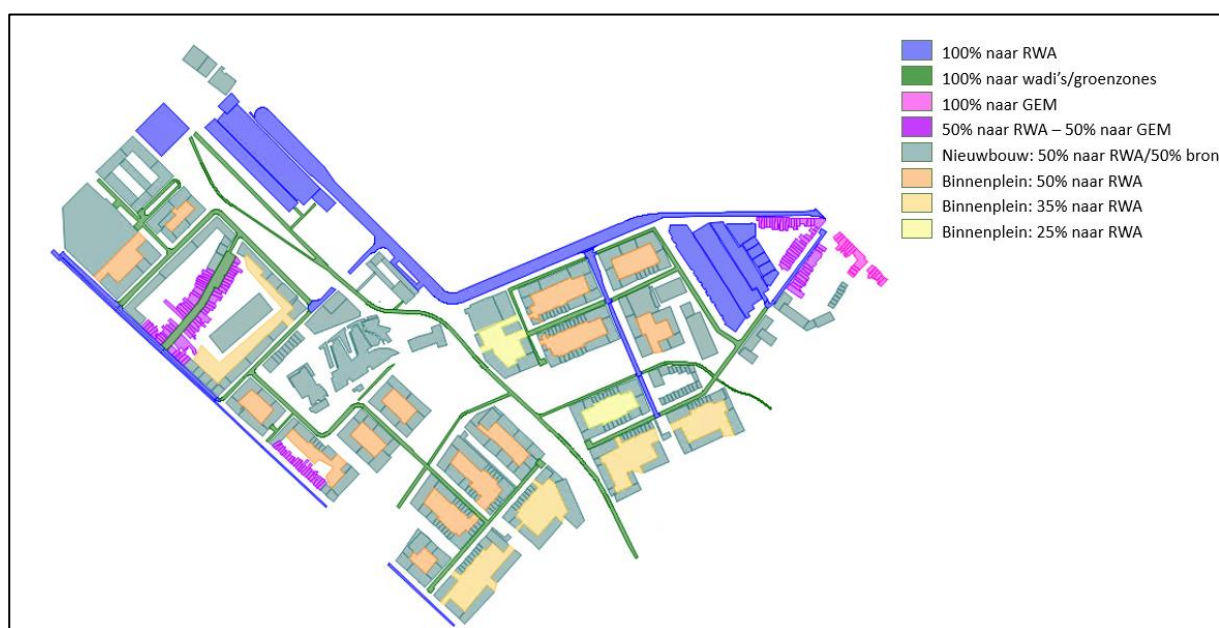
2.5.1.2 Ingerekende verharding op RWA-ontwerp in ICM

Ten opzichte van de totale verharding van 22.9 ha wordt met volgende verhardingen rekening gehouden voor het RWA-ontwerp in ICM:

1. Wegenis: Enkel de wegenis die niet aansluit op wadi's wordt ingerekend. Concreet gaat dit om de wegenis van Hanswijkvaart, Boutersemstraat, de wijkontsluitingswegen en de Arsenaalverbinding. Er wordt dus verondersteld dat de wegenis die afwatert naar de wadi's, volledig kan gebufferd worden in deze wadi's, en dat de overlopen niet zullen werken bij een T20.

2. Dakoppervlakte nieuwbouw: Deze bouwblokken hebben private bronmaatregelen (buffering, groendaken, hergebruik, ...) welke niet gemodelleerd wordt in ICM. Als veiligheid is 50% van de totale dakoppervlakte ingerekend op het ontwerp.
3. Dakoppervlakte BT: voor de gesloten bebouwingen in de Dellingsstraat, Hanswijkvaart en Boutersemstraat wordt 50% ingerekend op het RWA-ontwerp; de andere 50% wordt aangesloten verondersteld op het DWA-ontwerp (optimale afkoppeling). De bestaande loodsen/sporthal in het noorden en in de Dellingsstraat worden 100% afkoppelbaar beschouwd en dus voor 100% ingerekend. Het gebouw van De Lijn wordt voor 50% ingerekend, aangezien deze reeds buffering heeft.
4. Binnen de bouwblokken zal vermoedelijk nog verharding worden voorzien voor ondergrondse parkeerplaatsen, ... In overeenstemming met stad Mechelen en Pidpa wordt er in de meeste zones uitgegaan van een volledige ondergrondse verharding van 100%, waarvan als veiligheid 50% (cfr. punt 2) wordt ingerekend op het ontwerp. Voor sommige bouwblokken wordt er van een kleinere ondergrondse verharding uitgegaan (70% of 50%), hier wordt analoog als veiligheid de helft van de oppervlakte ingerekend op het ontwerp, dus 35% of 25%.

De totale ingerekende verharding (Figuur 19) die wordt ingerekend in ICM bedraagt dan netto 14.2 ha. Er dient dus 4686 m³ te worden gebufferd (330 m³/ha) naar de waterloop.



Figuur 19 - Totale netto ingerekende verharding in ICM (14.2 ha).

2.5.1.3 Uitgangspunten RWA hoofdafwatering

De hoofdlijnen van de RWA-hoofdafwatering bestaan uit:

- Er wordt een hoofdkoker 1500mmx800mm voorzien die parallel aan het fietspad loopt vanaf de aansluiting van de Boutersemstraat (8.17 mTAW) tot aan de Hanswijkbeek, waar deze aansluit op 7.30 mTAW (normaalpeil Hanswijkbeek). Dit geeft over een totale lengte van 730m een helling van 0.6 mm/m.
- De zijstelsels van de verschillende bouwblokken kunnen op deze koker aansluiten via vertraagde afvoeren zodanig de buffering in de leidingen ook te kunnen benutten.
- 3 bovengrondse Buffergrachten zijn voorzien.
- De Arsenaalverbinding dient buffering in eigen leidingen te voorzien; en kan met een vertraagde afvoer aansluiten op de hoofdkoker ter hoogte van het laagste punt

Er is in eerste instantie gebruik gemaakt van de bestaande maaiveldpeilen verkregen van het DHM. Voor vertraagde afvoeren wordt rekening gehouden met een ontwerpwaarde van 10 l/s/ha, maar wordt een minimumwaarde van 20 l/s gehanteerd, gezien in praktijk sterker afknijpen moeilijk is omwille van onderhoudsredenen.

2.5.1.4 Concept-ontwerp RWA-afwatering

In Figuur 20 wordt een schematische voorstelling gegeven van de RWA-hoofdafwatering zoals doorgerekend in het ICM model. De gekleurde deelgebieden sluiten allen aan op de hoofdkoker 1500mm x 800mm die aansluit op de waterloop.

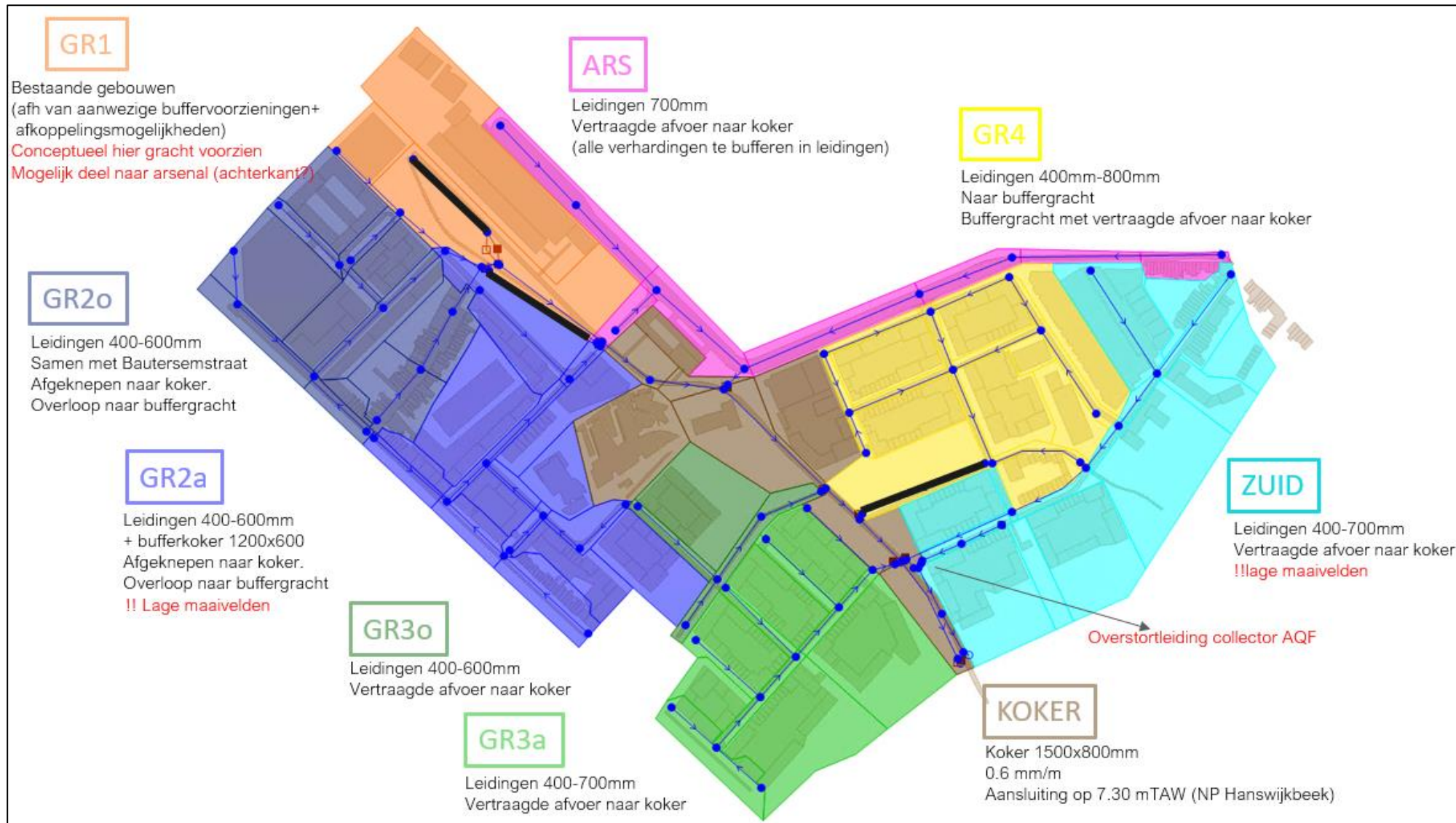
Volgende deelstelsels worden onderscheiden:

1. GR1: de bestaande loodsen en sporthal dienen gebufferd te worden, en afhankelijk van de reeds aanwezige buffering en afkoppelingsmogelijkheden kunnen deze naar de koker worden gebracht, ofwel al dan niet deels aansluiten op de Arsenaalverbinding. Voorlopig is hier conceptueel een buffergracht voorzien (OT1:1, bodembreedte 2.9m, hoogte 1.2m, overstort op 1m, doorvoer 20 l/s). Het buffervolume bedraagt 472 m³. Bij een bui terugkeerperiode T20 wordt hierin 405 m³ gebufferd.
2. GR2o: in dit deelstelsel werden leidingen met diameter 400 mm tot 600 mm voorzien die samen met de bestaande RWA-leiding van de Boutersemstraat afgeknepen (20 l/s) kan aansluiten naar de hoofdkoker. Een overloop is voorzien naar een buffergracht (OT1:1, bodembreedte 2.0m, hoogte 1.2m, overstort op 1m, doorvoer 20 l/s). Het buffervolume van deze gracht bedraagt 580 m³. Bij een bui terugkeerperiode T20 wordt hier 246 m³ in gebufferd. De activatiegraad is hier laag omwille van de lage maaivelden in bak GR2a (zie verder).
3. GR2a: in dit deelstelsel werden leidingen 400mm tot 600mm voorzien, inclusief een bufferkoker 1200mmx600mm. Deze sluit eveneens afgeknepen (40 l/s) aan op de hoofdkoker. De doorvoer is relatief hoog om wateroverlast in de lage zones te minimaliseren. Een overloop is voorzien naar dezelfde buffergracht als stelsel GR2o. Opwaarts in deze zone vinden we lage maaiveldpeilen terug waardoor de verhanglijn zeer hoog komt, en er relatieve lage hellingen/dekkingen zijn gebruikt. Tijdens een recent overleg werd echter melding gemaakt dat het terrein mogelijk lokaal opgehoogd zal worden. Indien het lokaal ophogen van het terrein weerhouden wordt, kan het ontwerp hierop aangepast worden, waardoor de problemen met het lage maaiveldpeil opgelost worden. Ook de buffergracht kan dan meer worden geactiveerd.
4. GR3o: deelstelsel waar leidingen 400mm tot 600mm vertraagd (20 l/s) aansluiten op de hoofdkoker.
5. GR3a: deelstelsel waarin leidingen 400mm tot 700mm vertraagd (25 l/s) aansluiten op de hoofdkoker.
6. ARS: arsenaalverbinding. Deze dient volledig in de eigen leidingen te worden gebufferd, waarbij een vertraagde afvoer (20 l/s) wordt voorzien naar de hoofdkoker op het laagste punt. Wanneer leidingen diameter 700mm worden voorzien, vindt er geen overstorting plaats bij een bui terugkeerperiode 20 jaar.
7. GR4: Dit deelstelsel watert via leidingen 400mm tot 800mm af naar een buffergracht (OT1:1, bodembreedte 2.0m, hoogte 1.6m, overstort op 1.4m) welke met een vertraagde afvoer (22 l/s) kan aansluiten op de hoofdkoker. Het buffervolume van deze gracht bedraagt 530 m³. Bij een bui T20 wordt hier 375m³ gebufferd.
8. ZUID: het meest opwaartse deel van deze zone bestaat uit bestaande gebouwen. Het maaiveld in het meest afwaartse deel is relatief laag, waarbij eventueel helling/dekking dient gerelaxeerd te worden. Het lijkt echter waarschijnlijk dat hier ook enige ophoging dient te gebeuren. In het model is hier een deelstelsel met diameters 400mm tot 700mm ontworpen dat vertraagd aansluit op de hoofdkoker. Het doorvoerdebiet is relatief hoog aangenomen (60 l/s) teneinde wateroverlast op de laagste punten te minimaliseren (zie verder).
9. KOKER: hoofdkoker 1500mm x 800mm. Deze ligt parallel aan het fietspad, en loopt van 8.17 mTAW ter hoogte van de aansluiting Boutersemstraat tot 7.30m ter hoogte van de Hanswijkbeek. Dit geeft een helling van 0.6 mm/m. De overstort wordt voorzien op 8.50 mTAW teneinde de koker voldoende te benutten. Een aantal gebouwen is hier verondersteld rechtstreeks op aan te sluiten

De karakteristieken (aangesloten ingerekende verharding, doorvoerpeilen+drempelpeilen en aanwezige buffering) van de verschillende deelstelsels worden weergegeven in Tabel 12. De totale ontworpen buffering (3270 m³) beantwoordt weliswaar niet aan de eis van 330 m³/ha (4686 m³), maar komt grosso modo overeen met een buffering a rato van 250 m³/ha. De buffering voorzien in het rioleringsstelsel op openbaar domein voldoet dus strikt genomen niet aan de verstrengde buffereis. De oppervlaktes ingerekend in ICM houden echter uit veiligheid rekening met 50% van het dakoppervlak van de gebouwen, terwijl voor deze oppervlakten vergaande bronmaatregelen opgenomen werden (groendaken, hergebruik en vertraagde afvoer). Het afvoerende oppervlak in ICM wordt dus overschat waardoor een toetsing aan de verstrengde buffereis minder relevant is. De sirio-berekening toont aan dat het globale concept wel voldoet aan de opgelegde eis van 10 l/s ha bij een bui T20.

Tabel 12 - karakteristieken van de deelstelsels van het conceptueel ontwerp

Stelsel	V Weg+Terrein (ha)	V Dak (ha)	V Som (ha)	Doorvoer (l/s)	Drempelpeil (mTAW)	Aanwezige buffering (m³)
ARS	1.6	0.1	1.7	20.0	9.5	416
GR1	0.0	1.6	1.6	20.0	10.9	472
GR2a	0.6	1.3	1.9	40.0	8.8	307
GR2o	0.4	1.4	1.8	20.0	9.0	155
GR3a	0.7	1.1	1.9	20.0	8.9	128
GR3o	0.1	0.2	0.2	25.0	8.5	71
GR4	0.6	1.6	2.2	22.0	9.5	731
KOKER	0.1	0.7	0.7	230.0	8.5	878
ZUID	0.7	1.6	2.3	60.0	8.5	112
Totaal	4.8	9.4	14.2			3270



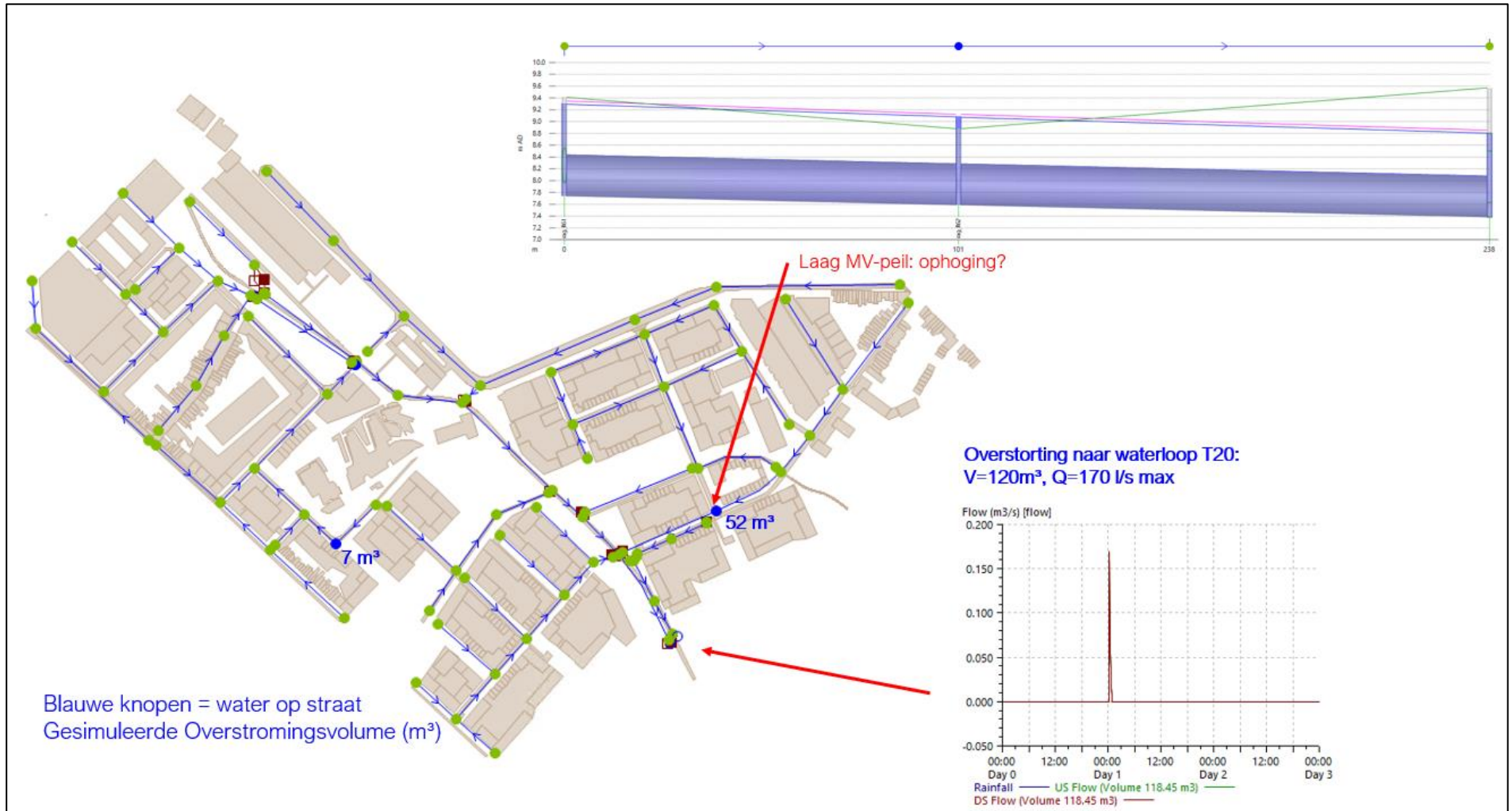
Figuur 20 - RWA-conceptontwerp hoofdafwatering (zwarte lijnstukken=buffergracht)

2.5.1.5 Resultaten ICM-berekening T20

Het conceptontwerp is doorgerekend in ICM voor een bui met terugkeerperiode 20 jaar. Een afwaarts constant peil van 7.65 mTAW is opgelegd aan de lozing in de Hanswijkbeek. De resultaten worden weergegeven in Figuur 21.

Hierbij wordt er geen water op straat gesimuleerd in het ontwerp met uitzondering van 2 locaties (laag gelegen zones van deelstelsels GR2a en ZUID). Hier wordt een overstromingsvolume van 7 m³ gesimuleerd (GR2a) en 52 m³ (ZUID). Echter zullen de maaivelden in zone GR2a significant worden opgehoogd waardoor dit geen knelpunt meer vormt. Voor zone ZUID lijkt het ook waarschijnlijk dat hier enige ophoging/nivellering zal plaatsvinden waardoor de druklijn alsnog onder maaiveld zal zakken. Om deze redenen is dit niet verder uitgewerkt; en dient dit eventueel verder te worden bekeken wanneer hier meer duidelijkheid over is.

De overstort naar de waterloop (8.50 mTAW) treedt bij een bui terugkeerperiode 20 jaar in werking; er wordt relatief kortstondig 120 m³ overgestort aan een maximaal debiet van 170 l/s.



Figuur 21 – Resultaten ICM-doorrekening RWA-conceptontwerp voor een bui met terugkeerperiode 20 jaar.

2.5.2 DWA-ontwerp

Een conceptueel ontwerp voor DWA werd opgemaakt voor de projectzone, teneinde te verifiëren of DWA-leidingen onder voldoende helling en dekking kunnen aansluiten op de huidige collector. Een overzichtplan van het finale ontwerp is toegevoegd in bijlage 6.

Volgende randvoorwaarden voor het ontwerp werden in acht genomen:

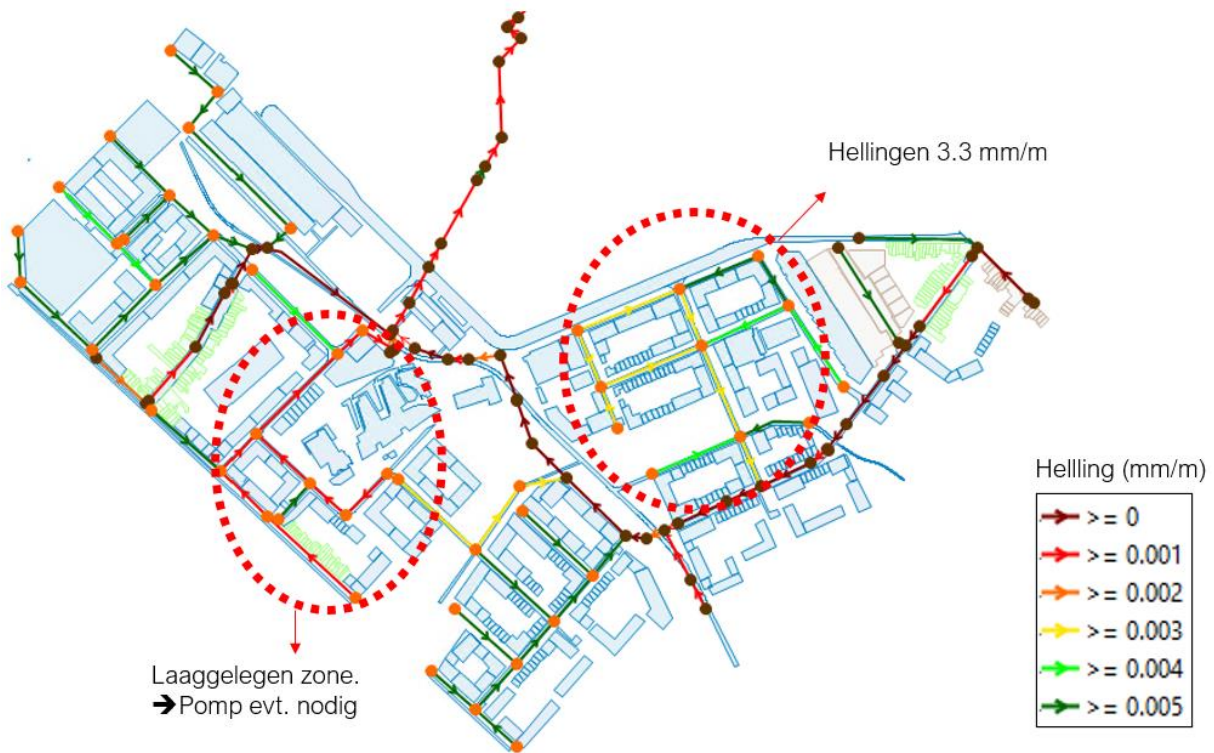
- IE's: ingeschat op basis van het aantal wooneenheden en kantooroppervlakte voor de verschillende bouwblokken. Voor bestaande gesloten bebouwing zijn de IE's gebruikt uit het bestaande ICM-model van Mechelen, opgemaakt i.k.v. hydronautstudie 218MN, en ter beschikking gesteld door Pidpa/Stad Mechelen t.b.v. deze studie.
- In eerste instantie wordt uitgegaan van diameters 250 mm. Waar mogelijk wordt een helling van 5 mm/m gehanteerd en een minimale à optimale dekkingsgraad van 1.0 à 1.2 m.
- Voor de bestaande bebouwing in Hanswijkvaart, vormt de ligging van de bestaande buizen een randvoorwaarde: Om bestaande huisaansluitingen realiseerbaar te maken, wordt de ontworpen leiding minstens op dezelfde diepte of dieper dan de bestaande leiding voorzien.
- Maaiveldpeilen: maaiveldpeilen uit bestaande toestand zijn gebruikt afkomstig van het DHM.

De hellingsgraden en dekkingsgraden die ontworpen zijn in het conceptontwerp worden weergegeven in respectievelijk Figuur 22 en Figuur 23. Hieruit blijkt dat er in hoofdzaak gravitair kan worden aangesloten op de collector onder voldoende grote helling en dekking, met uitzondering van 2 zones:

- in het westen zijn de maaiveldpeilen relatief laag waardoor geen voldoende helling kan worden voorzien. Hier kunnen de leidingen gravitair slechts aan een hellingsgraad van 1 à 2 mm/m worden aangesloten (ten opzichte van typisch ontwerp 4 à 5 mm/m), en dus mogelijk via een pompstation zal moeten aangesloten worden. Ook is de dekkingsgraad hier kleiner dan 1 m. Op basis van recente informatie wordt deze zone mogelijk lokaal opgehoogd zodat dit vermoedelijk wel gravitair kan worden verwezenlijkt.
- In het oosten is er een zone waar hellingen slechts aan >3.3 mm/m kunnen worden aangelegd. Dit is echter nog steeds een aanvaardbare hellingsgraad. De reden hiervoor is de relatief ondiepe ligging van de bestaande collector in de Dellingsstraat waarop moet worden aangesloten.

Bij een bui met een terugkeerperiode van 20 jaar wordt er geen water op straat gesimuleerd in de DWA-leidingen, en bij een bui met een terugkeerperiode van 2 jaar wordt er geen opstuwning in de leidingen gesimuleerd. Diameters 250 mm volstaan m.a.w. voor de afvoer van het vuilwater. Het waterpeil in de collector daalt aanzienlijk ten gevolge van de verschillende afkoppelingen.

In de Dellingsstraat bevindt zich een overstortleiding die is behouden. Ondanks dat waterpeilen gevoelig zakken, zal deze overstort nog steeds in werking treden. Bij een T20 stort hier 360 m³ over aan een maxdebiet van 115 l/s. AquaFin gaat dit bekijken in kader van de heraanleg collector.



Figuur 22 – Hellinggraden van DWA-conceptontwerp



Figuur 23 – Dekkingsgraad van DWA-conceptontwerp

2.6 OPTIES OM WATERSYSTEEM VERDER TE VERDUURZAMEN VIA SLIMME STEDELIJKHEID

2.6.1 Opvolgen van de watervraag in de Ragheno-wijk

2.6.1.1 Schema

Realtime opvolging watervraag DW/RW/GW

Sensoren

- Watermeters per klant (DW)
- Watermeter (RW/GW) per blok
- Pluviometers
- Niveau buffers

Smart

- Digital twin
- Waterdashboard

Domeinen

- Operationeel
- Basisdata voor toekomstig ontwerp
- Benchmarking naar individuele verbruikers of per blok

Voordelen

- Opsporen afwijkend waterverbruik per blok (lekken/verstoppingen,..)
- Voorspellen watertekort RW/GW
- Sensibilisatie

Combinatie mogelijk met LeakRedux



26/10/2021

2

Figuur 24 – Schematische voorstelling toepassing slimme technologie voor opvolging van de watervraag.

2.6.1.2 Beschrijving

Een drinkwaternetwerk is standaard ingedeeld in verschillende deelzones (DMA's of district metered area's) met lengtes van 10 tot 50 km leiding of meer en enkel op de grenzen van deze deelzones zijn debietsmeters geplaatst om de verdeling van water in het netwerk op te volgen. Langs de kant van de consument is er een (analoge) meter aanwezig die hoofdzakelijk gebruikt wordt voor facturatie. Digitalisering van de meters en combinatie van de verschillende meetgegevens kan op verschillende niveaus bijkomende informatie opleveren rond het watergebruik. Voorbeelden van bijkomende informatie zijn:

- Door opvolging van het drinkwaterdebiet dat via het drinkwaternetwerk de Ragheno-wijk binnen komt en de som van alle verbruiksmeters, kan het verlies van drinkwater via lekken continu opgevolgd worden; Dit laat toe om lekken zeer snel te detecteren en reparaties uit te voeren. Anderzijds kunnen lekzoekacties meer gericht uitgevoerd worden in zones met een verhoogd percentage lekken.
- Een digital twin kan opgezet worden om het waterverbruik (drinkwater, hemelwater, grijswater) continu op te volgen. Deze informatie kan dan gebruikt worden door drinkwatermaatschappijen om tijdens droge periodes een extra vraag aan drinkwater omwille van het droogvallen van de hemelwaterputten op te volgen en te voorspellen. Zo kan proactief gereageerd worden op afwijkende waterverbruik.
- Een waterdashboard kan zowel op individueel gebruik als op collectief verbruik (per woonblok) toegepast worden. Per gebruiker kan het waterverbruik opgevolgd worden en kunnen meldingen verstuurd worden indien het waterverbruik abnormaal stijgt of daalt. Ook is het mogelijk om de verschillende wooneenheden onder te verdelen in klassen (bv op basis van woontype en aantal slaapkamers/bewoners). Via het waterdashboard verkrijgt de gebruiker meer inzicht in zijn eigen verbruik in vergelijking met gemiddelde verbruiken voor vergelijkbare woonsituaties. Ook per woonblok kunnen vergelijkende waarden gedeeld worden ter sensibilisering.
- Gezien de fasering van de bouw van de verschillende woonblokken, kan de verzamelde informatie gebruikt worden om in volgende fases het ontwerp verder bij te sturen.

2.6.1.3 Voordelen

- Beperken lekverliezen
- Enkel lekzoekacties nodig indien er duidelijke aanwijzingen zijn dat er significante lekken aanwezig zijn.
- Sensibilisatie van gebruikers naar lekken en duurzaam waterverbruik
- Beter toekomstig ontwerp van hemelwater en grijswatersystemen.

2.6.1.4 Benodigde sensoren

- Digitale watermeters bij elke verbruiker voor drinkwater
- Digitale watermeter voor het secundaire watercircuit (minimaal één per bouwblok)
- Digitale watermeter in aanvoernetwerk drinkwater
- Pluviometer
- Niveaumeters in hemelwatertank

(Combinatie mogelijk met LeakRedux)

2.6.2 Proactief opvolgen van overstromingsrisico's

2.6.2.1 Schema

Realtime opvolging en aanpak overstromingsrisico's

Sensoren

- Pluviometers
- Niveaumeting in infiltratievoorziening
- Niveaumeting in bufferbekkens HW
- Niveaumeting in waterloop

Smart

- Alarmmeldingen naar hulpdiensten en bewoners
- Proactieve sturingen van hydraulische infra

Aspecten

- Operationeel
- Basisdata voor toekomstig ontwerp

Voordelen

- Beveiliging ondergrondse constructies (parking)
- Pro-actieve noodplanning
- Optimaal gebruik volumes bufferbekkens

Te combineren met RainBrain (Sumaqua) en Flood4Cast (Hydroscan)



26/10/2021 4

Figuur 25 Figuur 26 – Schematische voorstelling toepassing slimme technologie voor opvolging van overstromingsrisico's.

2.6.2.2 Beschrijving

Klimaatverandering kan leiden tot een belangrijke toename van extreme regenval. Zeker in stedelijke kernen kan een wolkbreuk veel schade veroorzaken. Het is niet altijd mogelijk om een stedelijke ontwikkeling te voorzien tegen buien met een zeer lage frequentie (bijvoorbeeld een bui die één keer in 1000 jaar voorkomt). Bij een extreem event kan er tijdelijk water blijven staan in de publieke ruimte (wegen/groenzones,..). Gevoelige zones zoals lager gelegen gebouwen, ondergrondse parkings, kunnen vooraf in een risico-inschatting in kaart gebracht worden. Door een koppeling van radarbeelden met sensoren op het terrein kun een accurate voorspelling van wateroverlast gerealiseerd worden. Beschermingsmiddelen zoals zandzakjes, pompen, afsluitingen,.. kunnen vooraf ter plaatse gebracht worden. Bewoners en bezoekers kunnen tijdig verwittigd worden van mogelijk wateroverlast. Bufferbekkens kunnen versneld leeggepompt worden om opvangcapaciteit te verhogen.

2.6.2.3 Voordelen

- Tijdige beveiliging van ondergrondse constructies en laagdrempelige gebouwopeningen
- Proactieve noodplanning voor hulpverleningszone
- Sturing van bufferbekkens mogelijk om wateroverlast verder te beperken

2.6.2.4 Benodigde sensoren

- Pluviometers
- Niveaumeters in de WADI's
- Niveaumeters in de buffers voor hergebruik en de buffers voor vertraagde afvoer
- Niveaumeting in de waterloop (Hanswijkbeek)
- Niveaumeting in rioleringsstelsel
- Koppeling met radarbeelden via API

2.6.3 Realtime opvolging grondwaterstromen

2.6.3.1 Schema

Realtime opvolging grondwaterstromen

Sensoren

- Pluviometers
- Niveaumeting in infiltratievoorziening
- Niveaumeting in bufferbekkens HW
- Waterflux-metingen (lflux)
- Massaflux-metingen polluenten (iflux)

Smart

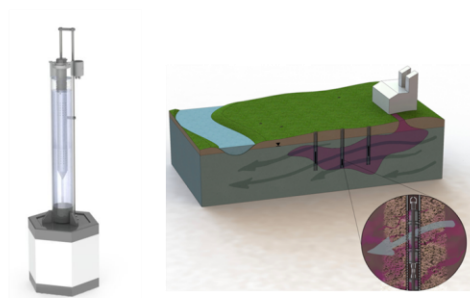
- Dashboard

Domeinen

- Operationeel
- Basisdata voor toekomstig ontwerp
- Risico-beheersing

Voordelen

- Betere ontwerpdata voor nieuwe infiltratievoorzieningen
- Aanpassing infiltratiezones bij verstoppingen
- Opvolging grondwaterverontreiniging



26/10/2021 3

Figuur 27 - Figuur 28 – Schematische voorstelling toepassing slimme technologie voor opvolging van grondwaterstromen

2.6.3.2 Beschrijving

Eenzijds wenst men in het kader van droogtepreventie maximaal hemelwater te infiltreren zodat de grondwatertafel aangevuld wordt. Gelet op de aanwezigheid van bodemvervuiling en een sterk verstoorde bodem, wordt infiltratie beperkt zodat het verspreidingsrisico verlaagd wordt. Continue fluxmeters (innovatie van Vlaamse KMO I-Flux) kan gebruikt worden om zowel horizontale als verticale grondwater- en vervuilingsstromen op te volgen.

2.6.3.3 Voordelen

- Betere ontwerpwaarden voor nieuwe infiltratievoorzieningen op de site (fasering der werken)
- Operationeel opvolgen van infiltratiezones en mogelijkheid om onderhoud uit te voeren indien de infiltratiewaarden afnemen in de loop van de tijd.
- Opvolging van verspreidingsrisico aanwezige polluenten.

2.6.3.4 Benodigde sensoren

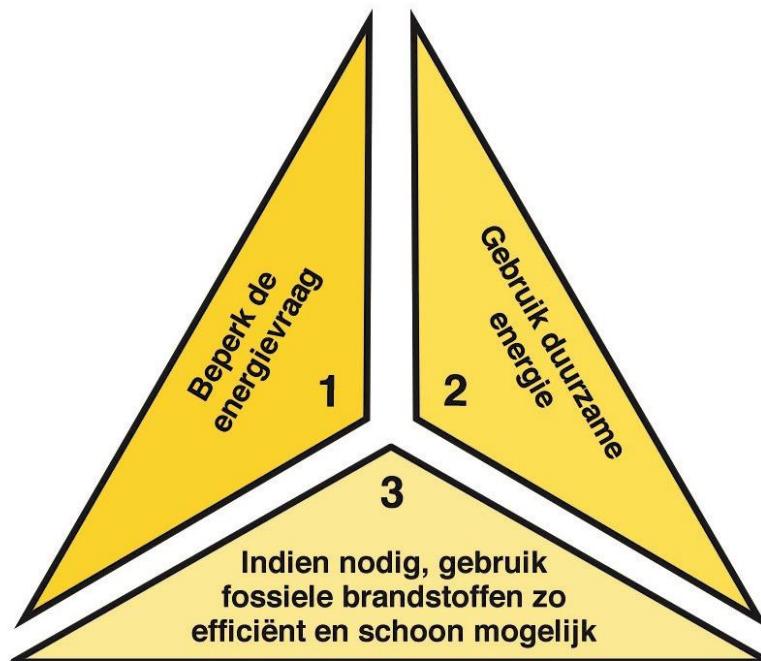
- Pluviometers
- Niveaumeters in de WADI's
- Continue bodemwaterflux meting
- Continue massaflux metingen

3. ENERGIE

3.1 ALGEMENE PRINCIPES DUURZAAMENERGIE SYSTEEM.

3.1.1 Algemeen concept

Als basis voor de opmaak van de energiestrategie wordt gebruik gemaakt van de Quadras Energetica, welke een uitbreiding is op het meer bekende Trias Energetica. De principes van het Trias energetica zijn schematisch voorgesteld in Figuur 29. De extra stap, om te komen tot het Quadras Energetica, is het uitwisselen/recupereren van energie indien mogelijk.



Figuur 29 – Trias energetica

3.1.1.1 Stap 1 – Reduceer de energievraag

De energiebehoefte van een site bestaat voornamelijk uit:

- Verwarming;
- Koeling;
- Sanitair warm water;
- Verlichting;
- Plug loads (wasmachine, kookplaten,...);
- Hulpenergie (ventilatie, pompen, verwarming en koeling);
- Mobiliteit;
-

Reductie van deze energie behoefte reikt verder dan de huidige vereiste EPB-eisen (Bijna Energie Neutraal) en vereist een doordachte bouwschil, waarin de koel- en warmtevraag beperkt wordt doormiddel van een doorgedreven isolatiepeil in combinatie met passieve maatregelen (Zonnewering, passieve koeling, nachtventilatie,...). Ook dienen bijkomende energiebesparende maatregelen (LED, gestuurde ventilatie,...) genomen te worden om de elektriciteitsvraag te beperken. Passiefbouw is niet vooropgesteld in deze studie.

3.1.1.2 Stap 2 – Energie uitwisseling

Mogelijke systemen voor uitwisseling van energie:

- Gebruik van restwarmte uit de omgeving (datacenter, industrie,...). Voorgaand aan deze studie liep een onderzoek naar de beschikbare restwarmtebronnen in Mechelen⁵, hieruit volgt 1 beschikbare bron (datacenter, Alphacloud) in de buurt van de Ragheno-site;
- Riothermie;
- Uitwisseling van energie tussen gebouwen onderling door toepassing van een energienet;

3.1.1.3 Stap 3 – Pas duurzame energiebronnen toe

Mogelijke bronnen van duurzame energie op de site:

- Zonne-energie (thermisch én elektrisch);
- Riothermie (link met afvalwater)
- Oppervlaktewater (Kanaal Leuven – Dijle)
- Geothermie, boorgaten energieopslag (BEO)
- Geothermie, koude- en warmteopslag (KWO)
- Buitenlucht
- Biomassa

3.1.1.4 Stap 4 – Gebruik fossiele brandstoffen efficiënt

De stad Mechelen wenst een aanpak van de energielevering die past in het “klimaatactieplan Mechelen”. Meer specifiek is het de ambitie om tegen 2030 de CO₂-uitstoot te verminderen met minstens 40% en CO₂-neutraliteit na te streven tegen 2050. De vooropgestelde energieconcepten moeten deze ambitie op de Ragheno -site mogelijk maken en stuur naar een volledig elektrische energievoorziening voor warmte, koude en mobiliteit.

3.2 INVENTARIS EN ANALYSE

3.2.1 Energiebehoefte

De energiebehoeftes zijn opgesteld op basis van kengetallen voor totale energieverbruiken van gebouwfuncties en op basis van synthetische lastprofielen om deze energieverbruiken te verdelen op maandbasis voor warmte/koude en uurbasis voor elektriciteit.

3.2.1.1 Kengetallen

Voor nieuwbouw is uitgegaan van de specifieke energiebehoeftes uit Tabel 13. Deze energiebehoeftes zijn voor BEN-gebouwen (Bijna Energie Neutraal). Passiefbouw is niet geambieerd in deze studie.

Tabel 13 – Kengetallen nieuwbouw

Kengetallen	Warmte – CV (kWh/m ²)	Warmte – SWW (kWh/persoon)	Koude (kWh/m ²)	Elektriciteit (kWh/m ²)	Bron*
Residentieel	25	644	10	25	Latent/benchmark
Kantoor	30		30	70	Latent/benchmark
Commercieel	33		4**	135	Latent/benchmark
Sporthal	139***		0	58	benchmark
Onderwijs	116		0	23	benchmark

* Bronnen:

- Latent (<http://www.latent.be/>) – LAge Temperatuur EnergieNet;

⁵ Inventarisatie restwarmtebronnen Mechelen-Noord en Mechelen-Zuid, Moermans G., Baeten R., oktober 2020, iov Stad Mechelen

- Benchmark Ingenium

** In 30% van de commerciële gebouwen (winkel, hotel,...) is koeling verondersteld.

*** Inclusief SWW

Voor de bestaande gebouwen zijn of de verbruiksgegevens aangeleverd, of is er een inschatting gemaakt op basis van de warmtekaart Mechelen (studie Ingenium, Work in Progress) en Benchmarkgegevens van Ingenium. Indien geen verbruiksgegevens aangeleverd zijn, is gerekend met de inschattingen uit Tabel 14.

Tabel 14 – Kengetallen renovatie

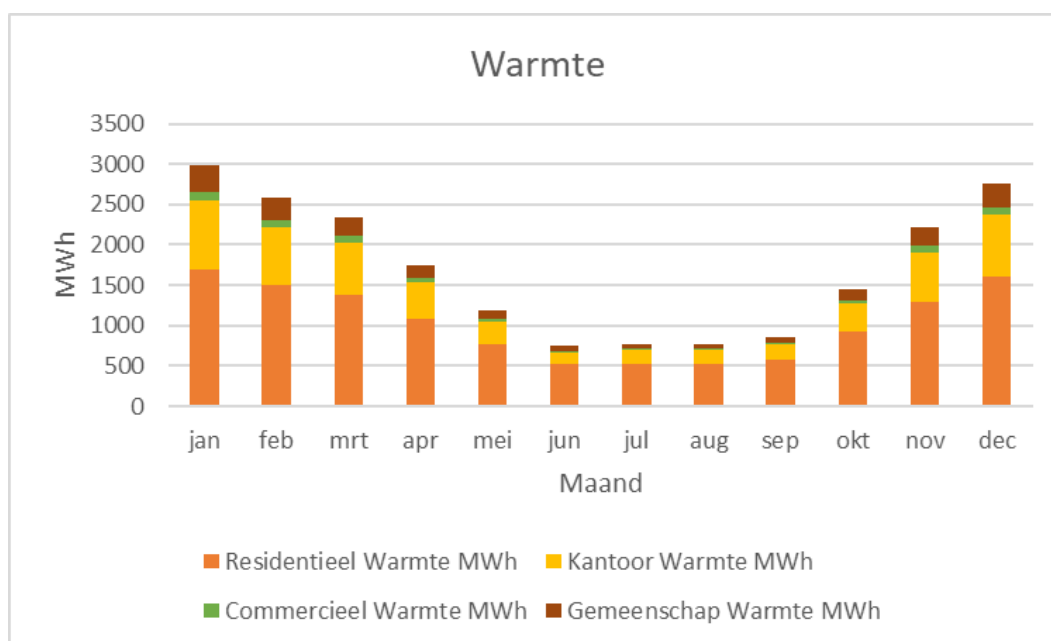
Kengetallen	Warmte – CV (kWh/m ²)	Warmte – SWW (kWh/persoon)	Koude (kWh/m ²)	Elektriciteit (kWh/m ²)	Bron*
Residentieel	100 - 170	**	0	25	Warmtekaart/benchmark
Kantoor	100 - 170	**	15	70	Warmtekaart/benchmark

3.2.1.2 Warmtevraag site

De geschatte piek warmtevraag bedraagt 15,5 MW (= vermogen van de opwekking) en totale warmtevraag bedraagt 20.400 MWh voor de volledige site. + 60% van deze warmtevraag is toe te wijzen aan de residentieel functies, +25% is toe te wijzen aan de kantoren.

Tabel 15 – Warmtevraag site per functie

	Residentieel	Kantoor	Commercieel	Gemeenschap-functies	Totaal
Warmte	12.400 MWh	5.300 MWh	700 MWh	2.000 MWh	20.400 MWh



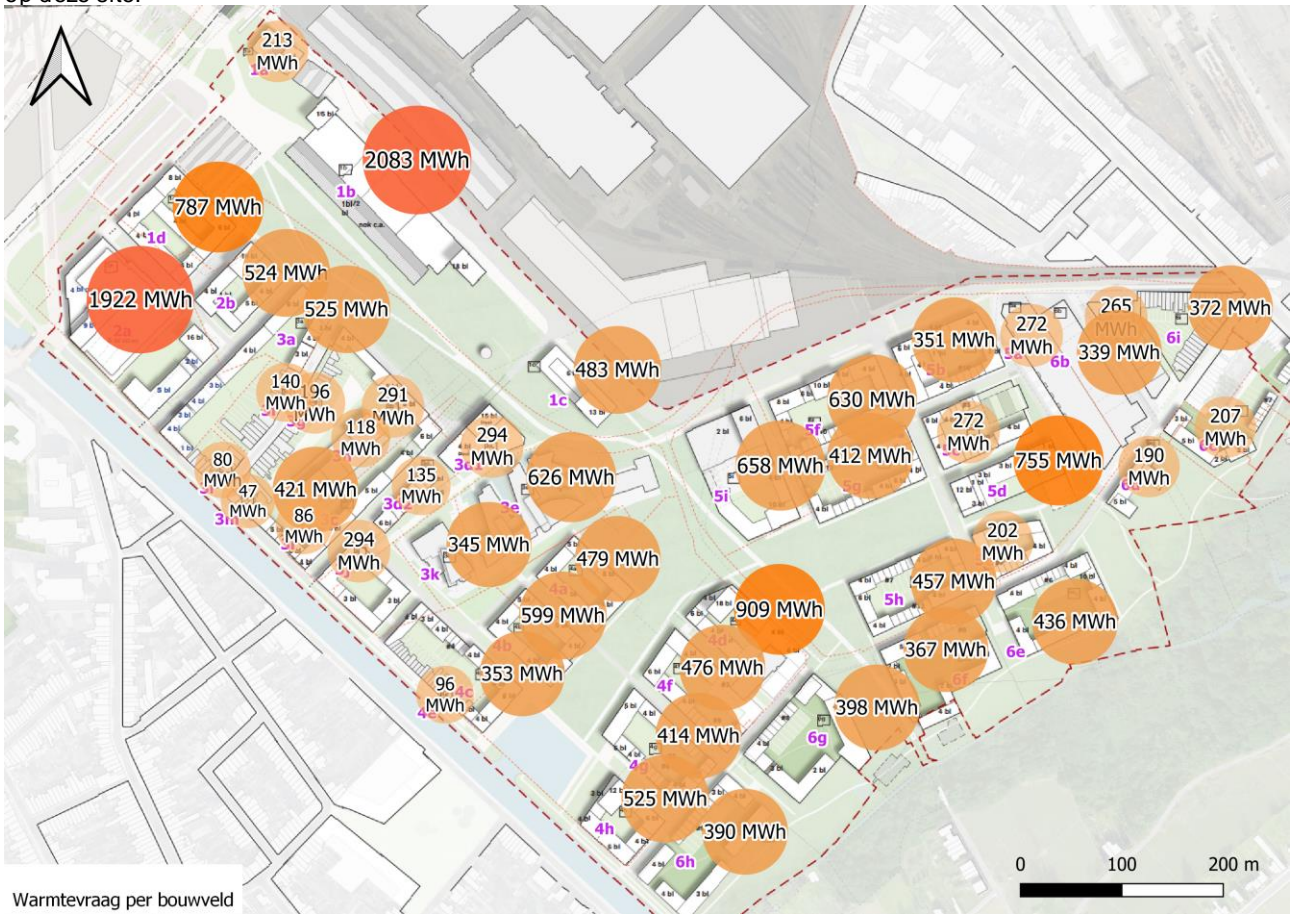
Figuur 30 - Warmteprofiel

Op basis van de warmtevraag per bouwblok (Figuur 31) en het voorgestelde tracé van een eventueel warmtenet (Figuur 64) kan de lineaire warmtedensiteit (Figuur 32) bepaald worden voor de site. Dit is de verhouding van het energieverbruik tot de tracélengte van het warmtenet (MWh/m).

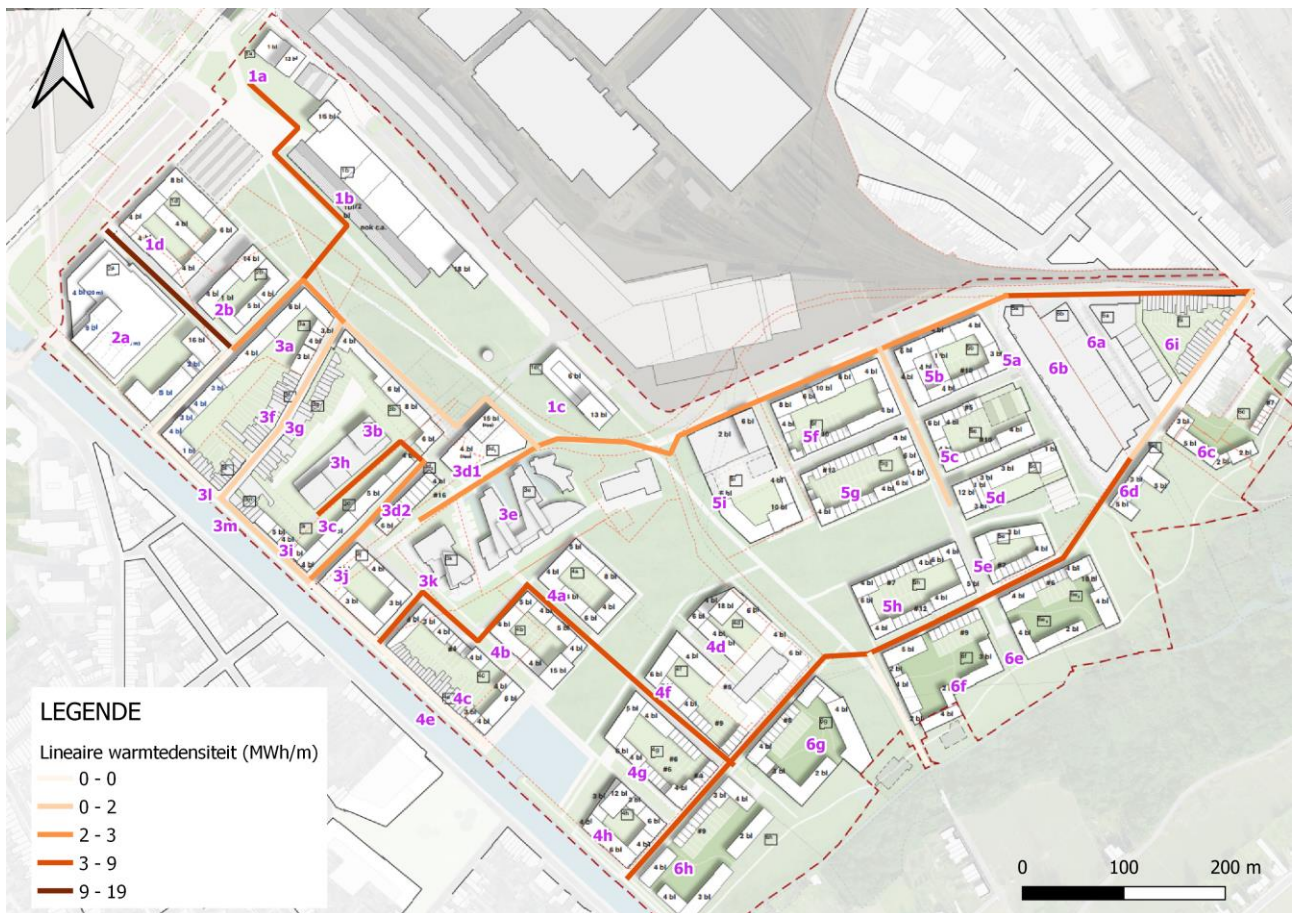
Voor klassieke hoge temperatuur warmtenetten hanteren we 2 richtwaarden:

- Vanaf 2 MWh/m is het warmtenet het onderzoeken waard.
- Vanaf 4 MWh/m is het warmtenet mogelijk interessant.

De lineaire warmtedensiteit voor de site bedraagt gemiddeld 4,8 MWh/m warmtenet en is dus mogelijk interessant op deze site.



Figuur 31 – Warmteverraag site



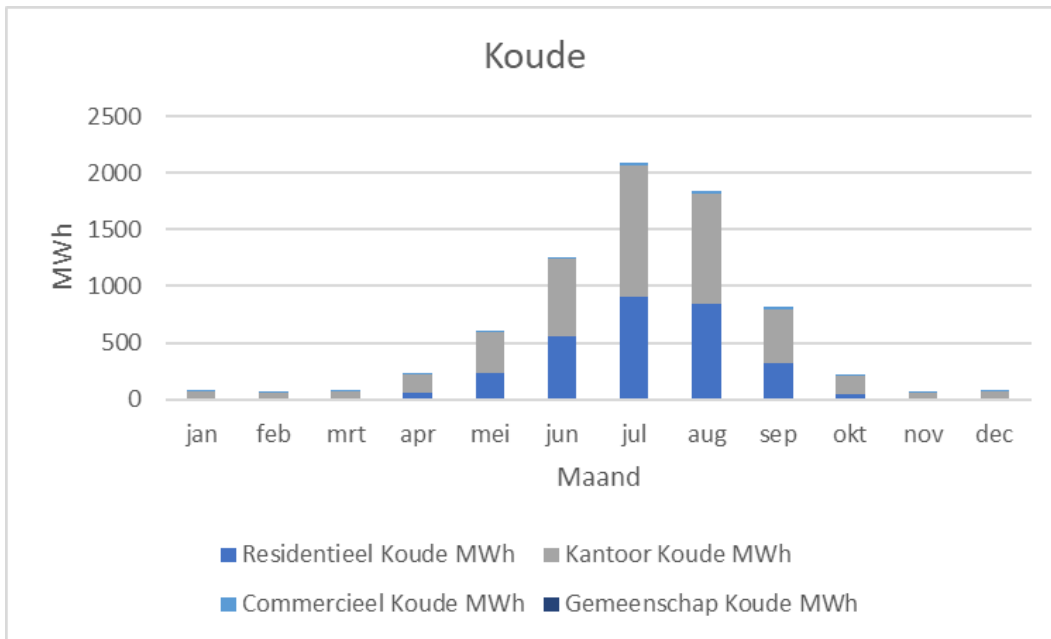
Figuur 32 – Lineaire warmtedensiteit

3.2.1.3 Koude

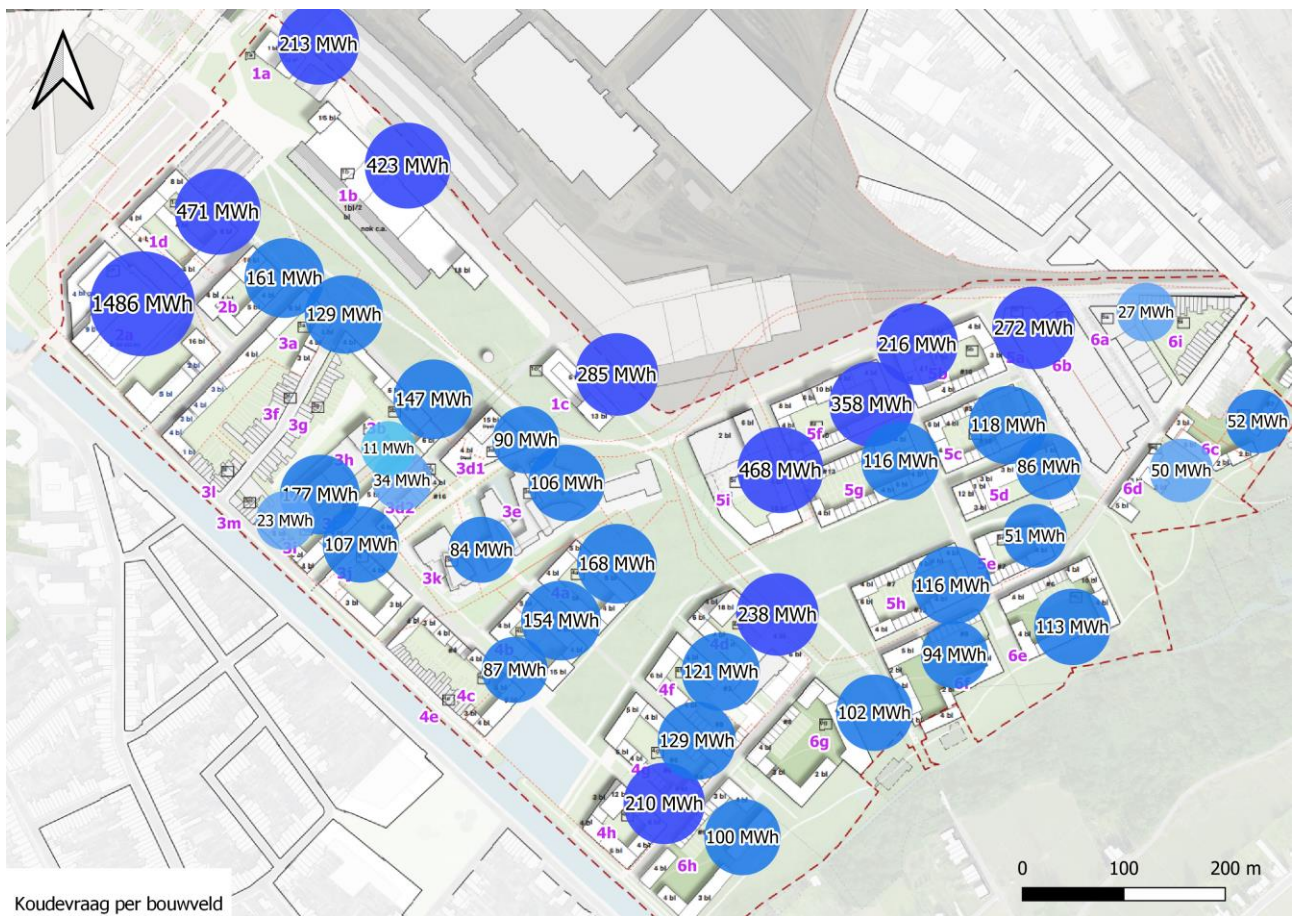
De geschatte piek koudevraag bedraagt 18,5 MW (= vermogen van de opwekking) en totale koudevraag bedraagt 7.500 MWh voor de volledige site. +- 60% van deze warmtevraag is toe te wijzen aan de kantoren, +-40% is toe te wijzen aan de residentiële functies.

Tabel 16 – Koudevraag site per functie

	Residentiëleel	Kantoor	Commerciëleel	Gemeenschap-functies	Totaal
Koude	3.000 MWh	4.300 MWh	200 MWh	0 MWh	7.500 MWh



Figuur 33 - Koudeprofiel



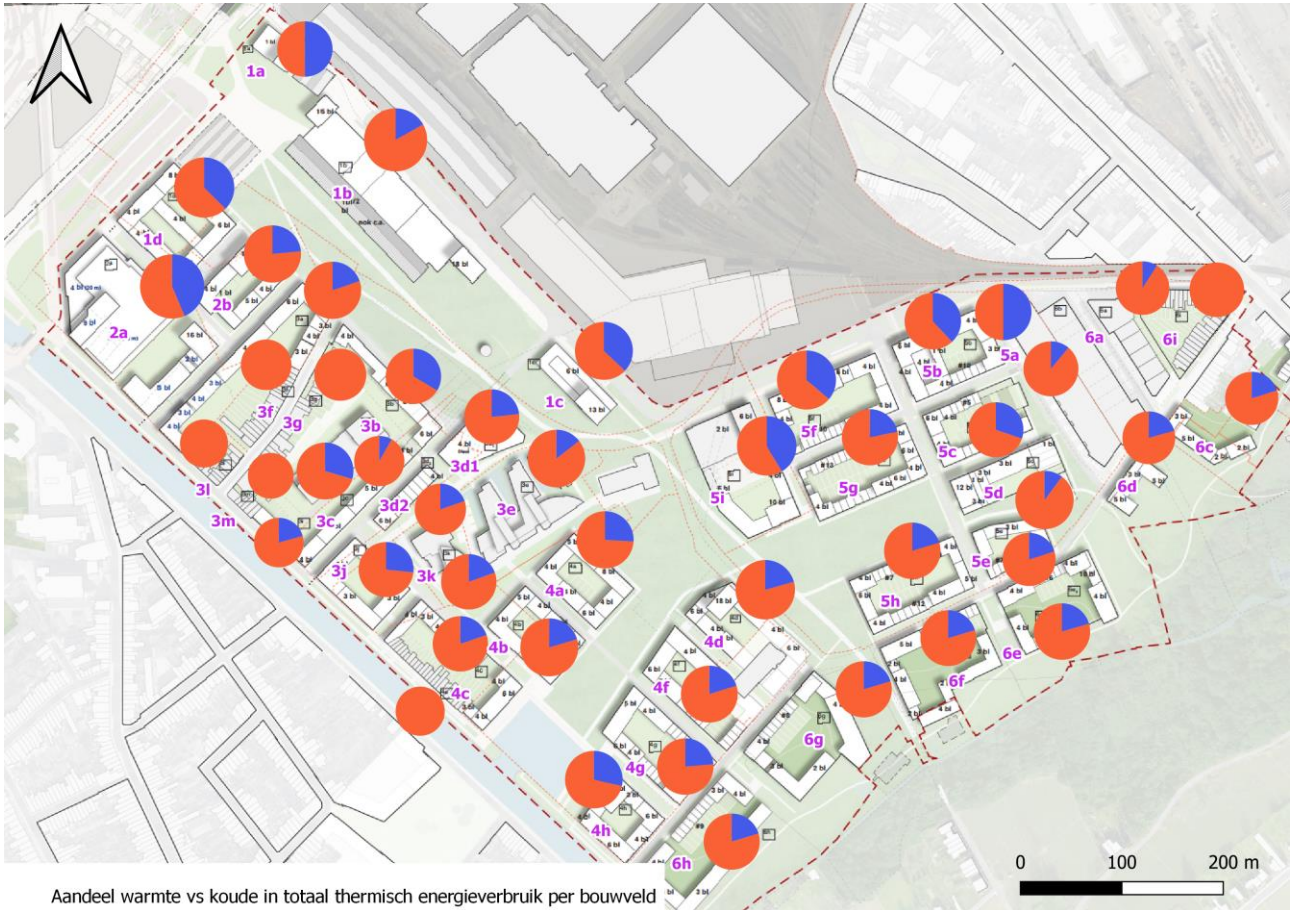
Figuur 34 – Koudevraag site

3.2.1.4 Warmte en koude

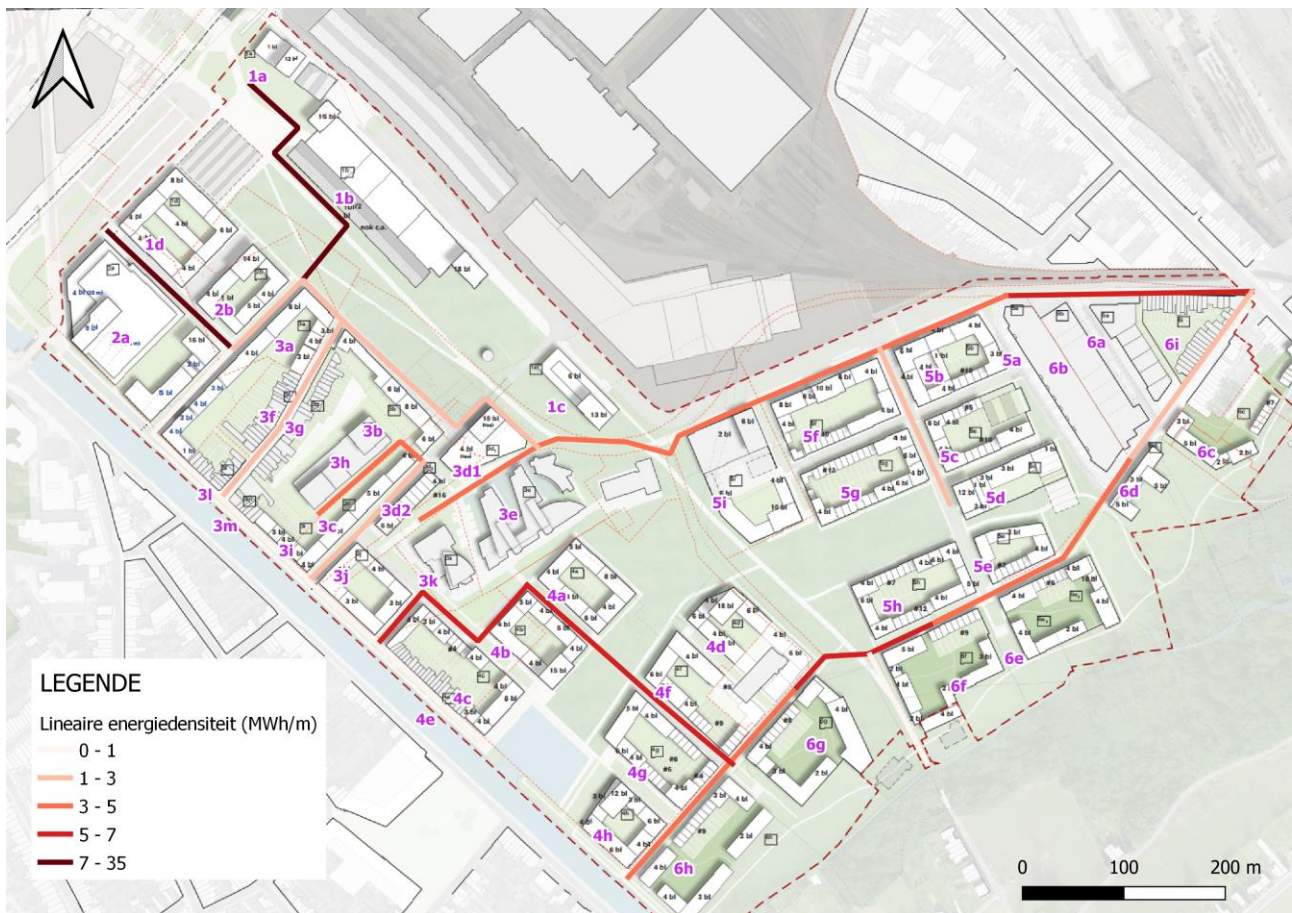
Op basis van de warmte- en koudevraag per bouwblok (Figuur 18 en Figuur 34) en het voorgestelde tracé van een eventueel energienet (Figuur 66) kan de lineaire energiedensiteit (Figuur 36) bepaald worden voor de site. Dit is de verhouding van het energieverbruik tot de tracélengte van het energienet (MWh/m).

De richtwaarden die gehanteerd worden voor warmtenetten gelden niet voor energienetten. Deze zullen een lagere waarde voor de energiedensiteit reeds interessant zijn. Reden is de lagere kost van het net (ongeisoleerd / kunststof) en de het voorzien van warmte én koude.

De lineaire energiedensiteit voor de site bedraagt gemiddeld 7 MWh/m energienet en is dus mogelijk interessant op deze site.



Figuur 35 – Verhouding warmte vs koude



Figuur 36 – Lineaire energiedensiteit

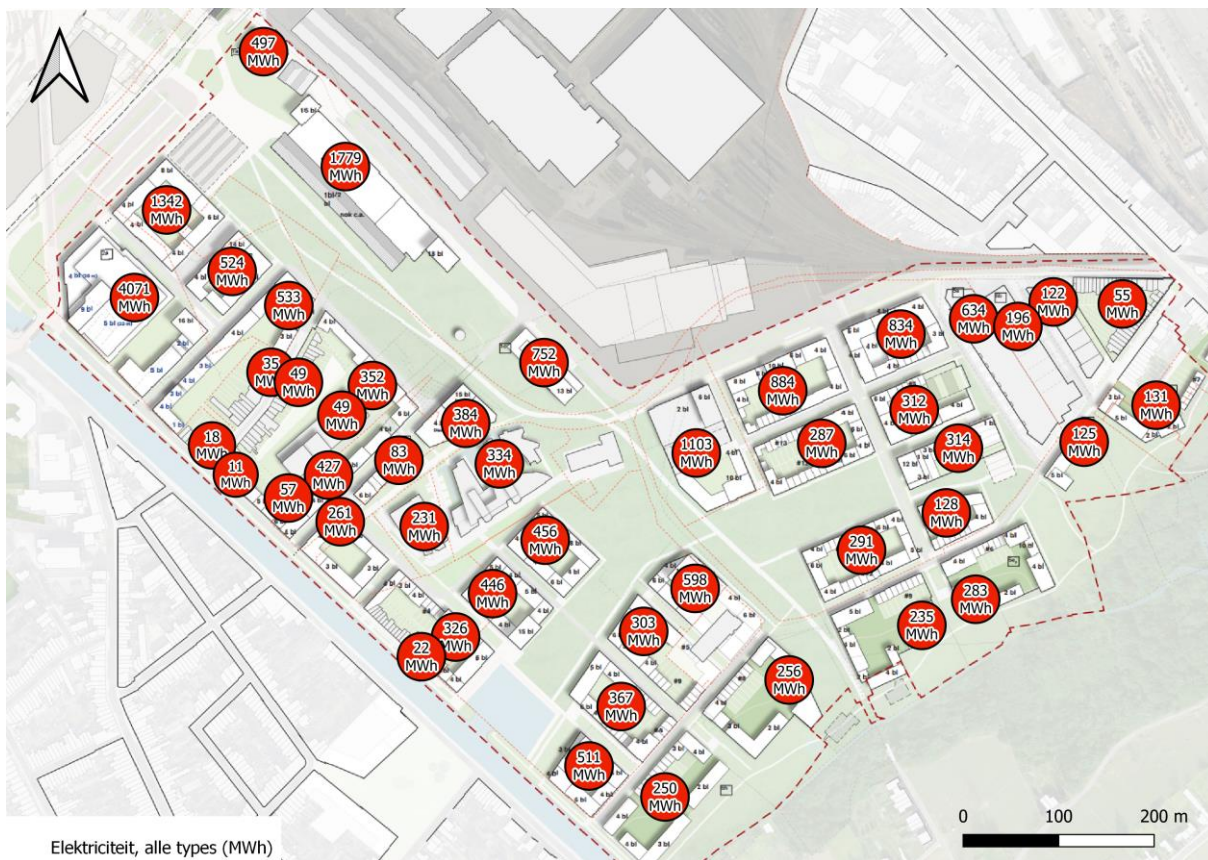
3.2.1.5 Elektriciteit

3.2.1.5.1. Basis elektriciteitsvraag gebouwen

Onderstaande tabel en figuur toont de elektriciteitsvraag op siteniveau zonder het verbruik van eventuele warmtepompen en elektrische voertuigen. +50% van het elektriciteitsverbruik is toe te wijzen aan de kantoren, +35% van het verbruik is residentieel.

Tabel 17 – Elektriciteitsvraag per functie

	Residentieel	Kantoor	Commercieel	Gemeenschap-functies	Totaal
Elektriciteit	7.600 MWh	10.300 MWh	2.600 MWh	700 MWh	21.200 MWh

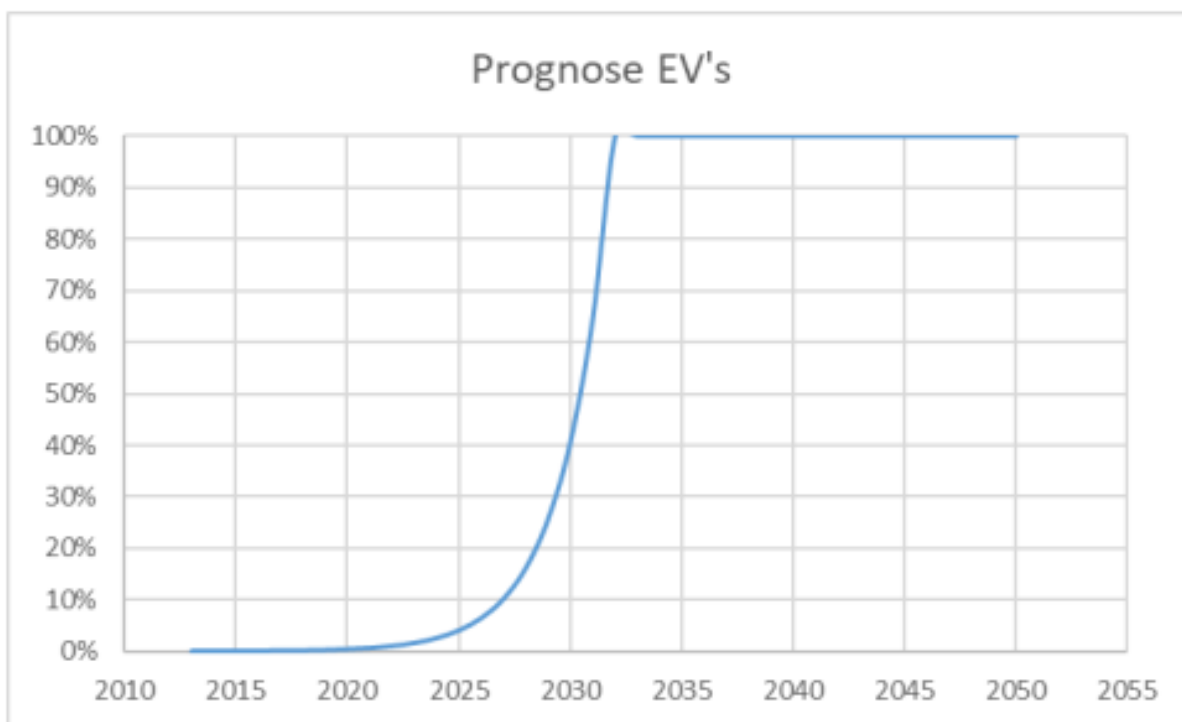


Figuur 37 – Elektriciteitsvraag site

3.2.1.5.2. Elektriciteitsvraag elektrische voertuigen

De elektriciteitsvraag voor elektrische voertuigen is afhankelijk van de groei van elektrische voertuigen de komende jaren. Een prognose werd gemaakt op basis van de huidige statistieken van de federale overheid over het aandeel elektrische voertuigen in het huidige voertuigenpark in België. De gemiddelde stijging van het aantal elektrische voertuigen in het verleden werd doorgetrokken voor de komende jaren zoals te zien is op onderstaande grafiek.

Na 2030 zal deze grafiek in de realiteit waarschijnlijk sneller afvlakken. Toch stellen we 2030 voor als referentie met 40% elektrische voertuigen, gezien ook de recente ambities van de Vlaamse Overheid om tegen 2029 geen nieuwe auto's met fossiele brandstoffen meer te verkopen.



Figuur 38 – Prognose aantal elektrische voertuigen

Op de site worden verschillende parkeergebouwen voorzien, zoals weergegeven op onderstaande figuur. Onderstaand aantal parkeerplaatsen werd doorgegeven door stad Mechelen.

- Parkeergebouw 1: 934 parkeerplaatsen roze velden (incl. stationsparking NMBS)
- Parkeergebouw 2: 500 parkeerplaatsen 3k, 3e, 3b, 3d1, 3f, 3g + bestaande gebouwen Kluwer, Sukuro, De Lijn,
- Parkeergebouw 3: 134 parkeerplaatsen 3c, 3d2, 3j
- Parkeergebouw 4: 516 parkeerplaatsen 4a, 4b, 4c, 4d, 4e, 4f, 4g, 4h
- Parkeergebouw 5: 505 parkeerplaatsen groene velden

Voor bouwvelden 5i (100 pp) en 6a,b,c,d,e,f,g,h,l werden individuele parkeerplaatsen beschouwd per bouwveld. De bouwvelden 6 werd het aantal parkeerplaatsen ingeschat door 1 pp per 100m² kantoor of 1 pp per woning te beschouwen.

Volgend aantal parkeerplaatsen werd berekend op basis van de oppervlaktetabel:

Tabel 18 – Parkeerplaatsen bouwveld 6x

Bouwveld	Opp.
6a	42
6b	55
6c	44
6d	42
6e	95
6f	79
6g	86
6h	84



Figuur 39 – Locatie parkeergebouwen

Totaal elektrische vraag op jaarbasis per parkeerplaats:

- Oppervlakte parkeerplaats: 15 m²/parkeerplaats
- Basisverbruik parkeergebouw: 20 kWh/m² (verlichting, ..) = 300 kWh/pp
- 40% van de wagens in de parking rijdt elektrisch
- Een wagen rijdt gemiddeld 27,6 km na het opladen
- Het verbruik van courante elektrische wagens in de markt anno 2019 werd beschouwd als referentie, waarvan bv. de Tesla die 148 Wh/km verbruikt.
- Zo berekent het model een gemiddeld verbruik van 530 kWh/pp voor het laden.
- Het totaalverbruik incl. gebouwverbruik is **830 kWh/pp** voor de parkeergebouwen.
- Hierbij werd ook rekening gehouden met de bezetting sgraad van de parking gedurende het jaar.

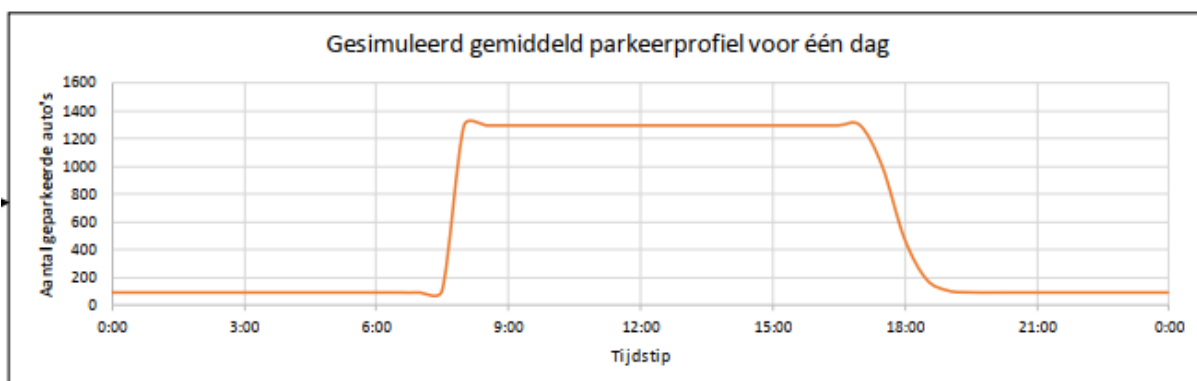
Er werd een jaarsimulatie per uur gemaakt van welke wagens wanneer aanwezig zijn in de parking.

Per parkeergebouw werd de verhouding residentieel / kantoor gerelateerd parkeren berekend.

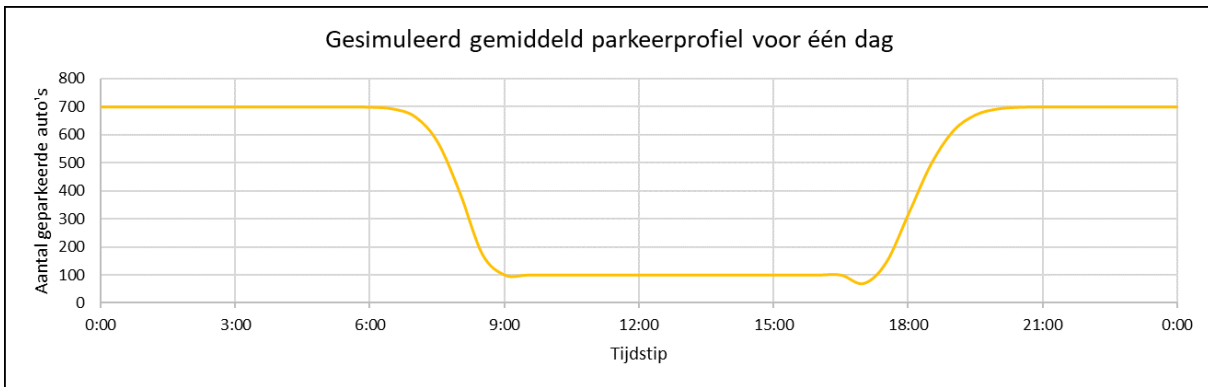
Er werden 3 types laadprofielen gesimuleerd:

- 100% kantoor gerelateerd (vnl. overdag laden)
- 100% residentieel gerelateerd (vnl. 's nachts laden)
- 50%/50% verdeeld kantoor/residentieel (gespreid laden)

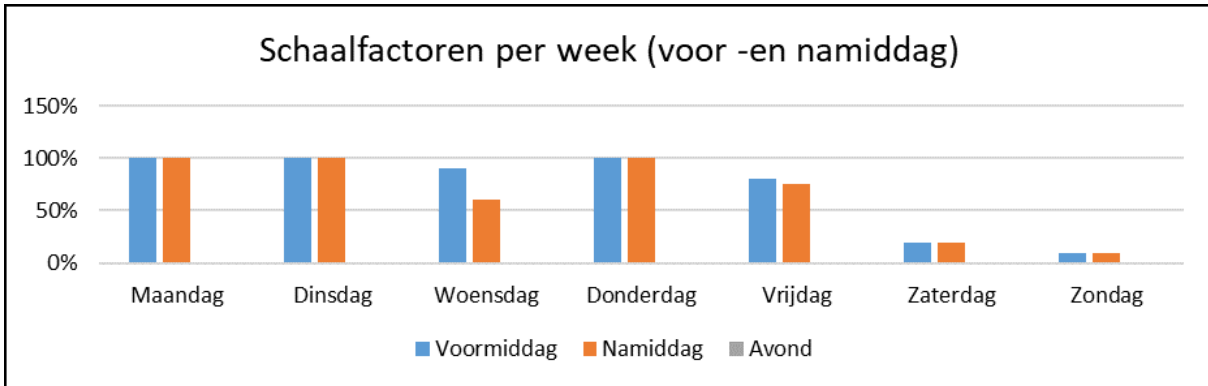
Voor elk parkeergebouw werd het best passende profiel geselecteerd.



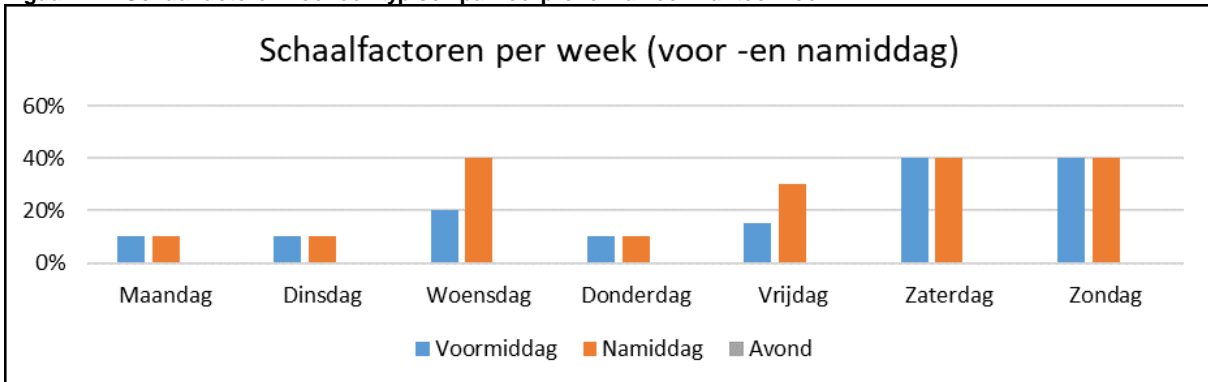
Figuur 40 – Parkeerprofiel van een typische kantoor dag voor 1000 parkeerplaatsen



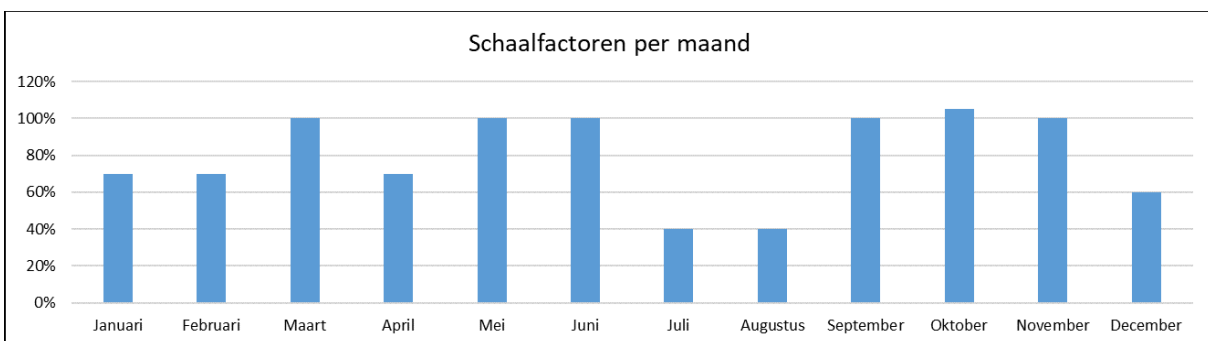
Figuur 41 – Parkeerprofiel van een typische particuliere dag voor 1000 parkeerplaatsen



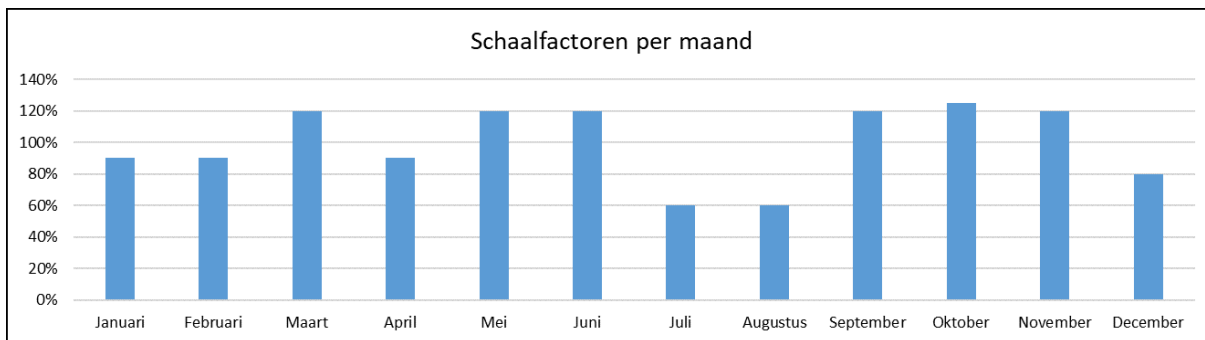
Figuur 42 – Schaalfactoren voor een typisch parkeerprofiel van een kantoorweek



Figuur 43 – Schaalfactoren voor een typisch parkeerprofiel van een particuliere week



Figuur 44 – Schaalfactoren van een typisch parkeerprofiel van een kantoor maand



Figuur 45 – Schaalfactoren van een typisch parkeerprofiel van een particuliere maand

3.2.1.5.3. Potentieel PV-installatie

Op basis van het huidige masterplan is ingeschat welke dakvlakken geschikt zijn voor PV, welke netto-oppervlakte hiervoor in aanmerking komt en het potentieel vermogen dat geplaatst kan worden. Volgende parameters zijn in rekening gebracht:

- Oriëntatie;
- Schaduwimpact (hoog – laag);
- Helling dak;
- Bruto oppervlakte;
- Paneel van 270 Wp met afmetingen 982 mm x 1638 mm

Bij ZO of ZW opstelling kan men rekenen op een opbrengst van +/-100W/m².

De opbrengst kan nog verhoogd worden op twee wijzen:

- OW opstelling;
- Hoge rendementspanelen;

Met deze optimalisaties kan men tot 160 W/m² plaatsen. Gezien de rendabiliteit dan automatisch een stuk lager ligt omdat een deel van de panelen in dit geval noordelijk gericht zijn, wordt in dit rapport 100W/m² aangehouden. Niettemin is het van uit duurzaamheidsoogpunt aan te raden om PV te maximaliseren, zo mogelijk in OW opstelling.

Dit resulteert in de geschikte dakvlakken volgens Figuur 46, met oriëntatie weergegeven in Figuur 47 en met geschatte piekvermogen volgens Figuur 48.

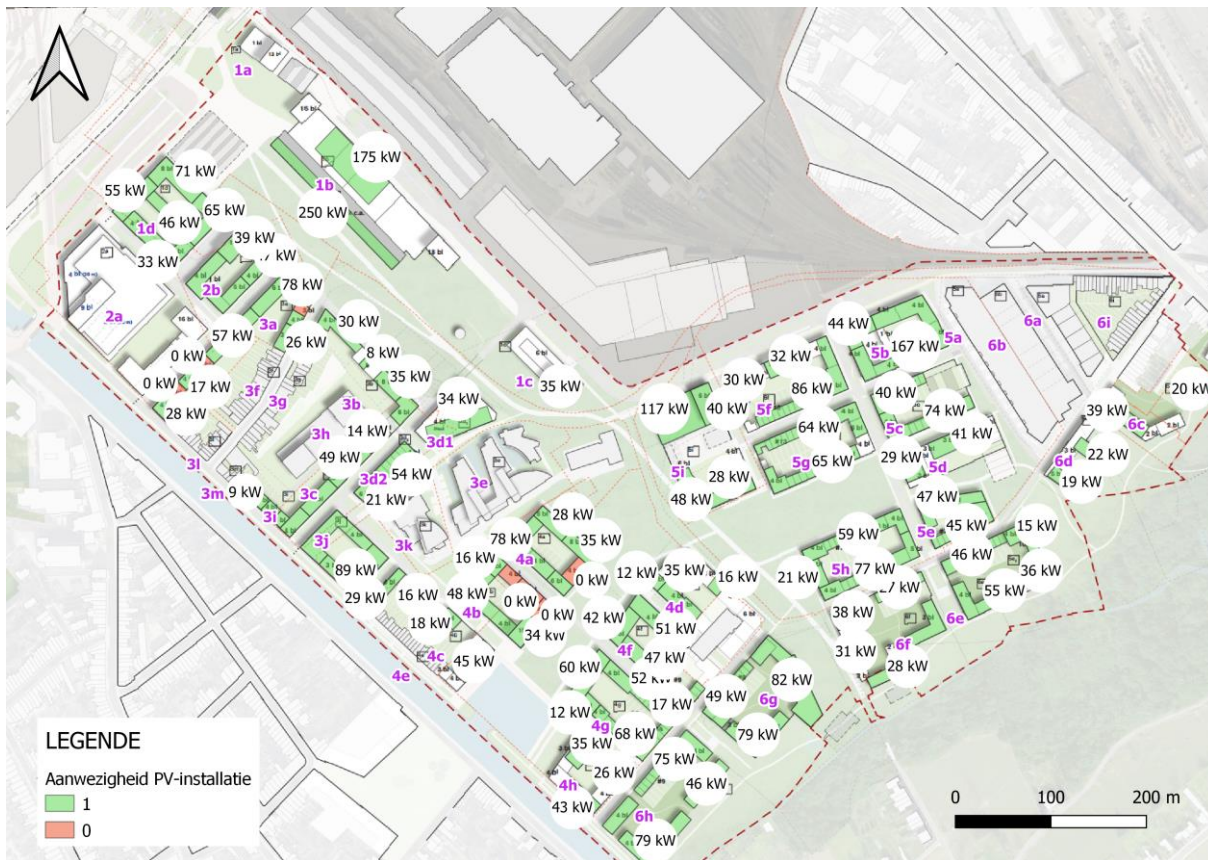
Het totaal ingeschat potentieel op de site bedraagt 4,8 MW (maximaal potentieel tot 7 MW), de oriëntatie is ZO of ZW verondersteld om de opbrengst per kWp te optimaliseren.



Figuur 46 – Geschikte dakvlakken voor PV



Figuur 47 – Oriëntatie geschikte dakvlakken



Figuur 48 – Geschat piekvermogen

Op de site van Ragheno kan men met een PV installatie van 4,8 MWP een opbrengst realiseren van 3,68 GWh. Hierbij is per bouwveld een inschatting gemaakt van de impact van schaduw.

Tabel 19: Resultaten PV analyse

	Productievermogen	Opbrengst	Investeringskost
PV installaties Ragheno	4,8 MWP	3,68 GWh	4.616.100 EUR

In de scenario analyse wordt bekeken wat de opbrengsten zijn van de PV installaties. Dit is afhankelijk van de hoeveelheid energie die meteen ter plaatse kan verbruikt worden achter de teller van de betreffende installaties. Voor het gebouwverbruik worden twee type SLP profielen gehanteerd om het verbruiksprofiel in te schatten van de diverse functies op de site:

- Synergrid S21 - 2021: residentieel verbruiksprofiel
- Synergrid S11 >56kVA – 2021:verbruiksprofiel kantoren, commercieel, overig..

3.2.2 Uitgangspunten

3.2.2.1 Energietarieven

Gemiddelde energietarieven (periode 2018 – 2020) zijn vooropgesteld in de studie, er is geen rekening gehouden met de toekomstige capaciteitstarieven.

Een opdeling is gemaakt op basis van grootteorde van verbruiker:

- “Klein” verbruiker: alle residentiele afnemers;
- “Midden”: KMO’s (kleine kantoren tot 3.000 m²) en commerciële ruimtes;
- “Groot”: Kantoren vanaf 3.000 m², gemeenschappelijke functies (sporthal,...) en collectieve aansluiting op gebouwniveau;

Tabel 20 – Basis energietarieven

	Klein	Midden	Groot
--	-------	--------	-------

Elektriciteit	232 €/MWh	227 €/MWh	141 €/MWh
----------------------	-----------	-----------	-----------

3.2.2.2 Financiële parameters

Parameters zoals inflatie, IRR, indexering,... werden in samenspraak met de stad Mechelen niet opgenomen in de studie. Dit omwille van andere onzekerheden (evolutie energieprijzen, taxshift,...) die al een invloed hebben op de economische haalbaarheid.

Subsidies zijn ingerekend op basis van de Call groene warmte en groene stroom voor 2021. Een realistische inschatting is gemaakt op basis de reeds toegekende subsidies (bron mail VEKA), er moet rekening gehouden worden met de onzekerheid van deze subsidies in de toekomst.

3.2.2.3 CO2-uitstoot

Verschillende bronnen vermelden verschillende waarden voor CO2-emissiefactoren. Voor deze studie is de laatst beschikbare emissiefactor (2019) toegepast in de CO2-inventarissen van het Burgemeesterconvenant gebruikt (<https://www.burgemeestersconvenant.be/co2-inventarissen>). Deze bedraagt 213,2 tonCO2/MWh voor elektriciteit en 202 ton CO2/MWh voor aardgas. Om de vergelijking met benzineauto's te kunnen maken, wordt hiervoor 125 gCO2/km aangenomen.

3.3 CONCEPTSTUDIE

Op basis van een longlist met mogelijke energetische opties is een kwalitatieve selectie gebeurd in samenspraak met de stad Mechelen om te komen tot een shortlist met technieken waaruit de verschillende concepten (Elektriciteit en warmte/koude) opgebouwd zijn.

3.3.1 Longlist

Tabel 21 – Longlist mogelijke energietechnieken

Voorstel	Toegepaste techniek	Gekende techniek	TVT	Investeringskost	CO2-reductie	E-peil reductie	Gefaseerde	Future Proof	Onderhoudsvriendelijk	Levensduur	Eenvoudig voor	selectie	Opmerkingen
Grote windmolens												0	Site niet geschikt -> stadomgeving
Middelgrote windmolens												0	Site niet geschikt -> stadomgeving
Kleine windmolens	-	-	-	-	++	+	+++	+	-	+	-	0	Site niet geschikt -> stadomgeving
PV-panelen	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	+++	+++	x	
Brandstofcel - elektriciteit uit waterstof	-	+	-	-	+	-	-	+	-	+	-	0	Waterstof centraal te voorzien + verdeling elek niet mogelijk
Waterstof/Syngas gestookte WKK	-	+	-	-	+	-	-	+	-	+	-	0	Waterstof centraal te voorzien + verdeling elek niet mogelijk
Biogasgestookte WKK												0	Schaalgrootte belangrijk voor TVT + brandstof transport vermijden
Biofuel gestookte WKK												0	Schaalgrootte belangrijk voor TVT + brandstof transport vermijden
Individuele aardgasgestookte WKK	++	+++	+++	++	+	+	++	-	-	+	-	0	Voor bepaalde gebouwen een optie, geen collectieve oplossing

Collectieve aardgasgestookte WKK	++	+++	+++	++	+	+	+	-	-	+	-	0	Verdeling elek is niet mogelijk, tenzij directe lijn
STEG centrale op vaste biomassa												0	Schaalgrootte belangrijk voor TVT + brandstof transport vermijden
Verstoken van vaste biomassa												0	Beperkt potentieel uit houtkanten (638 MWh volgens studie OVAM/Vito), brengt extra transport op de site mee
Kleinschalig zonthermisch	+	+++	+	+	+++	++	+++	+++	+	++	++	x	Rendabiliteit af te wegen met PV
Grootschalig zonthermisch	-	+++	+	+	+++	++	++	+++	+	++	+	x	Rendabiliteit af te wegen met PV
Kleinschalig PVT	-	+	+	+	+	++	++	+++	+	++	+	x	Rendabiliteit af te wegen met PV + lage temperatuur waterzijdig nodig voor hoge opbrengst
Grootschalig PVT	-	+	+	+	+	++	++	+++	+	++	+	x	Rendabiliteit af te wegen met PV + lage temperatuur waterzijdig nodig voor hoge opbrengst werkt best bij retourtemperatuur van 0 - 5 °C
Diepe geothermie												0	Verder studiewerk aangewezen, potentieel mogelijk beperkt in Mechelen.
Warmtewisselaar op effluent RWZI	-	++	+	+	++	++	+	+++	++	++	-	0	Afstand tot site te groot
Warmtewisselaar op BEO veld	++	++	+	+	++	++	+	+++	++	++	-	x	Site geschikt
Warmtewisselaar op KWO	+	++	+	+	++	++	-	+++	++	++	-	0	Ondergrond niet geschikt
Warmtewisselaar via riothermie	-	++	-	-	++	++	-	+++	+	+	-	x	Collector DN800 loopt over de site (afgeleid uit de Leuvensesteenweg), moeilijker icm fasering
Kanaal Leuven - Dijle	-	+	-	-	++	++	-	+++	+	++	-	x	Potentieel groot, maar moeilijk in te schatten (debiet?)
Restwarmte Alpha Cloud	-	+	+	-	+++	++	-	+++	+	++	-	x	Potentieel groot
Individuele KWO	-	+++	-	+	++	++	+	+++	+	+++	-	0	Schaalgrootte belangrijk voor TVT
Collectieve KWO	+	+++	+	+	++	++	+	+++	+	+++	-	0	Ondergrond niet geschikt
Individueel BEO veld	++	+++	+	+	++	++	++	+++	++	+++	++	x	Aandachtspunt is inplanting + beschikbare plaats

Collectief BEO veld	++	+++	+	+	++	++	+	+++	++	+++	+	x	Aandachtspunt is inplanting + beschikbare plaats
Individuele luchtwater warmtepomp	++	+++	++	++	+	+	+++	+++	+	+	++	x	Geluid is aandachtspunt
Collectieve luchtwater warmtepomp	++	+++	++	++	+	+	++	+++	++	++	+	x	Geluid is aandachtspunt, eerder voor gebouwniveau (niet bouwblok)
Individuele bodem/waterwater warmtepomp	++	+++	++	++	++	++	+++	+++	+	+	++	x	Gekoppeld aan KWO/BEO
Collectieve bodem/waterwater warmtepomp	++	+++	++	++	++	++	++	+++	++	++	+	x	Gekoppeld aan KWO/BEO
Centrale gasketel - Waterstofready	-	+	-	-	+	+	+	++	+	+	-	0	Aansluiting gasnet en ruimte voor later opslag H2 te voorzien. transport op de site zal verhogen!
Decentrale gasketel - waterstofready	-	+	-	-	+	+	+++	++	+	+	-	0	Waterstof te verdelen over de site -> veiligheid is probleempunt!
Vergisting van groenafval en gft of gft+	-	+	-	+	+		+	+	+	+	-	0	Hoge kost voor installatie
Vergisting van bermmaaisel	-	+	-	+	+		+	++	+	+	-	0	Hoge kost voor installatie + beperkt potentieel
Laadinfrastructuur elektrisch	++	++	+++	+	++	0	+++	+++	++	++	+	x	Verplichting + "no brainer"
Elektriciteitsnet												x	Standaard
Warmte net HT- richttemperatuur 120°C	-	++	-	-	-	+	+	-	-	+++	-	0	Verouderde technologie
Warmte net HT- richttemperatuur 80°C	++	+++	-	-	-	+	+	++	-	+++	-	0	Verouderde technologie + moeilijk CO2-neutraal
Warmte net LT- richttemperatuur 40°C	+	++	-	-	+	++	+	+++	-	+++	-	x	Ifv keuze scenario
Koudenet - richttemperatuur 10°C	+	+++	-	-	++	++	+	+++	-	+++	-	x	Ifv keuze scenario
Waterstofnet	-	-	-	-	+	+	+	+	-	+++		0	Veiligheid, aansluiting liefst op collectieve stookplaats, eerder in industriële omgeving
Aardgasnet	+++	+++	-	-	-	-	+	-	+	+++	+++	x	Niet koolstofneutraal, wel optie om later over te schakelen op waterstof
Opslag van elektriciteit	+	+++	-	-	+	-	+	+++	+	-	-	0	Op dit moment kosten/baten niet OK + LEC nodig
Opslag van warmte	+	+++	+	+	++	++	+	+++	+	+++	-	x	Zie BEO

Opslag van warmte in PCM of TCM	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	0	Kost, eerder lokaal in gebouwmassa als optie
Opslag van waterstof	-	+	-	-	-	-	+	+	-	+	-	0	Enkele centrale opslag te bekijken, veiligheid!
Opslag van biogas												0	Beperkt potentieel
Opslag van biomassa												0	Beperkt potentieel

3.3.2 Shortlist

Tabel 22 – Shortlist energietechnieken

Voorstel	Schaal				Temperatuur-niveau warmte			Koeling	Fossiel-vrij	Opmerking
	Individueel	Gebouw	Bouwblok	Stadsdeel	Neutraal (5 a 20°C)	Laag (ca 40°C)	Hoog (ca 70°C)			
PV-panelen	x	x						0	x	
Zonthermie	x	x	x	x	x	x	x	0	x	
PVT		x			x			0	x	Collectief per gebouw te plaatsen icm warmtepomp
BEO		x	x	x	x	x		x	(x)	Fossielvrij onder voorwaarde groene stroom
WW warmte- pomp	x	x	x	x		x		x	(x)	Fossielvrij onder voorwaarde groene stroom
L/W warmte- pomp	x	x	(x)	(x)		x		x	(x)	Fossielvrij onder voorwaarde groene stroom
Laad-infra	x	x	x	x				0	x	Fossielvrij onder voorwaarde groene stroom
Gasnet	x	x	x	x		x	x	0	0	Optioneel als back-up in collectief net
Riothermie				x	x			x	x	Fossielvrij onder voorwaarde groene stroom
Kanaal Leuven - Dijle				x	x			x	x	Fossielvrij onder voorwaarde groene stroom
Restwarmte Alpha-cloud				x	x	x		x	x	Gebonden aan aanwezigheid van AlphaCloud + fasering (ligt aan laatste fase)

3.3.3 PV-panelen

In een fotovoltaïsch (PV) zonne-energiesysteem zetten zonnecellen het opgevangen licht om in elektrische energie onder de vorm van gelijkstroom. Een omvormer vormt de gelijkstroom om naar wisselstroom. Er bestaan verschillende types zonne-cellen, waarvan volgende 2 de meest voorkomende zijn:

- Kristallijne silicium zonnecellen;
- Amorfe silicium zonnecellen verwerkt in EPDM-dakmembranen (waterdichtende laag).

De markt wordt meer en meer overheerst door mono- en polykristallijne panelen. Het marktaandeel van de de dunnefilmpanelen (amorf) is sterk afgenomen. Hier zijn tal van redenen voor:

- Hogere investeringskost;
- Lager rendement;
- Minder efficiënte plaatsinname;
- Beperkt aanbod.

Als gevolg van het lagere rendement, moeten er meer panelen geplaatst worden om hetzelfde vermogen te genereren. Bijgevolg is de benodigde oppervlakte en de montagekost groter.

De levensduur van de panelen bedraagt ongeveer 25 à 30 jaar, de omvormer gaat ongeveer 15 à 20 jaar mee. Theoretisch is de zonne-instraling maximaal voor een zonnepaneel dat naar het zuiden gericht is onder een hellingsgraad van 35°. Praktisch verkiest men echter een kleinere hellingsgraad. Dit omwille van twee redenen.

- Meer efficiënte plaatsinname: Er kunnen meer panelen en dus een groter vermogen op eenzelfde oppervlak ge-plaatst worden. Door de panelen onder een hoek te plaatsen, ontstaat immers schaduwvorming, waardoor de panelen voldoende uit elkaar geplaatst moeten worden.
- Minder windbelasting.

De draagconstructies moet voorzien worden van ballast of worden aan elkaar vastgemaakt. De draagkracht van het dak moet hierop voorzien worden. Opdat de panelen elkaar niet beschaduen moeten ze voldoende ver van elkaar geplaatst worden.

Beschikbare dakoppervlakte en te plaatsen vermogen wordt verder in dit rapport onderzocht 3.2.1.5.3.

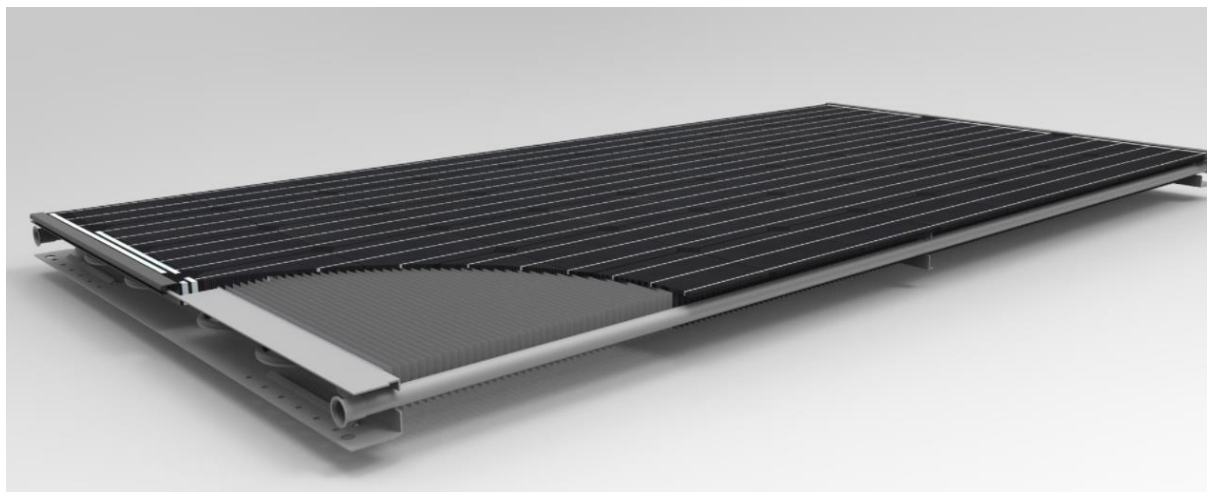
3.3.4 Zonthermie

Zonthermie zet zonnestraling om in warmte en slaat die warmte op in een voorraadvat. Geeft de zon onvoldoende warmte, dan zorgt de naverwarming ervoor dat er altijd voldoende warm water beschikbaar is. De keuze van het type collector is afhankelijk van de toepassing, het gewenste temperatuurniveau, het vooropgesteld rendement en de mogelijke inplanting.

Hoewel zonthermie een geschikte technologie is voor het opwekken van duurzame fossielvrije warmte, wordt deze niet verder opgenomen in de studie omwille van het spanningsveld tussen zonthermie en PV. Beide vereisen de nodige dakoppervlakte, waarbij in eerste instantie de keuze voor PV omwille van hogere opbrengsten / lagere investeringskosten in functie van de oppervlakte.

3.3.5 PVT

PVT-panelen (Photo Voltaïsch en Thermisch) zetten zonnestraling om in elektriciteit en warmte. Het rendement van de elektriciteitsopwekking stijgt door de gelijktijdige warmteontrekking. Thermisch zijn lagere temperaturen te behalen dan bij klassieke zonthermie. Dit type paneel werkt optimaal bij lage watertemperaturen en is hierdoor geschikt in combinatie met warmtepompen als warmtebron of voor de regeneratie van bodemsystemen.



Figuur 49 – PVT-paneel (Triple Solar)

PVT-panelen worden verder in dit rapport onderzocht als mogelijke bron van regeneratie van een BEO-veld. Er is voldoende dakoppervlakte beschikbaar om een eventueel BEO-veld in balans te brengen.

3.3.6 BEO

Een BEO-veld bestaat uit een gesloten watercircuit met verticale buizen in de grond. In dit circuit wordt warmte uitgewisseld met de bodem. In de winter wordt er warmte uit de bodem onttrokken terwijl tijdens de zomer warmte in de bodem wordt gestockeerd. Het koelen tijdens de zomer gebeurt niet door de warmtepomp zelf, maar door passieve koeling via een warmtewisselaar. De koude kan afgegeven worden via het systeem van vloerverwarming of via de ventilatielucht indien een systeem type D toegepast wordt.

Met behulp van de Databank Ondergrond Vlaanderen kan het dieptecriterium bepaald worden. Tot die diepte is enkel een meldingsplicht nodig om te boren. Om dieper te boren, moet een vergunning aangevraagd worden. Indien gekozen wordt voor een BEO-veld is het sterk aanbevolen om eerst een proefboring op de locatie te laten uitvoeren. Dit enerzijds om het onttrekkingsvermogen en anderzijds de weerstand tijdens het boren correct in te schatten. Deze factoren hebben immers een sterk invloed op de rendabiliteit van het systeem en kan per locatie sterk verschillen.

Een eerder rapport⁶, vermeldt dat er: *“verdeeld over de site van Ragheno zones zijn met een historische bodemverontreiniging tot op een diepte van ongeveer 13 m (top kleilaag). Wanneer er in deze zones een BEO-systeem aangelegd wordt, bestaat er het risico dat de oppervlakteverontreiniging ook verspreid wordt in dieper gelegen watervoerende lagen. Om deze verdere verspreiding te voorkomen, kunnen volgende uitvoeringsmethodes gehanteerd worden, in aflopende volgorde van voorkeur:*

⁶ Ragheno – Energie, Lemmens B. (Arcadis), februari 2017, iov stad Mechelen

- *Complete sanering vóór aanleg BEO-veld*
- *Speciaal boorprocédé hanteren, waarbij er in 2 fases geboord wordt:*
 - *Boren in de vervuilde zones tot de top van de klei;*
 - *Plaatsen van een stalen casing die gecementeerd wordt en zo een afscheiding garandeert tussen het verontreinigde quartair en de niet-verontreinigde dieper gelegen lagen;*
 - *Binnen in de casing verder boren door de klei tot op de gewenste diepte (150 m);*
 - *De verdere aanvulling en afwerking is vergelijkbaar met een klassiek BEO-systeem*
- *Boringen centraliseren in zones waar er geen verontreiniging zit en een transportleiding (warmtenet op lage temperatuur) plaatsen om de geothermische, laagwaardige warmte te verdelen naar de decentraal opgestelde warmtepompen."*

Voor de verdere studie is uitgegaan van het gebruik van het speciale boorprocédé in combinatie met het reglementair afvoeren van het boorwater én de vervuilde grond uit deze toplaag. Dit impliceert een meerkost van een mogelijk BEO-veld van +- 8% op de basiskost, deze meerkost wordt in rekening gebracht in de verdere TCO-berekeningen.

Aantal boringen, diepte,... wordt verder in dit rapport onderzocht (zie 3.5.4).

3.3.7 W/W-warmtepomp

Een warmtepomp onttrekt warmte uit de omgeving en geeft ze af aan de verwarmingsinstallatie. De warmteafgifte bij een warmtepomp gebeurt bij voorkeur door een lagetemperatuur-afgiftesysteem zoals vloerverwarming. Een water/water warmtepomp kan gekoppeld aan een verticale grondwarmtewisselaar (boorgat-energie-opslag of BEO-veld).

W/W warmtepompen worden verder in dit rapport opgenomen in het betreffende scenario.

3.3.8 L/W-warmtepomp

Een warmtepomp onttrekt warmte uit de omgeving en geeft ze af aan de verwarmingsinstallatie. De warmteafgifte bij een warmtepomp gebeurt bij voorkeur door een lagetemperatuur-afgiftesysteem zoals vloerverwarming. In deze studie onderzoeken we een lucht/water warmtepomp die de buitenlucht als warmtebron gebruikt. Bij lage buitentemperaturen hebben lucht/water warmtepompen een laag rendement, de investeringkost is echter beperkt. De levensduur van een dergelijke warmtepomp bedraagt ongeveer 15 jaar.

L/W warmtepompen worden verder in dit rapport opgenomen in het betreffende scenario.

3.3.9 Laadinfra

Bij omgevingsvergunningsaanvragen vanaf 11 maart 2021 voor nieuwbouw geldt een verplichting dat de nodige infrastructuur moet voorzien worden zodat de installatie van oplaadpunten voor **elke** parkeerplaats mogelijk wordt in een later stadium of dat reeds een aantal oplaadpunten effectief voorzien wordt:

- Nieuwbouw woongebouwen: op een parkeerterrein met 2 of meer parkeerplaatsen is **laadinfrastructuur** verplicht voor elke parkeerplaats;
- Voor niet-woongebouwen is op een Parkeerterrein met meer dan 10 parkeerplaatsen verplicht:
 - minstens 2 **oplaadpunten**;
 - én **laadinfrastructuur** voor 1 op 4 parkeerplaatsen.

Overzicht van de verplichtingen voor laadpunten bij parkeerterreinen

	Nieuwbouw (omgevingsvergunning vanaf 11 maart 2021)	Ingrijpende renovatie (omgevingsvergunning vanaf 11 maart 2021)	Bestaande gebouwen vanaf 2025
Woongebouwen	Parkeerterrein met 2 of meer parkeerplaatsen: laadinfrastructuur verplicht voor elke parkeerplaats	Parkeerterrein met meer dan 10 parkeerplaatsen: laadinfrastructuur verplicht voor elke parkeerplaats	Geen verplichtingen
Niet-woongebouwen	Parkeerterrein met meer dan 10 parkeerplaatsen: - minstens 2 oplaadpunten - én laadinfrastructuur voor 1 op 4 parkeerplaatsen		Parkeerterrein met meer dan 20 parkeerplaatsen: minstens 2 oplaadpunten

Figuur 50 – Overzicht verplichtingen laadinfrastructuur (bron: VEKA)

Definitie laadinfrastructuur volgens de Vlaamse Overheid: de nodige leidingen of minstens de nodige kabelwegen. Interpretatie Ingenium:

- Apart elektrisch bord laadinfra, grootte gedimensioneerd op 100% van de parkeerplaatsen.
- Bij een groot aantal laadpunten kan je uiteraard nadenken om gefaseerd meerdere borden te voorzien. Zorg minstens voor de nodige ruimte voor die elektrische borden, HS cabine, transfo(s), ...
- Sectie van kabel naar elektrisch bord laadinfra ook gedimensioneerd op vermogen in de toekomst (rekening houden met slimme sturing om die vermogens realistisch te houden).
- Kabelgoten/wachtbuizen voorzien naar elk laadpunt. Hou rekening dat hier vaak naast sterkstroom kabel(s) ook een UTP kabel toekomt per laadpunt. Kabels hoeven niet op voorhand getrokken worden, indien dit nadien eenvoudig bij te trekken is.

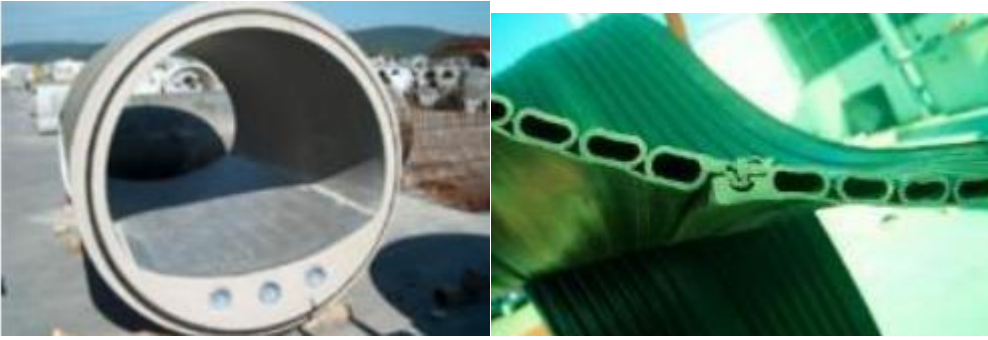
3.3.10 Gasnet

Gelet op het feit dat vanaf 1 januari 2021 geen aardgasaansluitingen meer toegelaten zijn bij nieuwe grote projecten én vanuit fossiel vrij oogpunt wordt een gasnet niet verder onderzocht in de studie. Dit kan eventueel wel dienen als back-up installatie voor mogelijke collectieve energievoorzieningen.

3.3.11 Riothermie

Warmterecuperatie uit afvalwater kan op 3 plaatsen in de afvalwaterketen gebeuren: in het gebouw zelf, in de riolering of op het effluent van de rioolwater zuiveringsinstallatie (RWZI). De warmtebron heeft een temperatuur tussen 10°C en 35°C, afhankelijk van de afstand tot de lozingspunten en de plaats waar warmte gerecupereerd wordt. Een warmtepomp zal steeds ingeschakeld moeten worden om deze warmte op een hoger temperatuurniveau te brengen. Gezien de schaalgrootte van het project en de afstand tot de naburige RWZI wordt recuperatie in de riolering als alternatief onderzocht. In overleg met Aquafin en Pidpa werden de mogelijkheden bekeken naar:

- Bruikbare collectoren in de buurt (diameter en debiet voldoende hoog/constant);
- Te gebruiken technologie:
 - Ingebouwd in de rioleringsbuis: ingewerkt in of rond buiswand van de riolering. Dit is mogelijk wanneer een nieuwe collector in de nabije toekomst geplaatst wordt;
 - Warmtewisselaar geplaatst onderaan de rioleringsbuis. Dit is in alle situaties mogelijk;
 - Een externe warmtewisselaar.



Ingebouwde warmtewisselaar (rabtherm) / Warmtewisselaar onderaan de riolering (Brandenburger Liner).

Het potentieel aan beschikbare warmte van riothermie op de site is ingeschat op basis van gegevens aangeleverd door Pipda (overleg 03/05/2021), de leidraad Riothermie⁷ en de richtlijnen voor hydraulisch ontwerp van riolering⁸. Deze inschatting is eerder conservatief opgemaakt, verdere detailanalyse (temperaturen en debieten) is nodig.

De meest geschikte collector bevindt op de site van NMBS en is een ingebuisde waterloop die in de toekomst gerenoveerd zal worden. Deze heeft vermoedelijk een diameter van DN800 of DN 1000. Er is uitgegaan van volgende parameters om het potentieel aan warmte te bepalen:

- DN800 -> 40.000 IE;
- Lengte van de te renoveren wisselaar: 400m;
- Onttrekkingsvermogen: 1,5 kW/m (conservatieve inschatting);
- Maximale temperatuursdaling van het afvalwater: 2K;
- Beschikbaar vermogen: 600 kW;
- Beschikbare warmte: 5.000 MWh

Riothermie zal altijd aanvullend warmte voorzien voor de warmtepompen naast een andere warmteopwekker (vb een BEO-veld) omwille van het beschikbare piekvermogen. Ook kan het BEO-veld of KWO geregenereerd worden met warmte uit de riolering om zo tot een optimaal werkende installatie te komen, de combinatie met een BEO-veld wordt verder in dit rapport onderzocht (3.5.4).

3.3.12 Kanaal Leuven – Dije

De Raghenosite is gelegen aan het kanaal Leuven Dije en kan gebruikt worden als een “Energie uit OppervlakteWater” systeem (EOW). Water wordt onttrokken uit het kanaal en wordt geleid naar een warmtewisselaar, waarna het terug in het kanaal geloosd wordt.

Aandachtspunten zijn:

- Wateroverlast moet ten allen tijde vermeden worden, specifieke aandacht voor de doorboring van de damwand is vereist. Details moeten overgemaakt worden aan de Vlaamse Waterweg NV en worden beoordeeld;
- De waterkwaliteit moet gecontroleerd worden (invloed temperatuurverandering);
- Het teruggevoerde water mag maximaal 3K in temperatuur verandert zijn;
- Heffingen op lozing van water moeten in rekening gebracht worden.

Gegevens over het debiet en de temperatuur van het water zijn niet gekend. Het potentieel is ingeschat op basis van het vuldebiet volgens het Bekkenbeheerplan⁹ en de maximale temperatuursverandering:

- 225 kW;
- 2.000 MWh.

De combinatie met een BEO-veld wordt verder in dit rapport besproken in 3.5.4.

3.3.13 Restwarmte Alphacloud

Het datacenter van Alphacloud is in vogelvlucht op 300 m gelegen van de Raghenosite. Gezien de continu vraag naar koeling (= restwarmte), is dit zeer geschikt als warmtebron in combinatie met warmtepompen.

Het potentieel wordt ingeschat op:

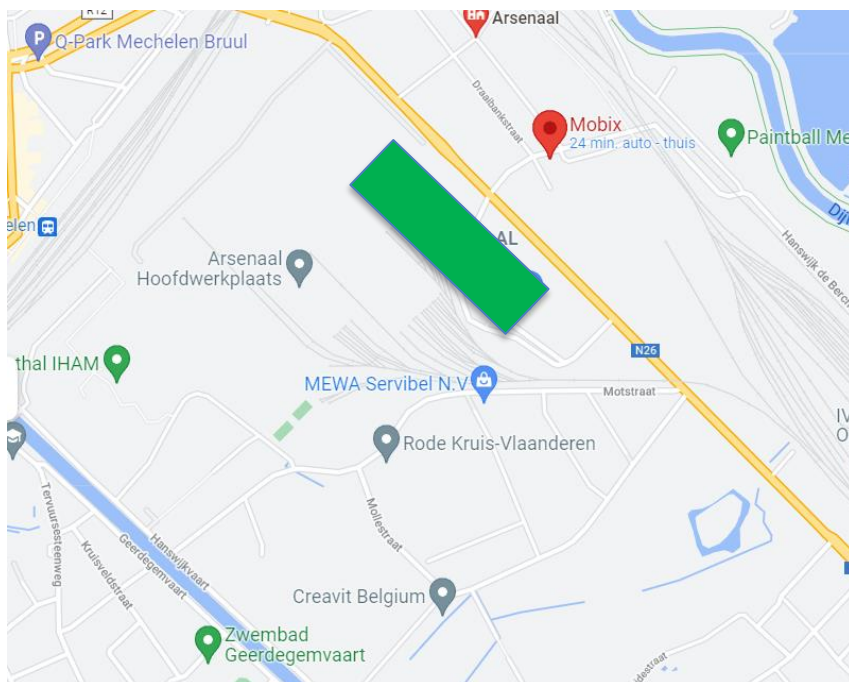
- 1.100 kW;

⁷ Leidraad Riothermie, Cyx W. (Kelvin Solutions), De Herdt R. (Ingenium), september 2018, iov VMM.

⁸ Richtlijnen met betrekking tot het ontwerp van riolering, Farys, september 2018.

⁹ Het bekkenbeheerplan van het Dije-Zennebekken, Integraal Waterbeleid.

- 10.000 MWh.



Figuur 51 – Datacenter Alpha Cloud

De combinatie met een BEO-veld wordt verder in dit rapport besproken in 3.5.4.

3.4 ELEKTRICITEIT

Voor de energievector elektriciteit werd in hoofdstuk 3.3.2 uit de shortlist, PV installaties en laadinfrastructuur weerhouden als voornaamste elektrische technieken om uit te rollen op de Ragheno site. Er werd een dakenplan uitgewerkt met alle beschikbare zones voor zonnepanelen in GIS, zie hoofdstuk 3.2.1.5.3. Van uit GIS wordt deze data in Excel getrokken en kan men per dak diverse parameters uitlezen:

- ID dak + gebouw
- Oriëntatie
- Schaduw
- Beschikbaarheid
- Helling dak
- Oppervlakte dak
- Vermogen zonnepanelen

Van uit deze informatie werd per dak deel berekend wat de opbrengst is en de bijhorende economische analyses. Volgende parameters werden bepaald:

- Investeringskost
- Onderhoudskost
- Gemiddelde opbrengst per jaar

Om een terugverdientijd te kunnen bepalen van de zonnepanelen, bepaalt men eerst hoe de zonnepanelen ingekoppeld worden aan de verschillende verbruikers op de site.

Zo werden in samenspraak met stad Mechelen verschillende scenario's gedetecteerd van uit de shortlist:

- Scenario 1: PV installaties ingekoppeld op het gebouwverbruik
- Scenario 2: PV installaties ingekoppeld op het gebouwverbruik per + de parkeergebouwen met laadinfrastructuur (ref. jaar 2030)
- Scenario 3: PV installatie ingekoppeld op het gebouwverbruik + de parkeergebouwen met laadinfrastructuur (ref. jaar 2030) + het warmtepomp verbruik.

Uitgangspunten berekening:

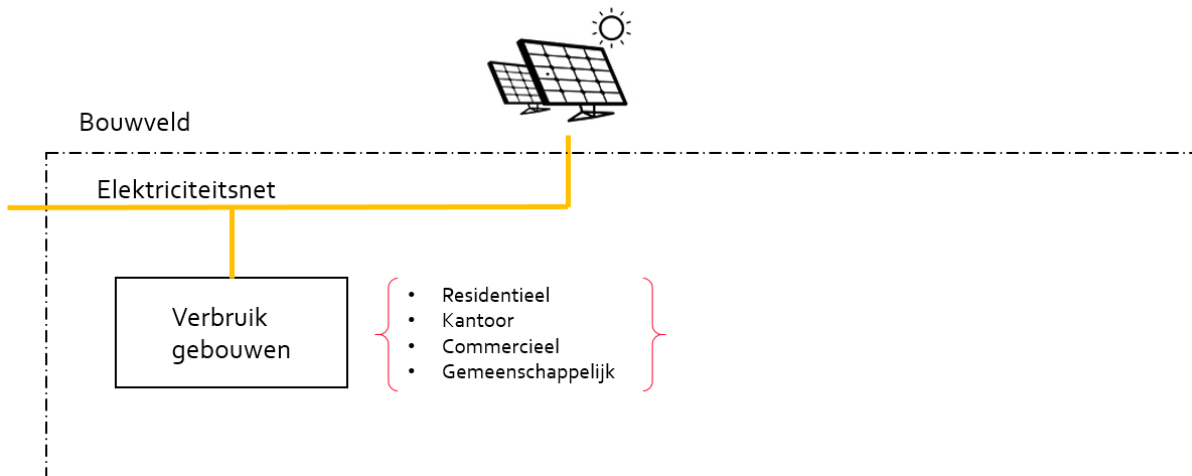
- Gebouwverbruik per bouwveld en per functie (residentieel, kantoor, commercieel of gemeenschapsfunctie) berekend
- PV installatie gebundeld per bouwveld;

- Businesscase (=intern verbruik) wordt berekend per bouwveld, verder onderverdelingen worden verwaarloosd gezien beperkte impact op businesscase;

3.4.1 Scenario 1 – PV installatie: gebouwverbruik

Eerst en vooral wordt bestudeerd welk aandeel zonnepanelen men kan realiseren door enkel rekening te houden met het lokaal gebouwverbruik.

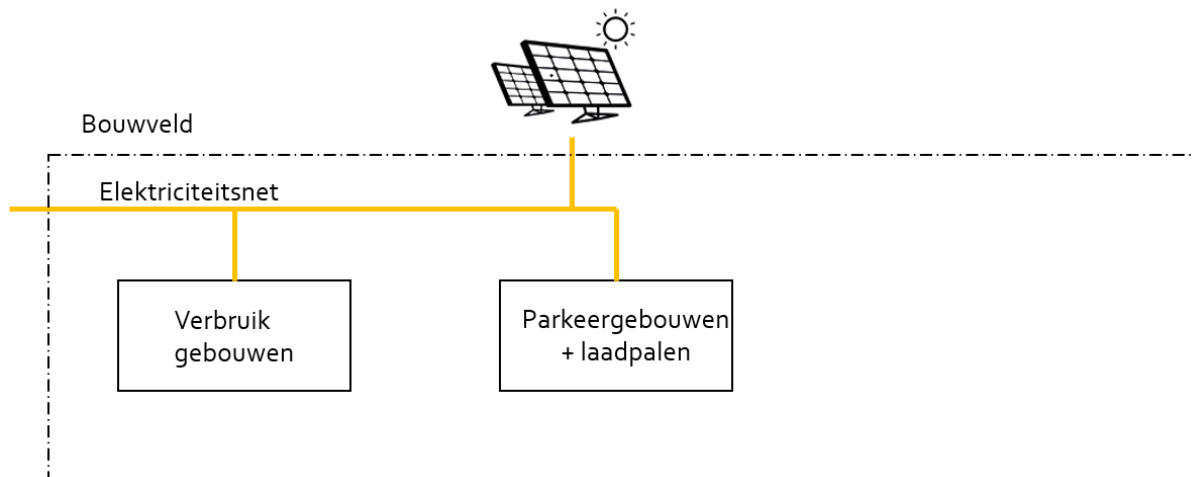
In realiteit zal elke gebruiker/functie zijn eigen aansluiting hebben en zullen PV installaties verder opgesplitst worden in verhouding tot het verbruik van elke verbruiker binnen een bouwveld.



Figuur 52: Principieel schema scenario 1

3.4.2 Scenario 2 – PV installatie: gebouwverbruik + laadinfra

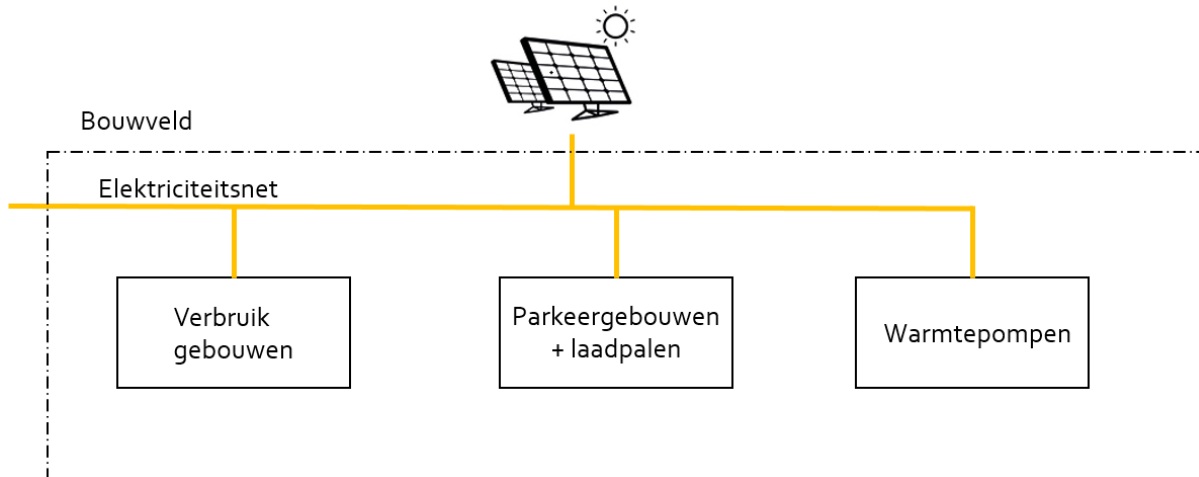
In scenario 2 wordt bestudeerd welk aandeel zonnepanelen men kan realiseren door rekening te houden met zowel het lokaal gebouwverbruik als het verbruik van de parkeergebouwen. In deze parkeergebouwen is de situatie anno 2030 beschouwd zoals besproken in hoofdstuk 3.2.1.5.2.



Figuur 53: Principieel schema scenario 2

3.4.3 Scenario 3 – PV installatie: gebouwverbruik + laadinfra + warmtepompen

In scenario 3 wordt bestudeerd welk aandeel zonnepanelen men kan realiseren door rekening te houden met zowel het lokaal gebouwverbruik, het verbruik van de parkeergebouwen als lokaal op het bouwveld opgestelde warmtepompen. In deze parkeergebouwen is de situatie anno 2030 beschouwd zoals besproken in hoofdstuk 3.2.1.5.2. Voor de warmtepompen werd rekening gehouden met een verhoogd elektriciteitsverbruik volgens een verbruiksprofiel samengesteld in de simulatie tool van Ingenium.



Figuur 54: Principieel schema scenario 3

3.4.4 Analyse Elektriciteit

3.4.4.1 Resultaat scenario analyse

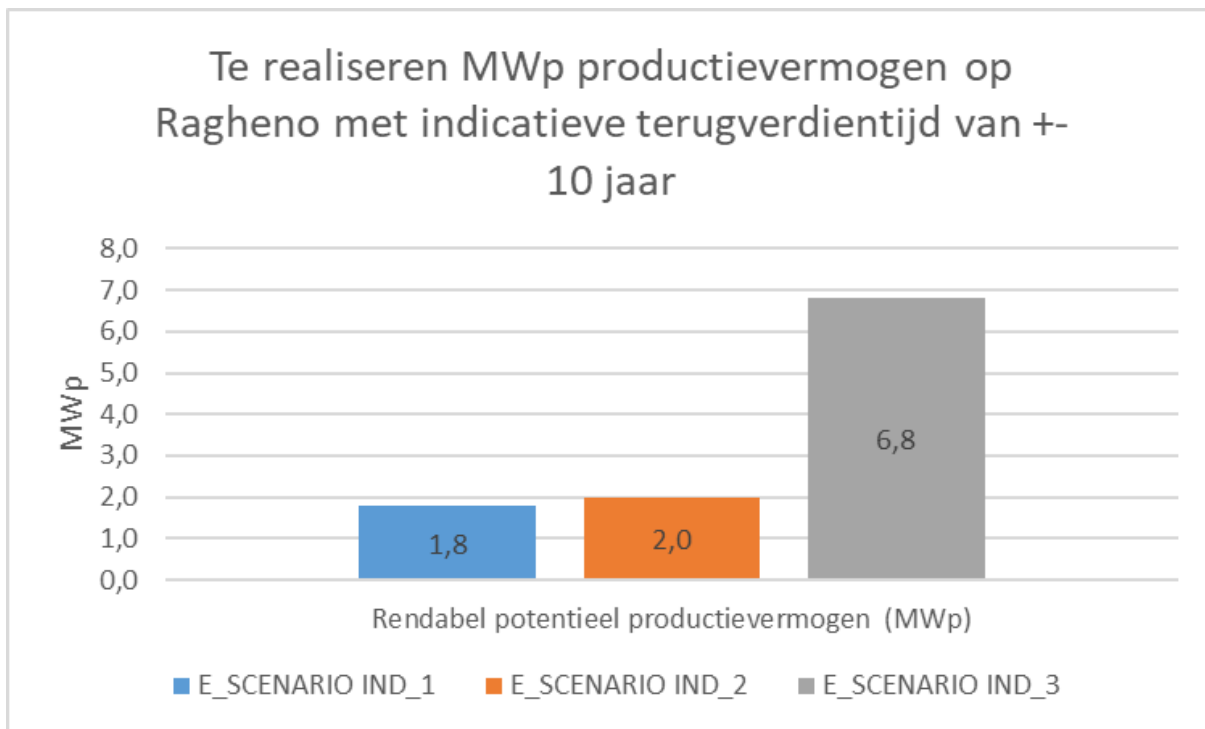
In onderstaande figuren kan men de resultaten van de PV installaties vergelijken tussen de 3 scenario's voor het te realiseren productievermogen (MWp), de bijhorende opbrengst (MWh), alsook de te realiseren CO2-besparing.

Laadinfrastructuur (scenario 2) heeft op Ragheno weinig impact op rendabiliteit PV omwille dat voornamelijk 's nachts wordt geladen op de site, gezien het residentiële karakter.

De call groene stroom werd in rekening gebracht met volgende weerhouden subsidiebedragen:

- Scenario 1: 130.840 EUR
- Scenario 2: 172.588 EUR
- Scenario 3: 416.189 EUR

De bedragen zijn vrij beperkt omdat de call groene stroom bedoelt is voor PV installaties groter dan 40 kWp. Gezien er heel wat residentiële installaties in het project opgenomen zitten, vallen deze buiten deze subsidie call. Voor zonnepanelen op nieuwbouw woningen is er momenteel geen subsidie mogelijkheid. De aanvraag voor een subsidie call is ook telkens voor iedere aansluiting apart, PV installaties van verschillende gebouwen kunnen niet gebundeld worden binnen 1 call aanvraag. In het model werd de PV installatie per functie (kantoor, commercieel of gemeenschapsfunctie) binnen 1 bouwveld beschouwd als 1 aansluiting.

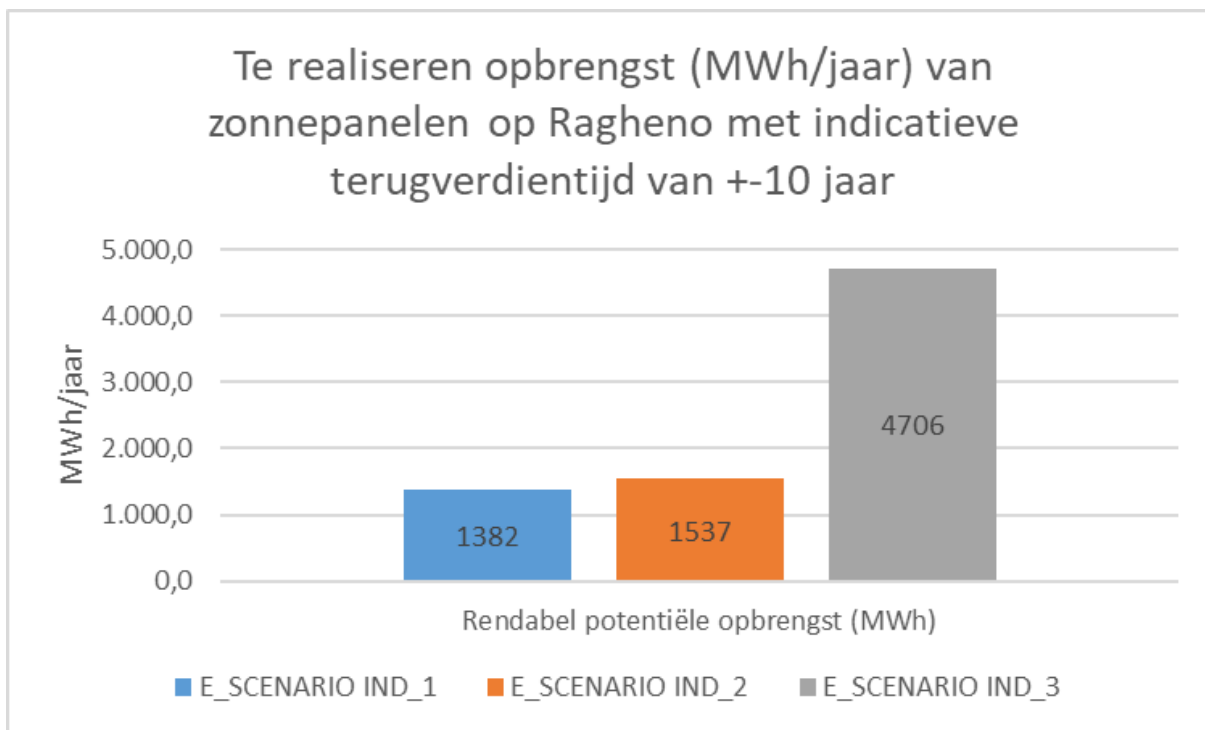


Figuur 55: Productievermogen scenario's

Echter lokale warmtepompen (scenario 3) ingekoppeld op gebouwniveau verhogen sterk het verbruik en hebben een sterk positieve impact op de te realiseren PV installatie. In de figuren werd dit uitgerekend voor het referentiescenario met lucht/water warmtepompen. Een zelfde analyse kan gemaakt worden voor lokale water/water warmtepompen.

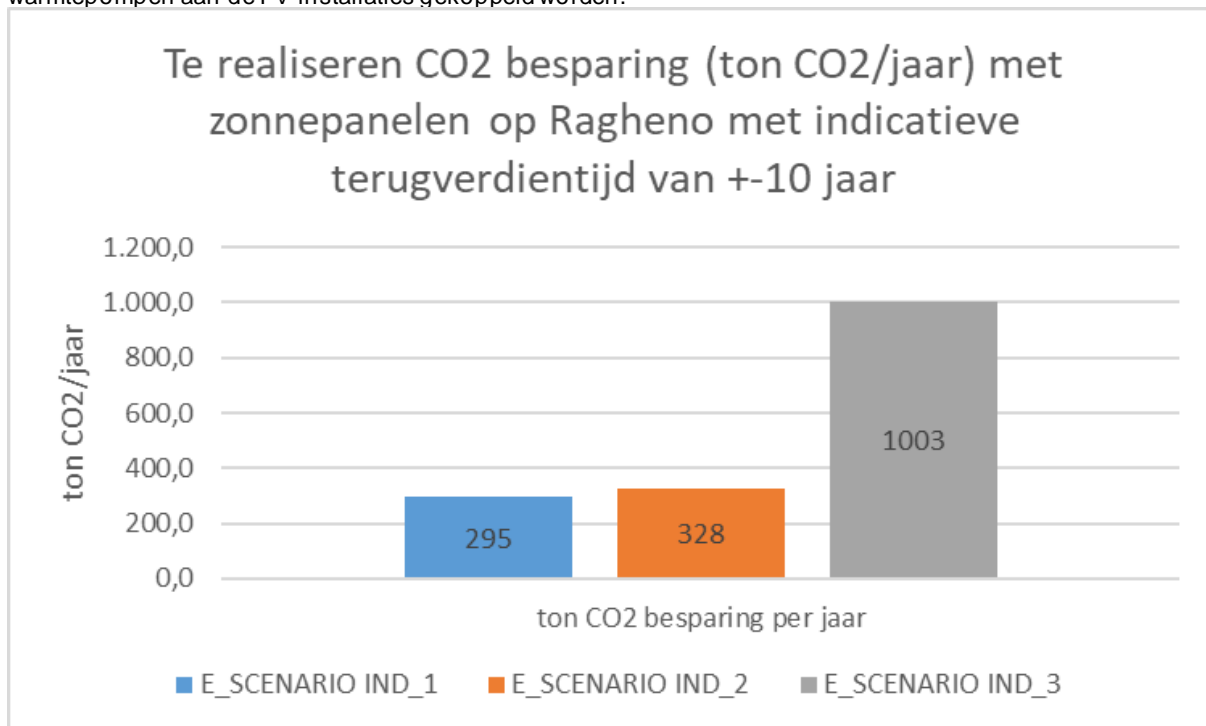
De onnauwkeurigheid, eigen aan de high-level studie, maakt dat de inschatting waarschijnlijk overschat is.

We kunnen concluderen dat we best inzetten op lokale warmtepompen zoals in het referentie scenario of het energienet scenario. Door deze op gebouw niveau in te koppelen, kan eenvoudig het eigenverbruik van de zonnepanelen verhoogd worden. De conclusies binnen dit deel zijn dat zonne-energie gemaximaliseerd kan worden door voor lokale warmtepomp te kiezen.



Figuur 56: PV opbrengst scenario's

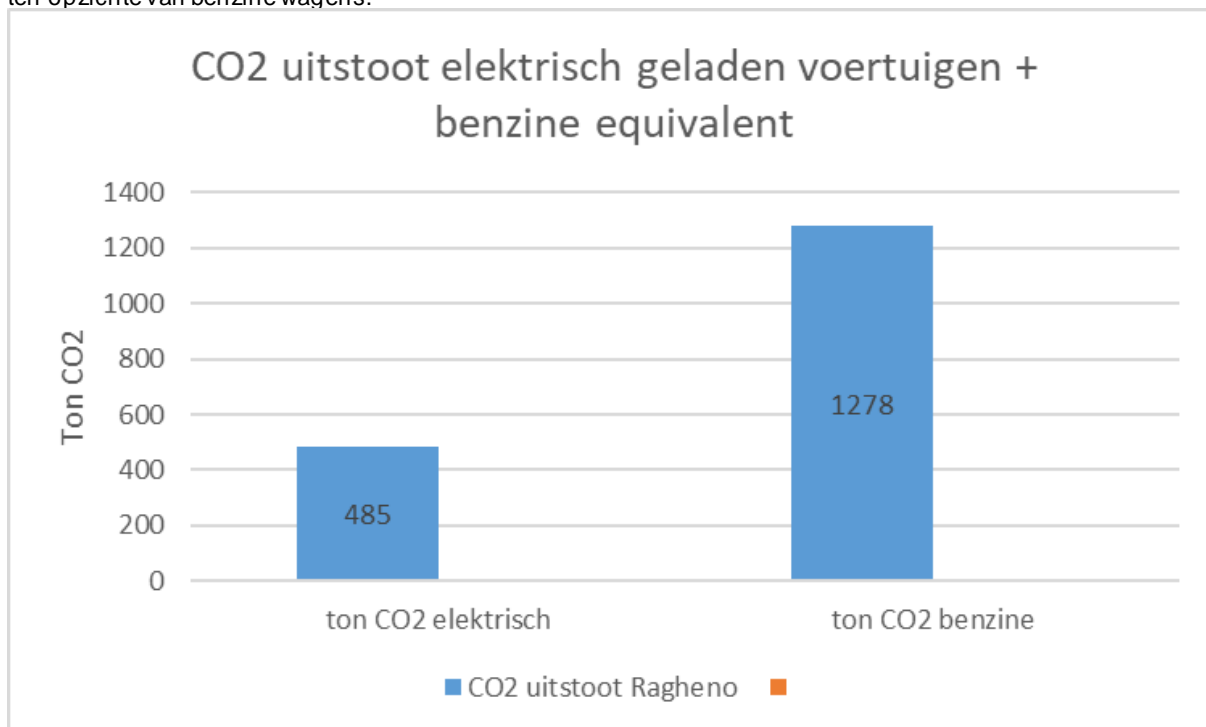
Onderstaande grafiek geeft de te realiseren CO2 besparing aan. Deze CO2 besparing is het grootst wanneer lokale warmtepompen aan de PV installaties gekoppeld worden.



Figuur 57: CO2 besparing zonnepanelen scenario's

Op de site zijn in totaal 3.216 parkeerplaatsen (zie hoofdstuk 3.2.1.5.2). Maximale uitrol (40% van de parkeerplaatsen) van laadinfrastructuur tegen 2030 zorgt voor een elektrisch verbruik van 1704 MWh.

Dit verbruik komt overeen met een CO2 uitstoot van 485 ton CO2/jaar. Een besparing van 793 ton CO2 per jaar ten opzichte van benzine wagens.



Figuur 58: CO2 uitstoot elektrisch geladen voertuigen + benzine equivalent

3.4.5 Beleidsmatige implementatie – Energiedelen

Het systeem van energiedelen is nog steeds 'work in progress'. Onderstaande analyse is nog niet definitief en elementen kunnen nog wijzigingen.

In elk geval geeft het aan in welke zin het vorm zal krijgen.

3.4.5.1 Wat is energiedelen?

Energiedelen is het **uitwisselen** van **eigen opgewekte en in het net geïnjecteerde energie**, met deelnemers **binnen een energiegemeenschap** (Op dit moment eerst en vooral sprake van om dit binnen één gebouw te doen, later ook naar grotere gemeenschappen: P2P, energiegemeenschappen van burgers, hernieuwbare energiegemeenschappen...).

In deze nota ligt de focus op energiedelen binnen een appartementsgebouw gezien dit het eerst mogelijke concept wordt van energiedelen. Echter zullen andere vormen van energiedelen op een zeer gelijkaardige manier werken.

3.4.5.2 Wat zijn de vereisten voor energiedelen

- De deelnemers hebben een individuele aansluiting op het net met een individuele meter.
- De deelnemers hebben een communicerende digitale meter en de meetwaarden worden op kwartierbasis uitgelezen.
- De deelnemers hebben geen sociale leverancier en hebben geen actieve budgetmeter. Er dient dus benadrukt te worden dat energiedelen (voorlopig) niet mogelijk is voor sociale klanten.
- De deelnemers zitten bij dezelfde leverancier. Dit is mogelijk dus een belangrijk aandachtspunt en mogelijk ook in conflict met leveranciersvrijheid. Het zal dus moeten op vrijwillige basis gebeuren. Huurders verplicht laten aansluiten bij de gemeenschap is dus moeilijk.
- De deelnemer neemt slechts deel aan 1 energiegemeenschap.
- De deelnemer die kiest om te injecteren in de gemeenschap, deelt zijn volledige injectie.

3.4.5.3 Hoe werkt energiedelen

Het concept voor energiedelen staat nog niet vast. Netbeheerders zijn nog aan het brainstormen op welke manier energiedelen zal toegepast worden. Onderstaand concept is een mogelijke uitwerking van hoe energiedelen kan worden toegepast (bron: Fluvius):

Dit concept wordt uitgelegd a.d.h.v. een voorbeeld uitgewerkt voor **5 appartementen binnen 1 gebouw**.

We veronderstellen dat we één installatie plaatsen op een aparte teller (vb. Gemene delen). Dit zorgt ervoor dat we een eenvoudig en goedkope installatie kunnen bouwen.

Tabel 23 – Concept energiedelen

	Verbruik (Wh)	Productie (Wh)	Toegepaste verdeelsleutel injectie (%)	Afname injectie (Wh)
Gebouw	0	100	0	0
App1	15	0	20	15
App2	22	0	20	20
App3	30	0	20	20
App4	18	0	20	18
App5	20	0	20	20
	105	100	100	93

Te factureren door injectieleverancier 93 Wh

Te crediteren door afnameleverancier -93 Wh

Verbruik: Er wordt 105 Wh verbruikt door alle appartementen samen (gedurende de kwartuurmetering)

Productie: Er wordt 100 Wh door de PV-panelen op het dak van het gebouw geproduceerd (gedurende de kwartuurmetering)

Toegepaste verdeelsleutel injectie: De totaal geïnjecteerde energie in de energiegemeenschap wordt verdeeld aan de hand van verdeelsleutels. In dit geval wordt de totale geïnjecteerde energie gelijk verdeeld over de appartementen.

Afname injectie: Er kan niet meer geïnjecteerde energie worden afgenomen dan er wordt verbruikt per appartement (gedurende de kwartuurmetering). Er zal in totaal dus 7 Wh aan geïnjecteerde energie niet worden opgenomen door de energiegemeenschap.

3.4.5.4 Welke financiële voordelen biedt energiedelen

Energiedelen biedt voordelen op de investeringsprijs (CAPEX) en de energiefactuur (OPEX).

CAPEX

Schaalgroote speelt een grote rol bij de kost van een PV-installatie: Bij een grote installatie zal de installatie worden aangesloten op een groter omvormervermogen. De EHP voor een omvormervermogen > 30 kVA ligt tot 60 euro €/kVA lager dan voor een omvormervermogen van 10 tot 30 kVA en tot ca. 300 €/kVA lager voor omvormervermogen < 10 kVA. Dit is echter afhankelijk van type woning en type dak (informatie o.b.v. offertes).

Bovendien zal de aankoopprijs voor de PV-panelen dalen hoe groter het aantal zonnepanelen. Onderstaand voorbeeld geeft een indicatie:

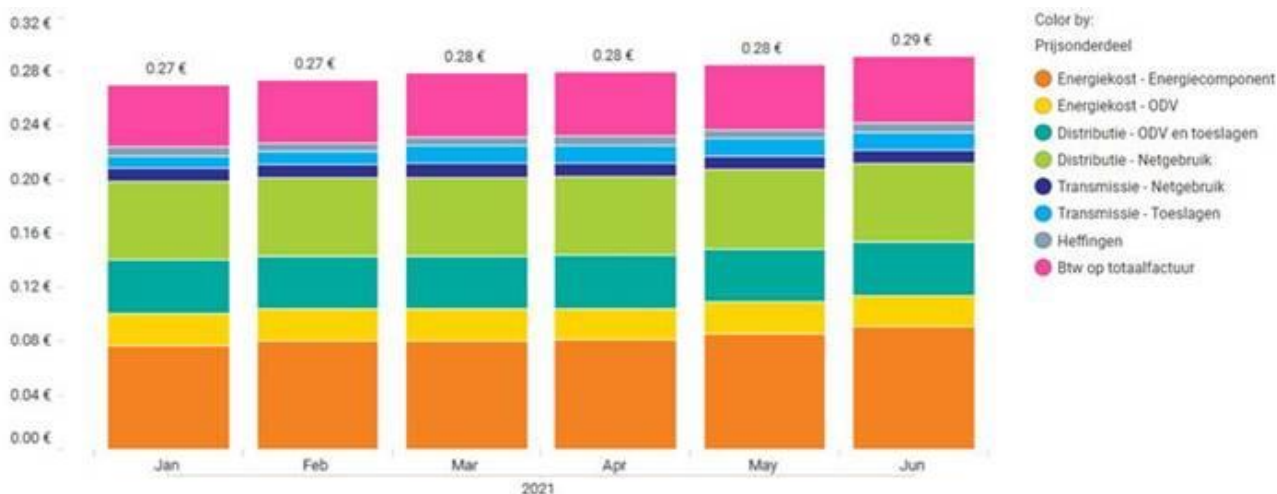
Tabel 24 – Richtwaarden aankoopprijs PV-panelen ivf schaalgroote

Vermogen	€/kWp
0 - 10 kWp	1.250
10 - 40 kWp	1.030
40 - 75 kWp	1.030
75 - 250 kWp	875
250 - 750 kWp	858
750 kWp - 2 MWp	696

OPEX

Energiefactuur

Een energiefactuur is circa voor 30% verdeeld in energiekosten (verbruik) en voor 70% in overige componenten (nettarief, heffingen en BTW) (zie onder, gemiddelde elektriciteitsfactuur VREG):



Figuur 59 – Verdeling energiekosten

Onderstaande schema toont een simulatie van een mogelijk scenario. Op basis van dit scenario kunnen we stellen dat de appartementseigenaar 20 €/MWh zal besparen op zijn energiekost, maar niets op zijn overige componenten. Er wordt verwacht dat de eigenaar van de PV-installatie een hogere eenheidsprijs zal krijgen voor de hoeveelheid geïnjecteerde energie aan de deelnemers van de energiegemeenschap (50 €/MWh, assumptie) dan aan de energieleverancier (35 €/MWh, standaard injectietarief). Op deze manier spreken we van een win-win situatie.

Appartementen energieprijzen afname van het net:

Energiecomponent:	70 €/MWh	Injectietarief individuele installatie	35 €/MWh
Overige componenten (nettarief+heffingen+BTW)	210 €/MWh	Afname door injectie tarief energiedelen(assumptie)	50 €/MWh

Eigenaar appartement zonder PV, betaalt 70€/MWh voor energiecomponent en is dus tevreden als hij energie kan krijgen door te delen. Voor deze gedeelde energie betaalt hij bijvoorbeeld 50€/MWh en bespaart zo 20€/MWh.

De eigenaar van de PV- panelen wint 15 €/MWh door energie te delen aan deelnemers energie-gemeenschap. De eigenaars van de appartementen zijn immers tevreden met 50 €/MWh, terwijl de leverancier marktprijs van 35 €/MWh hanteert.

Figuur 60 – mogelijk scenario energiedelen

Een bijkomend voordeel is dat de gemeenschap beter kan onderhandelen voor energieprijzen dan elke individu (soort groepskorting).

Een leverancier krijgt direct meerdere klanten verbonden in één netwerk.

Een risico is echter dat het proces complex is en extra beheerskosten vraagt voor de leverancier. Tegelijk is er risico dat de klant minder eenvoudig van leverancier kan veranderen. De gemeenschap moet dus in staat zijn eenvoudig te onderhandelen met andere leveranciers. Omdat Fluvius dit verhaal trekt lijkt ons wel dat dit mogelijk zal zijn.

Schaalgrootte

Het oprichten van een energiegemeenschap zorgt voor schaalgrootte waarbij vele verbruikers zich samen engageren. De schaalgrootte van een energiegemeenschap kan op vele andere vlakken voordelen teweegbrengen zoals:

- Aanbieden laadinfrastructuur;
- Aanbieden autodeelsystemen;
- Aanbieden flexibiliteit aan een aggregator om het elektriciteitsnet in balans te houden;

Het opzetten van flexibiliteit binnen de energiegemeenschap kan ook financiële voordelen bieden. Deze flexibiliteit kan praktisch gerealiseerd worden met verschillende soorten installaties:

- Slim aansturen warmtepompen;
- Slim aansturen laadpalen;
- Slim aansturen batterijen;
- Slim aansturen wasmachines en andere verbruikers;

Welke financiële nadelen biedt energiedelen?

Een groot nadeel van energiedelen is dat enkel het deel "commodity" zal gedeeld worden. Dit geldt zowel voor energiedelen binnen appartementsgebouwen als andere vormen van energiedelen.

Dit is vastgelegd in het energiedecreet van 7 juni 2021:

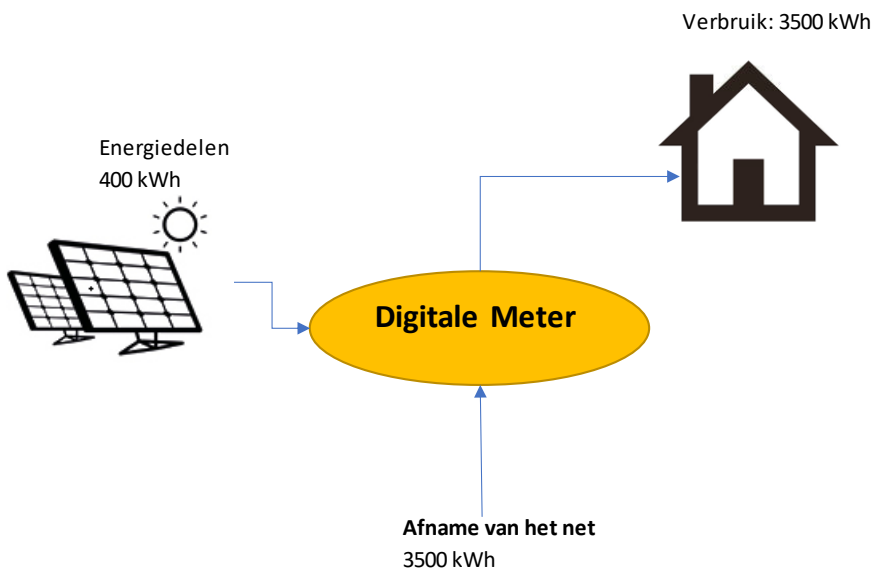
- http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi_loi/loi_a1.pl?language=n&la=N&cn=2009050827&table_name=wet&&caller=list&fromtab=wet&tri=dd+AS+RANK#LNK0106

en omschrijft dit als volgt:

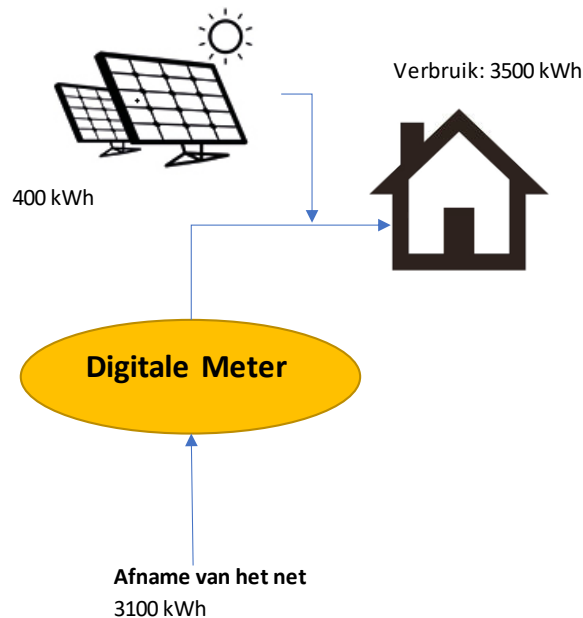
*De **gemeten energie** op het toegangspunt wordt **bij de berekening van de onbalans, heffingen, belastingen, toeslagen en bijdragen**, waaronder bijdragen voor openbaardienstverplichtingen en certificatenverplichtingen, **niet gewijzigd** door de toegekende of uitgewisselde energie in het kader van de uitoefening van de activiteit, vermeld in het tweede lid.*

Een deelnemer van een energiegemeenschap zal (een deel van) zijn voordeel (nl. een lagere EHP voor de afname van gedeelde stroom) verliezen t.o.v. een individuele installatie, doordat zijn afname van het openbaar net hoger ligt en dus hij hogere kosten heeft voor nettarief, heffingen en BTW. Deze laatste maken een substantieel groter deel uit van de factuur, dan de winst die men kan halen door te delen.

Energiedelen



Individuele installatie



Figuur 61 -Energiedelen tov individuele installatie

Bovenstaande maakt dat energie delen volgens het voorgestelde systeem geen andere businesscase zal maken voor PV installaties. We denken dus dat het ingewikkelde systeem weinig voet aan de grond zal zetten. De complexiteit weegt niet op tegen de beperkte financiële baten.

Echter zal energiedelen wel zijn ingang vinden, gezien het (beperkte) baten heeft voor iedere eigenaar van PV installaties alsook voor particuliere afnemers die hun factuur een stukje kunnen verlagen. Zoals het nu voorligt zal men vrij eenvoudig via Fluvius een energiegemeenschap kunnen opzetten binnen een appartementsgebouw. Er is geen enkel nadeel verbonden om hieraan deel te nemen als men zonder energiedelen ook een rendabele case voor zonnepanelen kan bouwen.

Voor appartementsgebouwen betekent dit:

- PV installaties collectief plaatsen indien er veel verbruik is collectief (= indien centrale warmtepomp, laadpalen, grote collectieve gemeenschappelijke delen (cohousing), ...)
- PV installatie individueel plaatsen indien er meer verbruik individueel is dan collectief (meestal het geval gezien het particuliere elektriciteitsverbruik van het appartement hier zit)

In beide situaties kan men via energiedelen bijkomende besparingen realiseren, maar energiedelen zal er niet voor zorgen dat er meer zonnepanelen geplaatst worden of dat de zonnepanelen anders ingekoppeld moeten worden dan voordien.

Toekomstvisie Ingenium:

- Het verschil op heffingen voor intern verbruikte stroom en geïnjecteerde stroom moet gelijkgetrokken worden om de verdere uitrol van hernieuwbare energie te bevorderen.
Een goede marktwerking zou niet intern verbruikte stroom moeten bevoordelen op geïnjecteerde stroom. Het betreft beide duurzame stroom die gelijke heffingen zouden moeten krijgen.
Dit kan op verschillende wijzen gerealiseerd worden door heffingen op elektriciteit te verminderen of door injectie bijkomend te subsidiëren. Dergelijke aanpassingen kunnen gerealiseerd worden door bijvoorbeeld een taxshift naar of carbontax op fossiele brandstoffen.

Verwacht wordt dat dit op termijn zal aangepast worden ten voordele van een correcte marktwerking.

3.4.5.5 Future Proof PV-installaties

De vraag wordt gesteld hoe we PV-installaties vandaag technisch moeten inkoppelen om klaar te zijn voor het energiedelen van de toekomst. Omwille van bovenstaande uiteenzetting wordt een PV-installatie steeds aangesloten op de delen waar de hoogste autoconsumptie kan behaald worden. Er is op dit moment geen enkele financiële incentive die daar iets aan verandert. Dit kan zowel individueel als collectief zijn. Echter gezien het particulier elektriciteitsverbruik achter de individuele digitale meters plaatsvindt, zal een PV installatie nog vaak voordeliger individueel in te koppelen zijn. Een centrale warmtepomp en/of laadpalen voor een appartementsgebouw kan een incentive zijn om de PV-installatie (gedeeltelijk) collectief te voorzien.

3.4.5.6 Besluit en bedenkingen

Baten:

- Één installatie i.p.v. meerdere installaties zorgt voor technisch eenvoudiger en dus goedkoper concept.
- De geïnjecteerde stroom kan gedeeld worden en vermoedelijk zal de leverancier hier een voordeel aan toekennen. Dit komt in hoofdzaak omdat hij direct meerdere klanten kan bedienen (hopelijk zonder veel bijkomende administratieve kosten).
- Grote meerwaarde wat duurzaamheidsbeleving betreft: Mensen weten dat ze stroom krijgen van hun eigen installatie ook al hebben ze geen plaats op het dak.
- Financiële baten

Waarschijnlijk zal een SPV opgericht moeten worden per gemeenschap. Via TAX-shelter en winwin-lening zul je dus fiscaal voordeliger middelen kunnen ophalen voor financiering van hernieuwbare energie.

- Supplementaire baten zoals samen investering in groene stroom, schaalgroote creëren (toepassen flexibiliteit, laadinfrastructuur, autodelen)

Nadelen:

- In het systeem van 'energiedelen' zullen geen distributiekosten en heffingen vermeden worden voor gelijktijdig verbruikte stroom (Hopelijk in de toekomst verandert dit).

Bedenkingen

Energiedelen zal zijn ingang vinden en (beperkt) voordelig zijn, maar het zal de technisch/financiële businesscase rond zonnepanelen niet veranderen. Mogelijks ontstaat er wel een "sociale" businesscase waarin meer particulieren geënthousiasmeerd worden om te investeren in zonnepanelen die op vandaag reeds rendabel zijn in vele gevallen.

Het zal steeds voordeliger zijn om te delen met particulieren omdat deze de hoogste energiecomponent in hun factuur hebben. Delen met bedrijven of KMO's zal omwille van die reden minder interessant zijn. Deze hebben omwille van hun groter elektriciteitsverbruik een lagere tarief bij hun elektriciteitsleverancier. Een KMO kan uiteraard ook delen met particulieren. Voor grotere bedrijven is energiedelen uitgesloten omwille van volgende paragraaf in het energiedecreet:

Natuurlijke personen, lokale overheden of kleine ondernemingen die niet betrokken zijn bij grootschalige commerciële activiteiten en voor wie de energiesector niet de belangrijkste economische activiteit vormt, hebben zeggenschap over de activiteiten van de energiegemeenschap van burgers waarvan zij vennoot of lid zijn.

3.5 WARMTE EN KOUDE

Uit de shortlist zijn in samenspraak met de stad Mechelen 3 scenario's vooropgesteld voor de warmte- en koude voorziening. De economische en energetische analyse is voor elk scenario 2x uitgevoerd:

- Zowel verwarming als koeling geleverd aan de gebouwen;
- Enkel verwarming aangeleverd.

De verschillen in voorzieningen worden toegelicht per scenario.

In de economische analyse zijn enkel de posten opgenomen die verschillen tussen de verschillende scenario's. Warmteverdeling binnen de wooneenheden, kantoren,... zijn ongeacht het gekozen scenario gelijk. De grenzen van aanneming zijn met andere woorden:

- Voor residentieel: Het afgiftestation en eventuele boiler voor SWW in de wooneenheid. Alles wat zich in de gemeenschappelijke delen bevindt is ingerekend in de economische analyse;
- Voor de andere functies: Het afgiftestation of de buffer van de warmtepomp binnen het gebouw.

3.5.1 Scenario 1 – L/W – warmtepompen

Op gebouwschaal worden L/W-warmtepompen voorzien voor koelen én verwarmen. De warmte wordt verdeeld op 55°C doorheen het gebouwen (=Combilus), de koude op 15°C.

Voordelen:

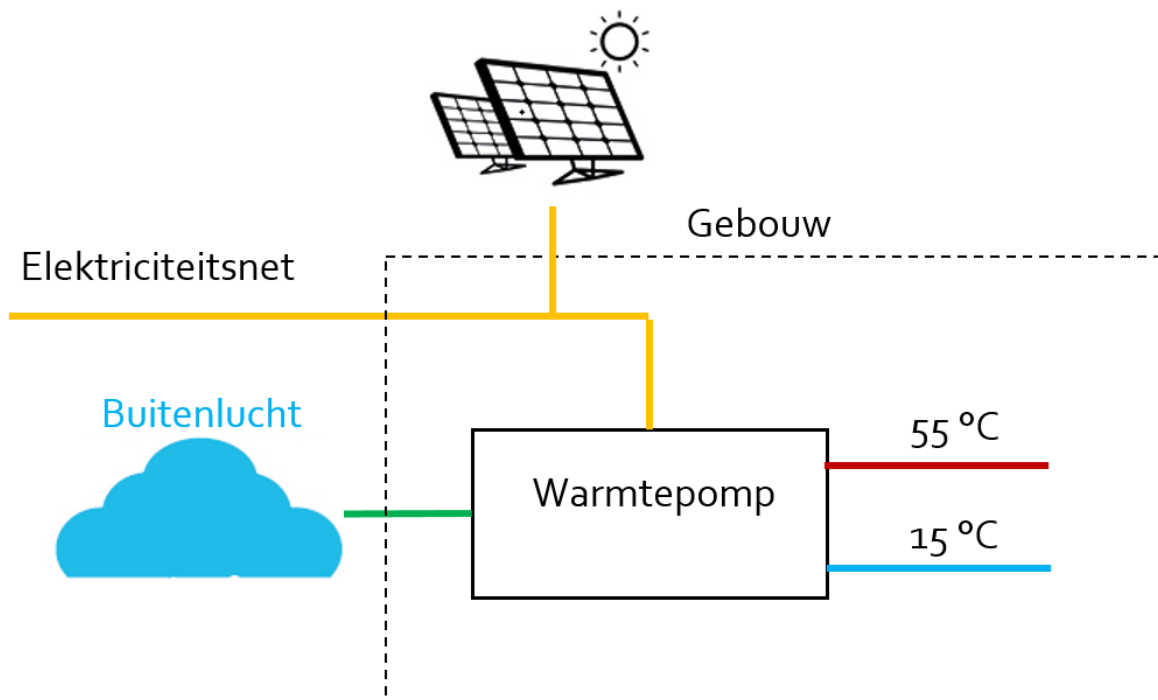
- Geen collectieve ruimte op wijk/bouwblok;
- Afrekening direct via elektriciteitsfactuur of VME;

Nadelen:

- Buitenunits op dak (spanningsveld PV);
- Ruimt impact op gebouwniveau voor technische ruimte;
- Rendement warmtepomp
- E-peil score wooneenheden door combilus;

Mogelijke alternatieven zijn:

- Boosterwarmtepomp voor SWW gekoppeld aan een warmteverdeling op 40 °C;
- Boiler gevoed door een warmteverdeling op 40 °C, met een elektrische bijstook voor SWW.



Figuur 62 – scenario 1 – L/W-warmtepompen

Belangrijkste verschil tussen SC1a (warmte en koudelevering) en SC1b (enkel warmtelevering):

- In de appartementsgebouwen geen verdeeliding voor koeling in SC1b;

3.5.2 Scenario 2 - Warmtenet

Centraal op de site worden warmtepompen gekoppeld aan een BEO-veld(en) geplaatst. Een warmtenet op 40 °C verdeelt de warmte, opgewekt door de warmtepompen, over de site tot aan de individuele afnemers. Een onderstation wordt bij de afnemers geplaatst.

Sanitair warm water wordt lokaal opgewekt door een boosterwarmtepomp, gevoed door het warmtenet.

Indien koeling gewenst is, wordt dit apart per (woon)eenheid voorzien.

De BEO-velden worden bij voorkeur centraal op openbaar domein geplaatst. Een vorm van regeneratie is hierdoor aangewezen.

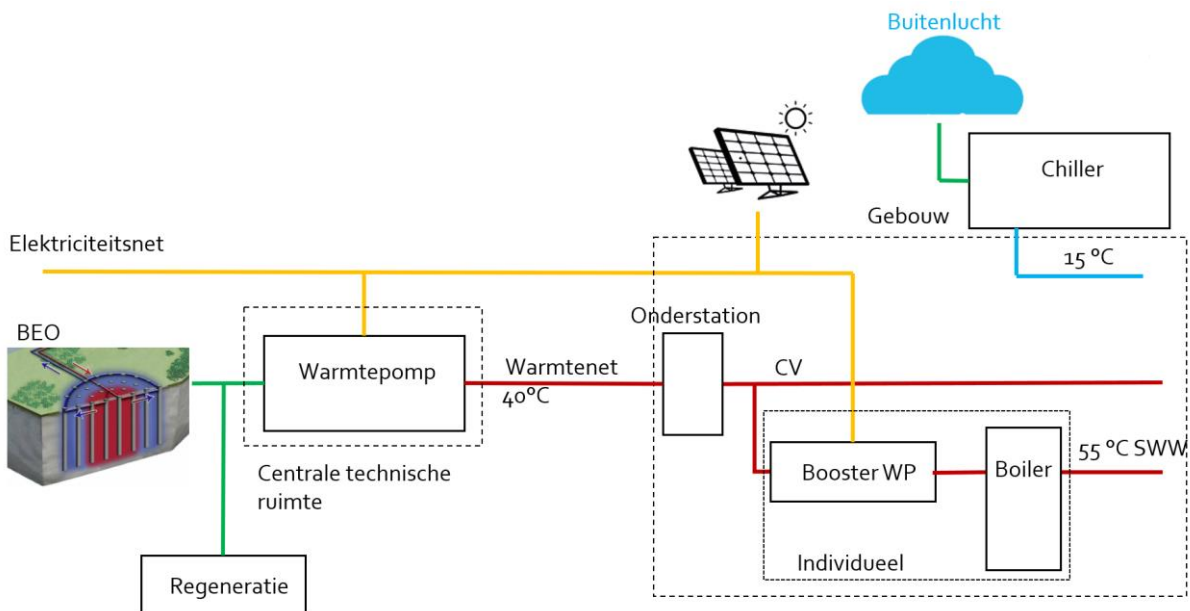
Voordelen:

- Beperkte ruimte gebouw (onderstation);
- E-peil score door lage PEF

Nadelen:

- Technische ruimte op siteniveau;
- Ruimteimpact in bergingen appartementen door booster + boilervat;
- Beheer installatie door ESCO
- Aparte koeling

Figuur 64 toont een eerste voorstel voor Tracé van het warmtenet. Mogelijke optimalisatie is prioriteit geven aan de nieuwbouw gebouwen (bestaande gebouwen hebben reeds een warmtevoorziening) waardoor het tracé ingekort kan worden.



Figuur 63 – Scenario 2 – Warmtenet



Figuur 64 – Tracé warmtenet

Belangrijkste verschil tussen SC2a (warmte- en koudelevering) en SC2b (enkel warmtelevering):

- In de appartementsgebouwen een verdeelleiding voor koeling in SC2a;
- In elke gebouw een extra Chiller voor koeling in SC2a

3.5.3 Scenario 3 - Energienet

Over de site worden BEO-velden voorzien (zie 3.5.4.4 voor de positie), deze worden onderling gekoppeld aan een energienet op ± 10 °C. Afhankelijk van de positie van de velden kan regeneratie aangewezen zijn.

In elk gebouw is een (collectieve) warmtepomp geplaatst die een verdeelleiding op 40 °C voed. Per (woon)eenheid zijn boosterwarmtepompen en bijhorende boiler geplaatst voor het opwekken van Sanitair warm water.

Door plaatsing van een warmtewisselaar voor passieve koeling, kan gebouwkoeling voorzien worden op de site.

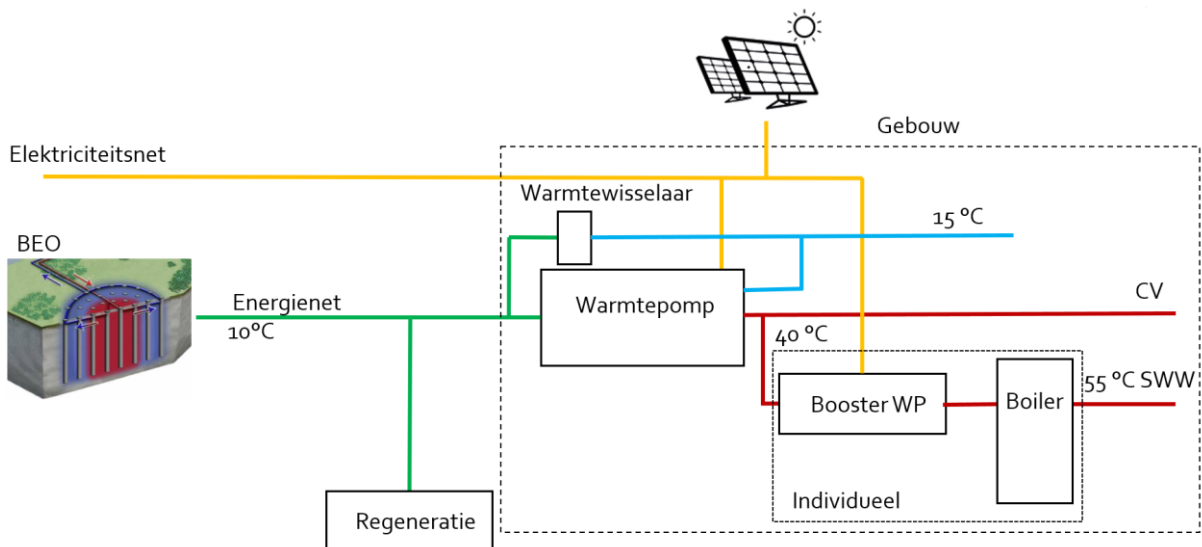
Voordelen:

- Koeling en verwarming mogelijk
- Hoger rendement warmtepomp gebouw;
- E-peil score

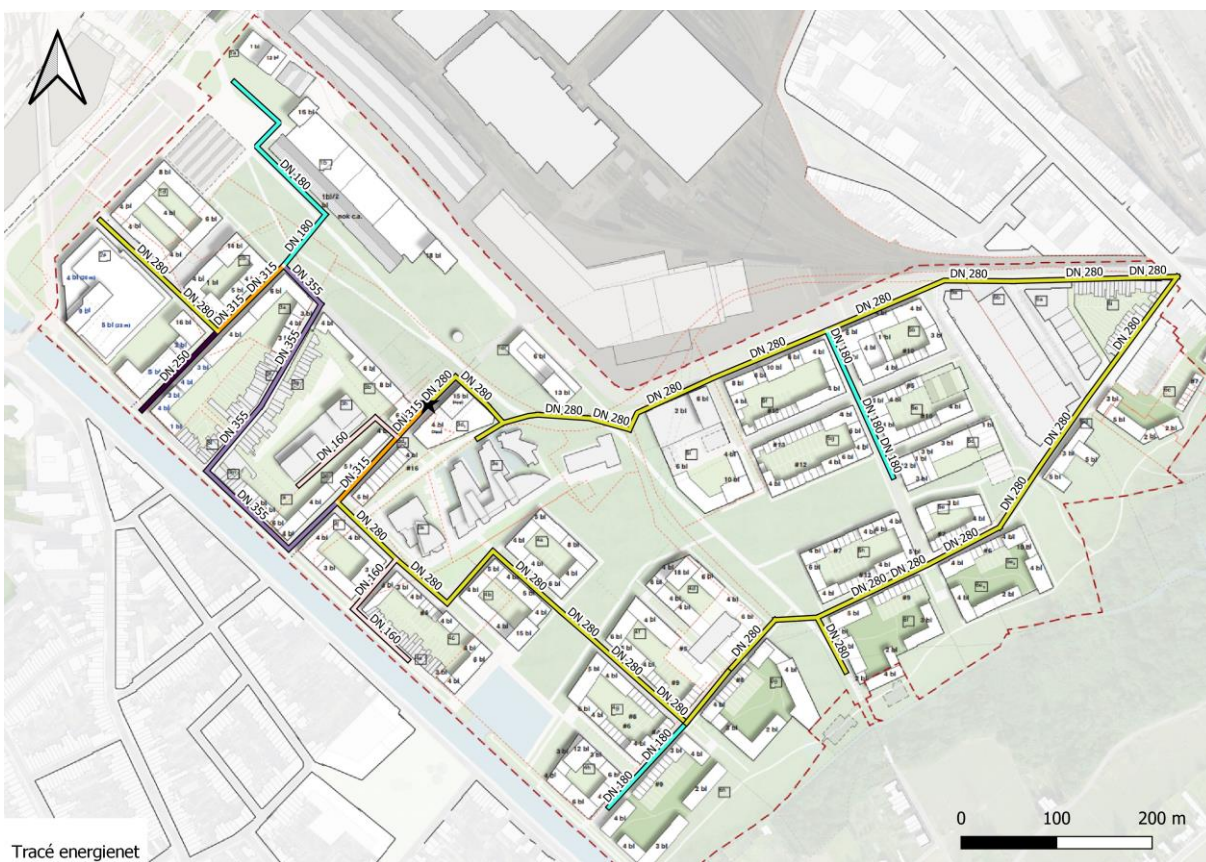
Nadelen:

- Ruimteimpact technische ruimte gebouw én in berging appartementen;
- Kost Booster
- Beheer installatie door ESCO

Figuur 66 toont een eerste voorstel voor Tracé van het energienet. Mogelijke optimalisatie is prioriteit geven aan de nieuwbouw gebouwen (bestaande gebouwen hebben reeds een warmtevoorziening) waardoor het tracé ingekort kan worden. Eveneens kan gekozen worden op ifv de fasering te werken met clusters die op een apart energienet gekoppeld worden.



Figuur 65 – Energienet



Figuur 66 – Tracé energienet

Belangrijkste verschil tussen SC3a (warmte en koudelevering) en SC3b (enkel warmtelevering):

- In de appartementsgebouwen een verdeelleiding voor koeling in SC3a;
- In elke gebouw een warmtewisselaar voor passieve koeling in SC3a;

Opmerking: in de appartementsgebouwen zou er één verdeelleiding gebruikt kunnen worden voor koelen én verwarmen. De investeringskost is hierdoor lager. Belangrijke nadelen zijn:

- In verwarmingsmodus zal geen enkele appartement kunnen koelen en vice versa;
- Wanneer de verdeelleiding in koelmodus staat, werkt de Booster warmtepomp voor SWW met een lager rendement.

3.5.4 Analyse BEO-veld

In dit hoofdstuk wordt een inschatting van de grootteorde van het aantal boringen opgesteld. Deze inschatting is opgesteld op basis van:

- Voorspelling van de warmte- en – koudevraag op basis van het huidige masterplan (zie 3.2.1);
- Voorspelling van het piekvermogen op basis van het huidige masterplan (zie 3.2.1);
- Abstractie van plaats van de warmtepompen (op site/bouwblokgebouw – niveau);

Verskillende parameters die invloed hebben op de grootteorde van het aantal boringen / veldgrootte zijn onderzocht:

- Variatie van de tussenafstand;
- Invloed van het aanwezig zijn van bijkomende warmtebron voor aanvulling / regeneratie omwille van een onbalans tussen koelen en verwarmen (warmtevraag > koelvraag). Volgende mogelijke bronnen zijn opgenomen:
 - Het naburige kanaal Leuven – Dijle;
 - Riothermie (collector DN800 van Pidpa);
 - Restwarmte van het naburige datacenter Alphacloud;
 - Plaatsing van PVT-panelen (combinatie fotovoltaïsche / zonthermie);
- Variatie van de veldgrootte;

Alle simulaties zijn uitgevoerd met:

- Boringen van 150m diepte;
- Een lengte/breedte verhouding van het BEO-veld tussen 4 en 5
- SCOP = 4,2;
- SEER = 12.

De hoeveelheid regeneratie is voor alle systemen conservatief ingeschat. Alleen met restwarmte afkomstig van Alphacloud en met de toepassing van PVT-panelen is het mogelijk om het net in thermisch balans te brengen.

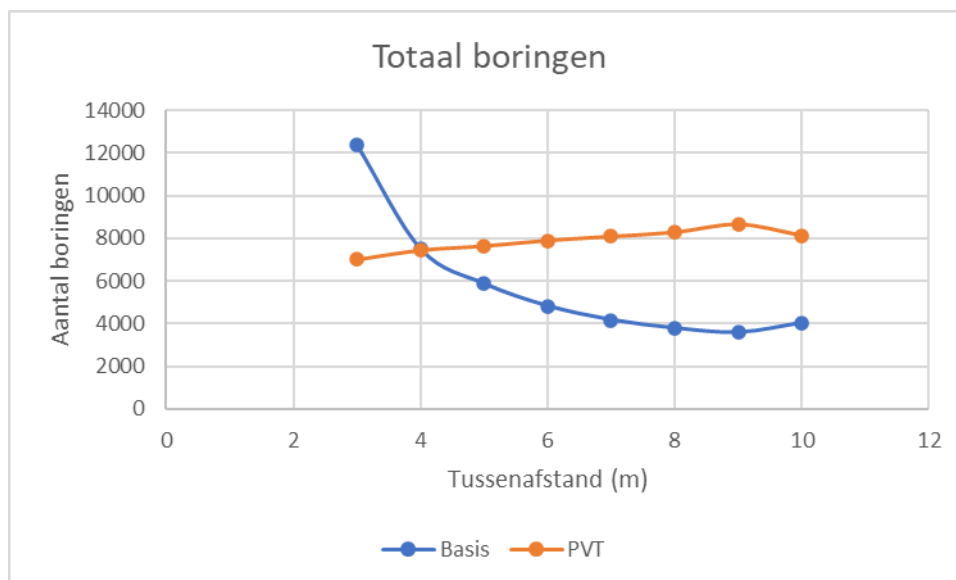
Verdere verfijning in de loop van de ontwikkeling van de site is vereist.

3.5.4.1 Invloed tussenafstand

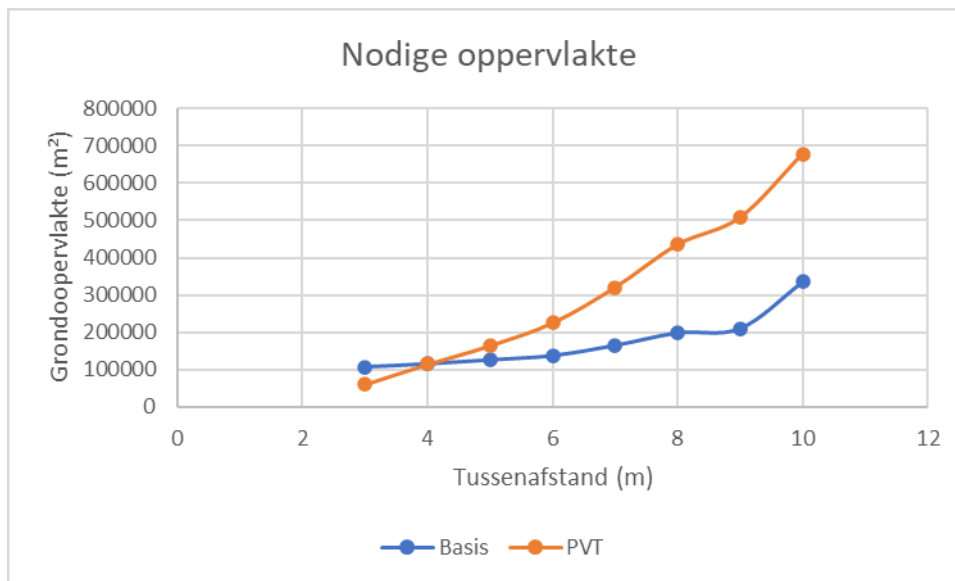
Onderstaande figuren tonen de invloed van de tussenafstand van de boringen op het benodigd aantal boringen / de totale oppervlakte die deze in beslag nemen.

In de basissituatie (geen regeneratie) daalt het totaal aantal boringen bij stijgende tussenafstand, de totale oppervlakte blijft ongeveer constant tot 6m tussenafstand en stijgt daarna omgekeerd evenredig. Om de installatiekosten en de nodige oppervlakte te beperken zal de optimale tussenafstand dan 6m bedragen.

In het geval van regeneratie blijft het totaal aantal boringen nagenoeg constant, de totale oppervlakte stijgt hierdoor evenredig met de stijgende tussenafstand. De installatiekosten zal dus bij elke tussenafstand ongeveer gelijk, maar om de oppervlakte beperkt te houden is deze best beperkt te houden. Hier wordt 3m vooropgesteld.



Figuur 67 – Totaal aantal boringen ivf de tussenafstand



Figuur 68 – Nodige grondoppervlakte ifv de tussenafstand

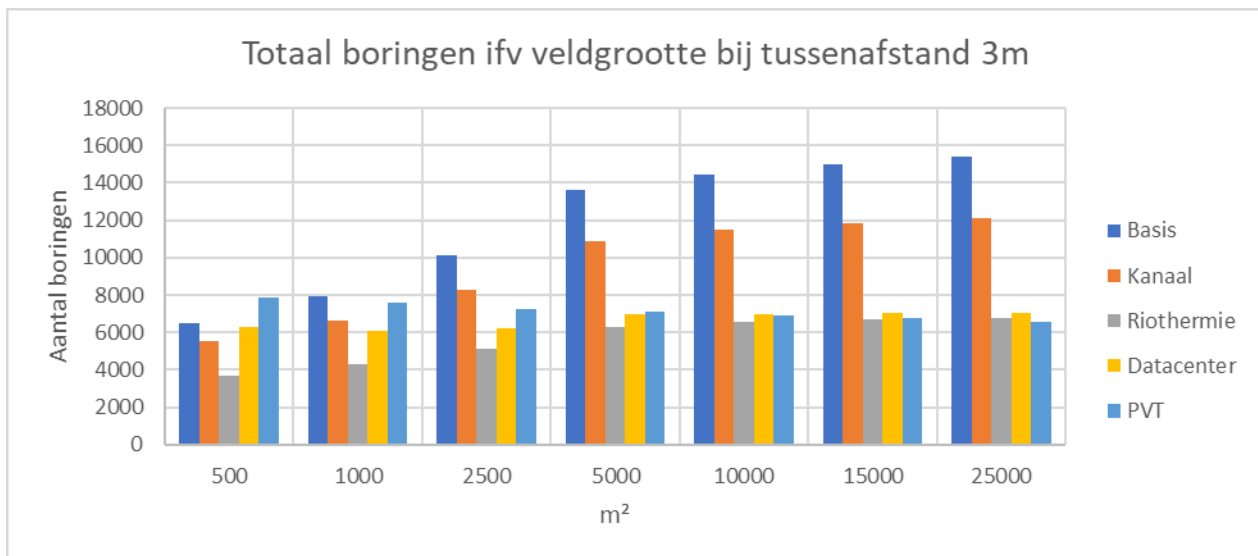
3.5.4.2 Invloed veldgrootte en regeneratie

Onderstaande figuur en tabel toont het nodige aantal boringen ifv de grootte van de individuele BEO -velden bij een tussenafstand van 3m.

Indien er geen of beperkte regeneratie beschikbaar is (de basis situatie, het kanaal en riothermie), is het beter om met beperkte veldgroottes te werken om het aantal boringen en dus ook de installatiekost te beperken. Wanneer veel regeneratie beschikbaar is (datacenter / PVT) is de veldgrootte minder van belang.

Tabel 25 – Aantal boringen ifv de veldgrootte

Veldgrootte m ²	Aantal boringen per veld
500	73
1000	135
2500	318
5000	623
10000	1234
15000	1845
25000	3067



Figuur 69 – Totaal aantal boringen ifv de veldgrootte

Opmerking: Indien regeneratie toegepast wordt, is het vanuit ecologisch standpunt beter te werken met de restwarmte van het datacenter. Dit is warmte die toch weggevoerd moet worden. Organisatorisch is dit echter complexer (warmtetarief, technische oplossing,...)

3.5.4.3 Veldgrootte

Afhankelijk van de keuze van de locatie van de BEO-velden is de optimale situatie:

- In openbaar domein (= grote aanééngesloten oppervlaktes beschikbaar, zie figuur hieronder):
 - o Grote BEO-velden;
 - o Tussenafstand 3m;
 - o Met regeneratie via PVT of Datacenterwarmte. Zonder regeneratie zal extra oppervlakte voorzien moeten worden voor boringen;
- Op privé-eigendom (= beperkte aanééngesloten oppervlaktes beschikbaar):
 - o Beperkte veldgroottes (eerder 500m²) om het totaal aantal boringen te beperken;
 - o Tussenafstand 6m, eveneens om het totaal aantal boringen te beperken;
 - o Geen regeneratie om de complexiteit te beperken.

Voorgestelde locaties op openbaar domein:



Figuur 70 – Mogelijk locaties op openbaar domein

Voor de verdere studie zal gewerkt worden met 7.000 boringen. Dit is het gemiddelde tussen de basissituatie met 6m tussenafstand (+- 8.000 boringen) en regeneratie met tussenafstand 3m (+- 6.000 boringen bij alle veldgroottes)

3.5.4.4 Plaats BEO-velden

Opties zijn beschikbaar voor de plaats van de BEO-velden:

- Openbaar domein;
- Privé-eigendom.

Keuze tussen beide dient afgewogen te worden door de stad Mechelen. Hieronder worden een aantal voor- en nadelen van beide opgelijst om de stad te ondersteunen in haar keuze.

Openbaar domein

Voordelen:

- Onafhankelijk van de gebouweigenaars;
- Eenvoudigere uitbating;
- Lagere installatiekost gezien de schaalgrootte;
- Collectief "sociaal" scenario;

Nadelen:

- Mogelijk conflict met eventuele andere nutsvoorzieningen;
- Afspraken over het beheer van de ondergrondse infrastructuur (de stad, Fluvius, ESCO?);
- Beperkingen op het "groen" op openbaar domein. Bijvoorbeeld geen bomen waar boringen zich bevinden (richtlijn: wortels gaan even breed als de projectie van de kruin), geen te diep wortelende planten,....

Privé-eigendom

Voordelen:

- Beperkte veldgroottes zijn een voordeel wanneer niet gewerkt wordt met regeneratie (zie 3.5.4.2);
- Fasering

Nadelen:

- Er kan minder diep geboord worden (de maximale boorddiepte ligt vast, en typisch kan er pas gestart worden vanaf de vloer van de onderste parkeerlaag);
- Toegenomen complexiteit in uitbating van het systeem bij vele verspreide BEO-velden;
- Indien onder een gebouw: belangrijke invloed op bouwproces;
- Sterk afhankelijk van de gebouweigenaar / de VME:
 - Verplichting aanleg BEO-veld op te leggen (hoe afdwingen?);
 - Technische ruimte in gebouw te voorzien + passerende leidingen (recht van opstal?);
 - Toegang te verlenen aan de collectorputten en de technische ruimte voor de uitbater van het net;
- Veel noodzakelijke afstemming in de ontwerpfase

3.5.5 Analyse Warmte en koude

Onderstaande analyse geeft de energetische en economische resultaten van de studie weer wanneer in elk scenario zowel verwarming als koeling geleverd wordt.

Details van deze analyse zijn terug te vinden in het rekenblad. Het resultaat van beperkte aanpassingen kunnen hiermee gesimuleerd worden. Bijvoorbeeld: Tax shift, subsidiebedrag, levensduur,....

3.5.5.1 Resultaat energetische analyse

Voor de verschillende scenario's is de energiebalans opgesteld rekening houdend met volgende warmtevraag / rendementen / verliezen:

- Op gebouwniveau:
 - Netto warmte- en koudebehoefte van de verschillende functies
 - Warmteverliezen boilers / buffers binnen gebouwen;
 - Warmteverliezen verdeelsystemen binnen de residentiële gebouwen;
- Op siteniveau:
 - Warmteverliezen van het warmtenet;
 - Warmteverliezen centrale buffer;
- Opwekkingsrendementen:
 - SC1:
 - L/W Warmtepomp:

- SCOP Verwarmen/SWW: 2,53;
- SEER Koelen: 4,22;
- SC2:
 - SCOP Collectieve bodem/water warmtepomp: 5,62;
 - SCOP booster warmtepomp (SWW): 6;
 - SEER chiller: 4,22;
 - SEER L/W warmtepomp: 3,5;
- SC3:
 - SCOP bodem/water warmtepomp: 5,58;
 - SCOP booster warmtepomp (SWW): 6
 - SEER passieve koeling: 12;

SC1 met L/W warmtepompen per gebouw heeft de hoogste elektriciteitsvraag ten gevolge van de lagere rendementen bij lage buitentemperaturen.

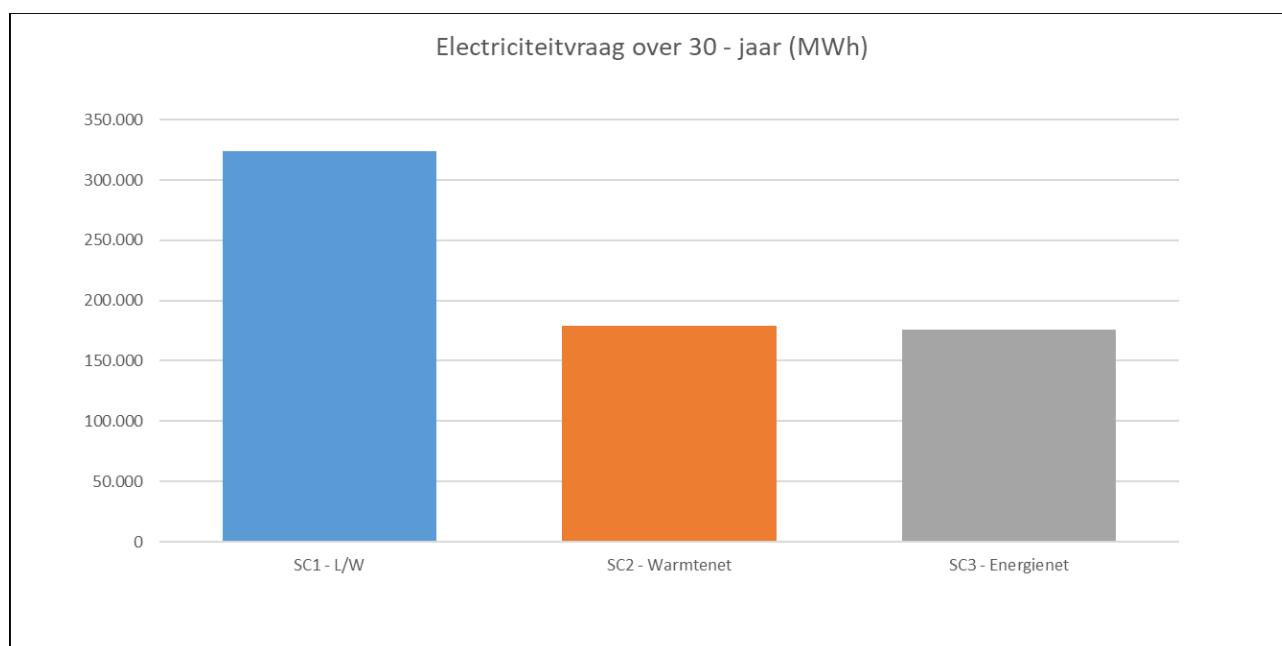
SC3 heeft de laagste elektriciteitsvraag.

SC2 heeft een hogere elektriciteitsvraag ten opzicht van SC3 ten gevolge van het verlies van het warmtenet én doordat er geen passieve koeling beschikbaar is. De koeling moet door een apart toestel voorzien worden.

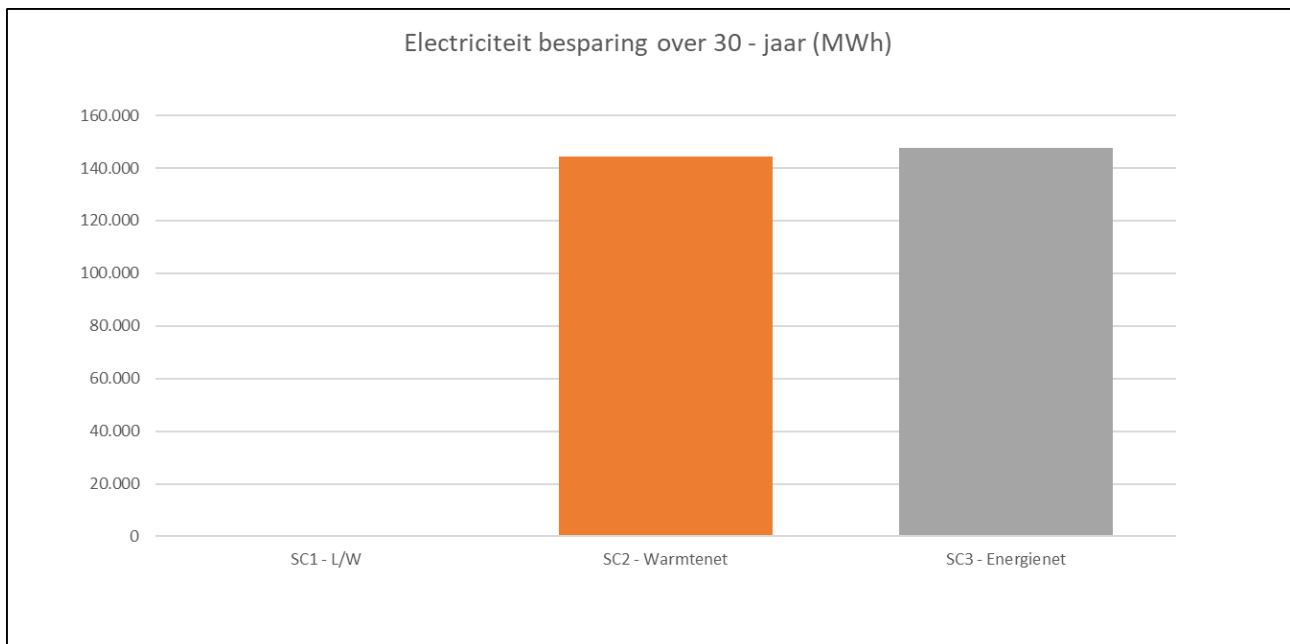
De CO₂-uitstoot volgt logischerwijs dezelfde tendens als het elektriciteitsverbruik.

Tabel 26 – Elektriciteitsvraag voor opwekking warmte en koude over 30 jaar

	SC1 - L/W	SC2 - Warmtenet	SC3 - Energienet
Elektriciteitsvraag over 30 jaar (MWh)	323.566	179.139	176.062
Elektriciteitsbesparing over 30 jaar (MWh)	0	144.426	147.504



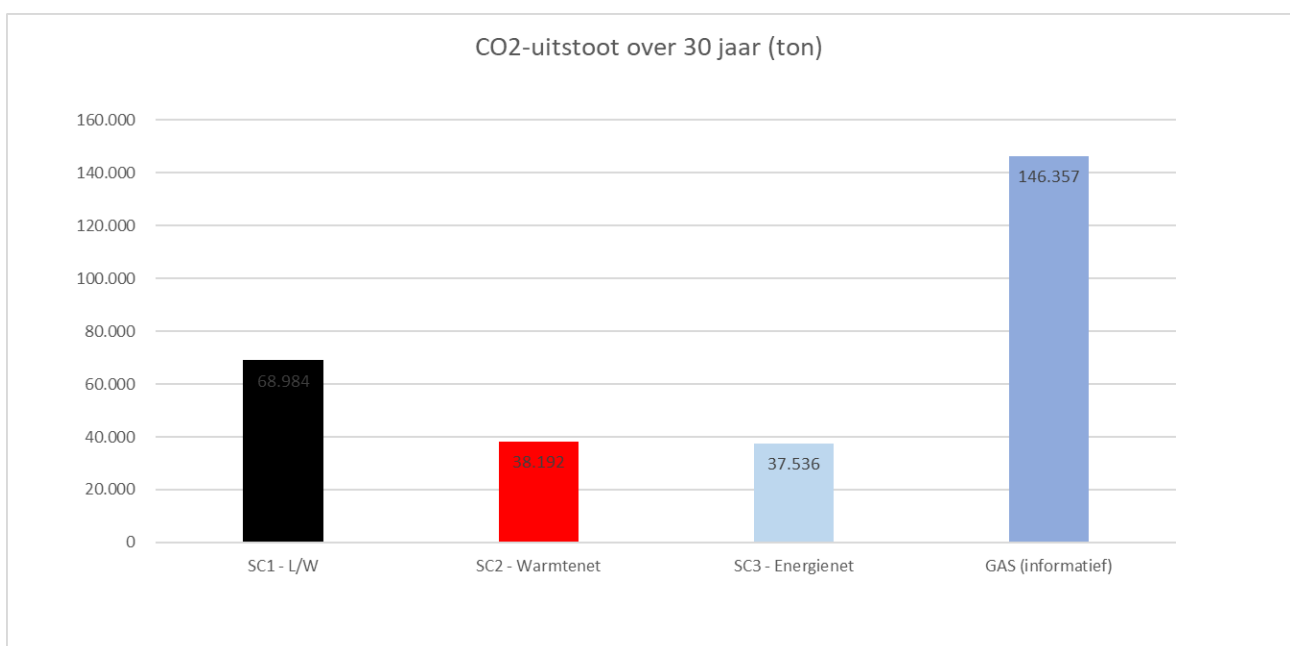
Figuur 71 - Elektriciteitsvraag voor opwekking warmte en koude over 30 jaar



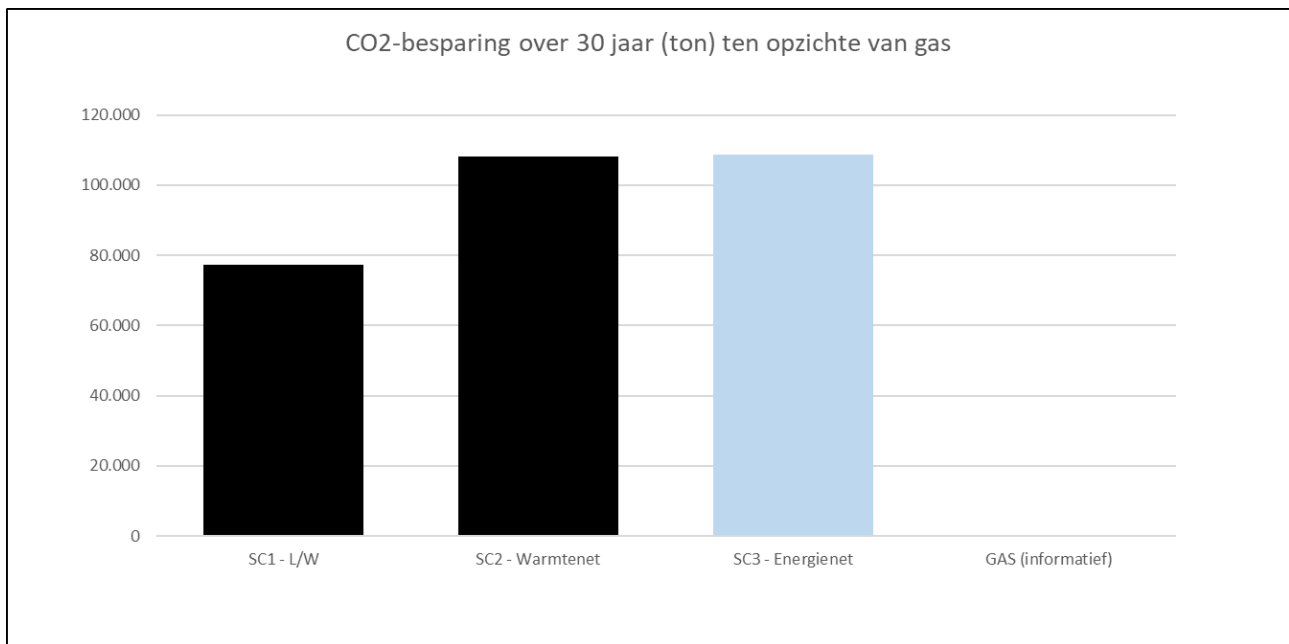
Figuur 72 - Elektriciteitsbesparing voor opwekking warmte en koude over 30 jaar

Tabel 27 – CO2 uitstoot over 30 jaar

	SC1 - L/W	SC2 - Warmtenet	SC3 - Energienet	GAS (informatief)
CO2-uitstoot over 30 jaar (ton) - overzicht per scenario	68.984	38.192	37.536	146.357
CO2-besparing over 30 jaar (ton) ten opzichte van gas - overzicht per scenario	77.373	108.165	108.821	0



Figuur 73 – CO2 – uitstoot over 30 jaar



Figuur 74 – Besparing CO2-uitstoot over 30 jaar

3.5.5.2 Resultaat economische analyse

Tabel 28 toont het overzicht van CAPEX/OPEX. De investeringskosten zijn beduidend hoger voor het warmtenet en het energienet scenario. Dit is in hoofdzaak te verklaren door de basisinvestering in het BEO-veld (+/- 50 M€). De meerkost van het warmtenet ten opzichte van het energienet is te verklaren door de extra systemen voor koeling bij toepassing van het warmtenet en door de hogere kost van een warmtenet (staal + isolatie) ten opzicht van een energienet (kunststof zonder isolatie). De onderhoudskosten zijn equivalent aan de investeringskosten.

De restwaarde voor warmtenet en energienet is veel hoger dan in het L/W-scenario. Het BEO-veld en warmtenet hebben een levensduur van minstens 50 jaar.

Zowel voor het warmtenet als voor het energienet kan een dossier ingediend worden voor de call groene warmte, hierdoor is een subsidie mogelijk tot 2 M€.

De energiekosten zijn merkbaar lager voor het warmtenet en energienet.

Op basis van de huidige TCO is SC1 met L/W warmtepompen economisch de beste keuze. Evoluties die een energienet (eerder dan een warmtenet) financieel haalbaar kunnen maken:

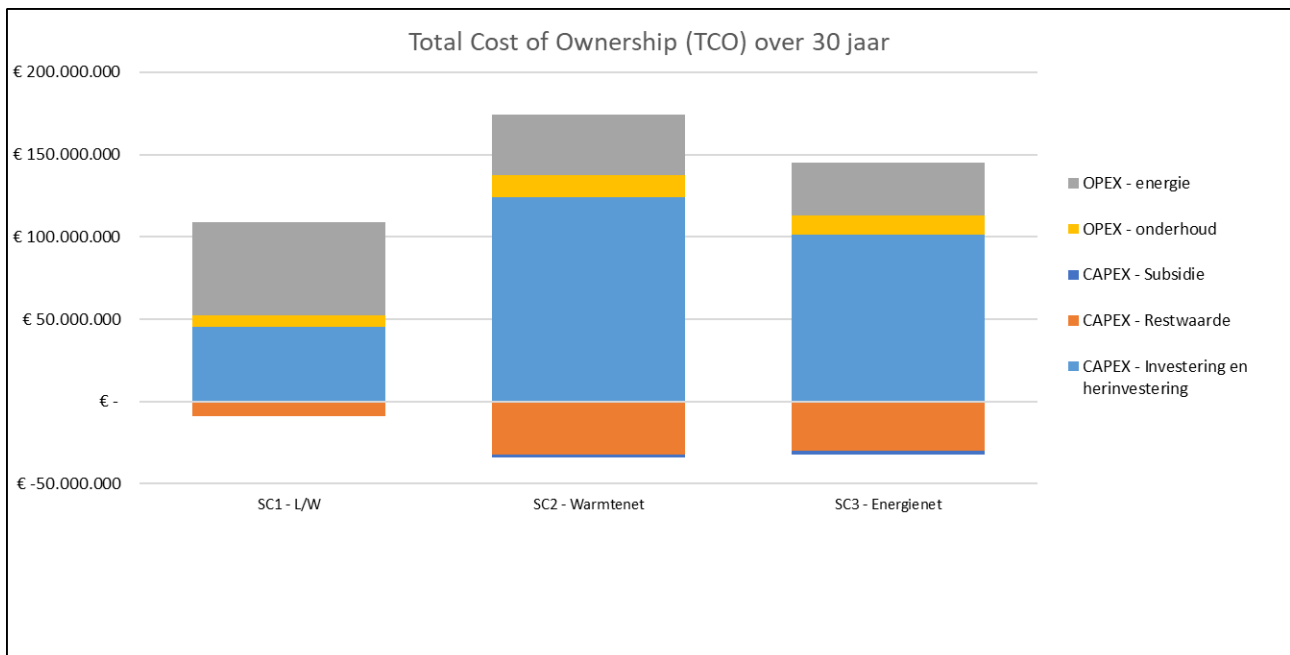
- Een eventuele CO2-taks kan voor een extra operationele kost zorgen, deze zal evenredig zijn aan de huidige energiekost aangezien deze rechtstreeks gelinkt is aan het energieverbruik;
- Een verhoging van de elektriciteitsprijs zal er voor zorgen dat de energiekost voor de L/W-warmtepompen sneller stijgt;
- Een verhoging van de koelvraag en daling van de warmtevraag in functie van de klimaatverandering zal meer doorwegen op de energiekost voor L/W-warmtepompen (lagere SCOP en SEER)

Mogelijke evoluties die in het voordeel zijn van een L/W warmtepomp:

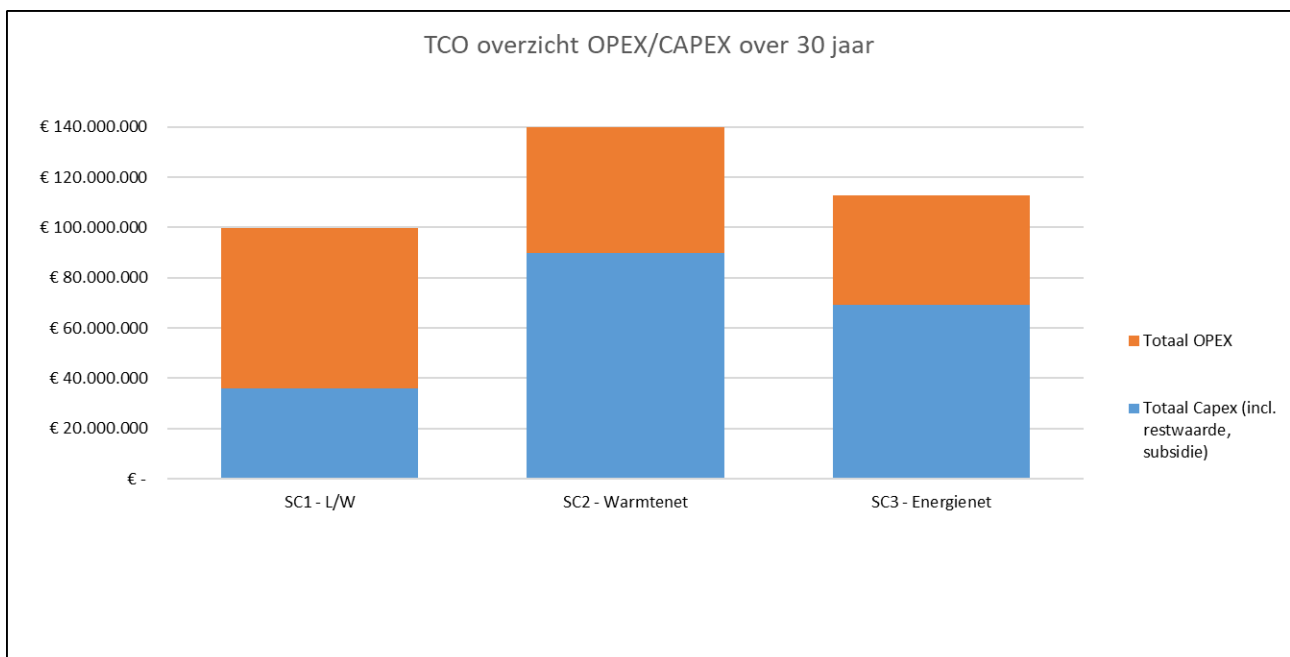
- Een mogelijke taxshift weegt harder door in het energieverbruik van de L/W-warmtepomp.

Tabel 28 – Overzicht CAPEX/OPEX

		SC1 - L/W	SC2 - Warmtenet	SC3 - Energienet
CAPEX	CAPEX - Investering en herinvestering	€ 45.168.268	€ 123.851.571	€ 101.114.276
	CAPEX - Restwaarde	€ -6.340.025	€ -32.025.725	€ -30.050.819
	CAPEX - Subsidie	€ -	€ -1.942.684	€ -1.951.432
OPEX	OPEX - energie	€ 56.740.800	€ 36.740.995	€ 31.845.603
	OPEX - onderhoud	€ 6.919.158	€ 13.423.077	€ 11.938.733
	Totaal	€ 102.488.200	€ 140.047.234	€ 112.896.360



Figuur 75 – Overzicht kosten scenario's warmte en koude opgesplitst



Figuur 76 – Totale kost scenario's warmte en koude

3.5.6 Analyse enkel Warmte

Onderstaande analyse geeft de energetische en economische resultaten van de studie weer wanneer in elk scenario enkel verwarming geleverd wordt.

3.5.6.1 Resultaat energetische analyse

De energiebalans is opgesteld met dezelfde warmtevraag / rendementen / verliezen zoals vooropgesteld in 3.5.5.1.

SC1 met L/W warmtepompen per gebouw heeft de hoogste elektriciteitsvraag ten gevolge van de lagere rendementen bij lage buitentemperaturen.

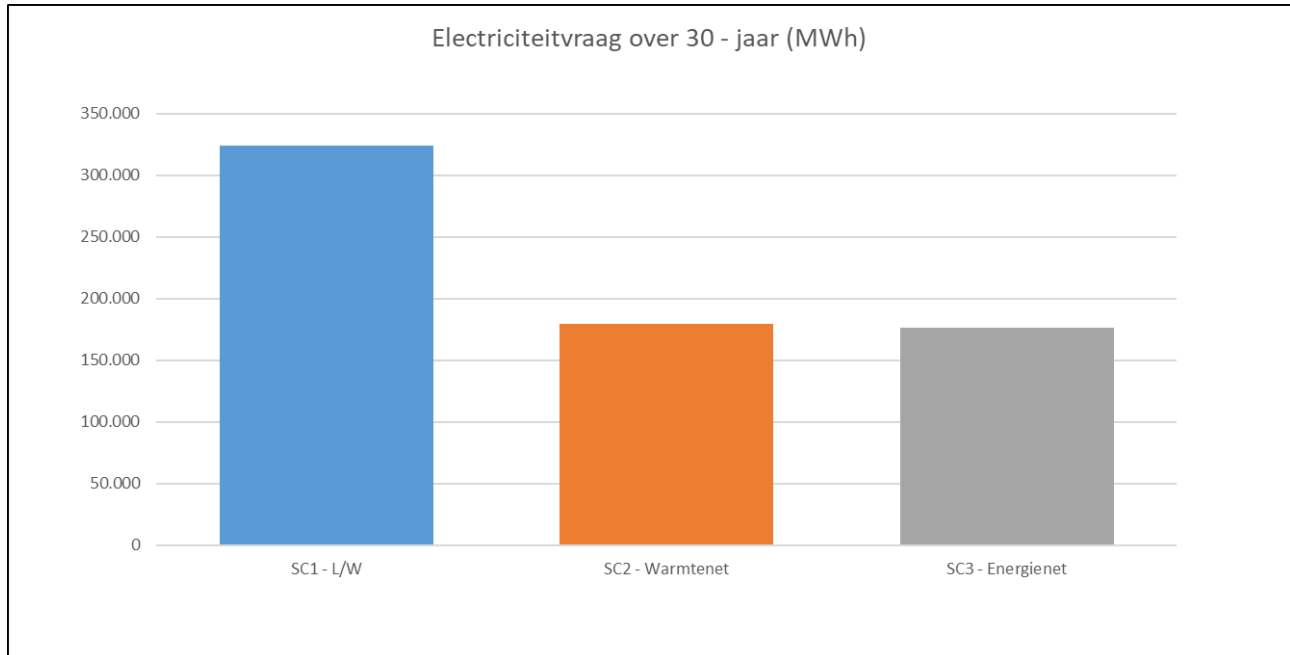
SC3 heeft de laagste elektriciteitsvraag.

SC2 heeft een hogere elektriciteitsvraag ten opzichte van SC3 ten gevolge van het verlies van het warmtenet. Het verschil tussen scenario 2 en 3 is beperkt doordat er geen koeling voorzien is.

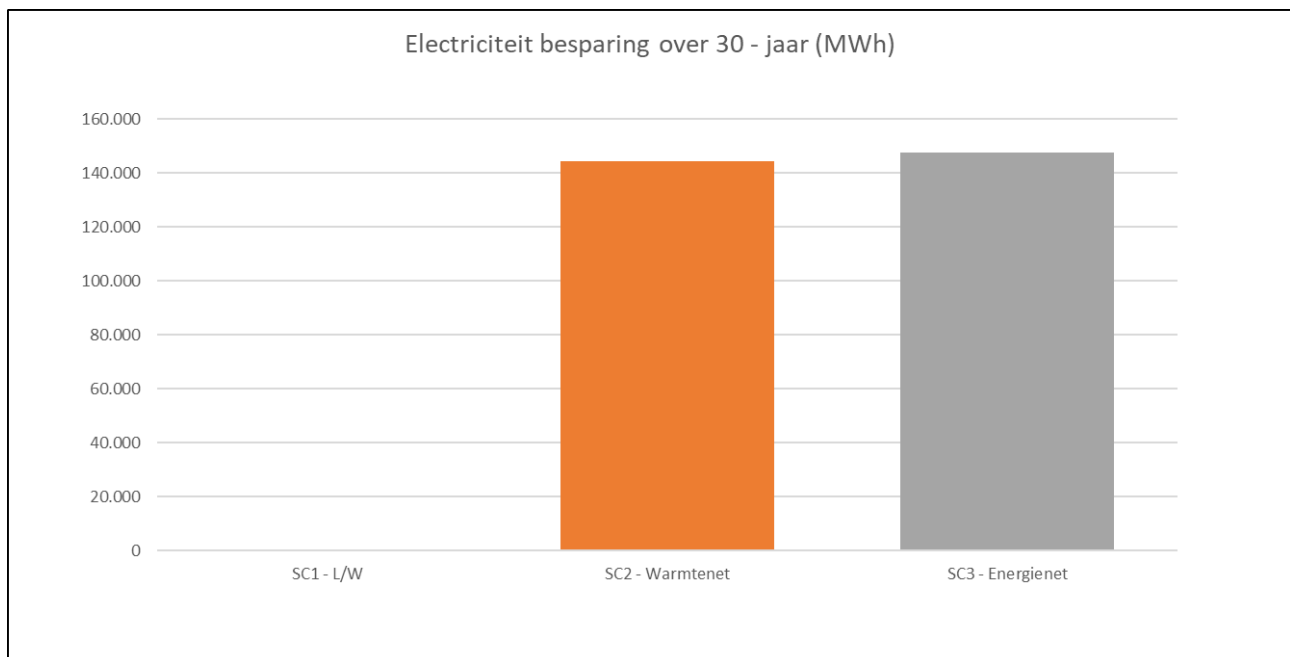
De CO2-uitstoot volgt logischerwijs dezelfde tendens als het elektriciteitsverbruik.

Tabel 29 – Elektriciteitsvraag voor opwekking warmte over 30 jaar

	SC1 - L/W	SC2 - Warmtenet	SC3 - Energienet
Elektriciteitsvraag over 30 jaar (MWh)	323.566	179.139	176.062
Elektriciteitsbesparing over 30 jaar (MWh)	0	144.426	147.504



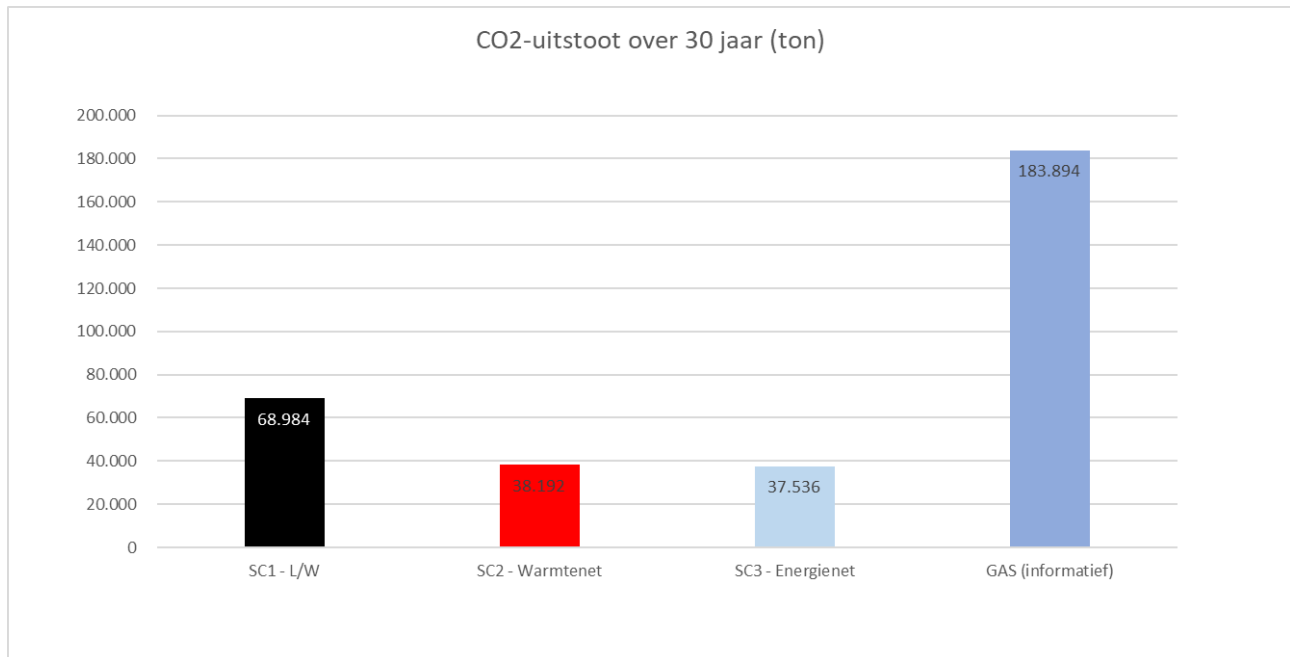
Figuur 77 - Elektriciteitsvraag voor opwekking warmte over 30 jaar



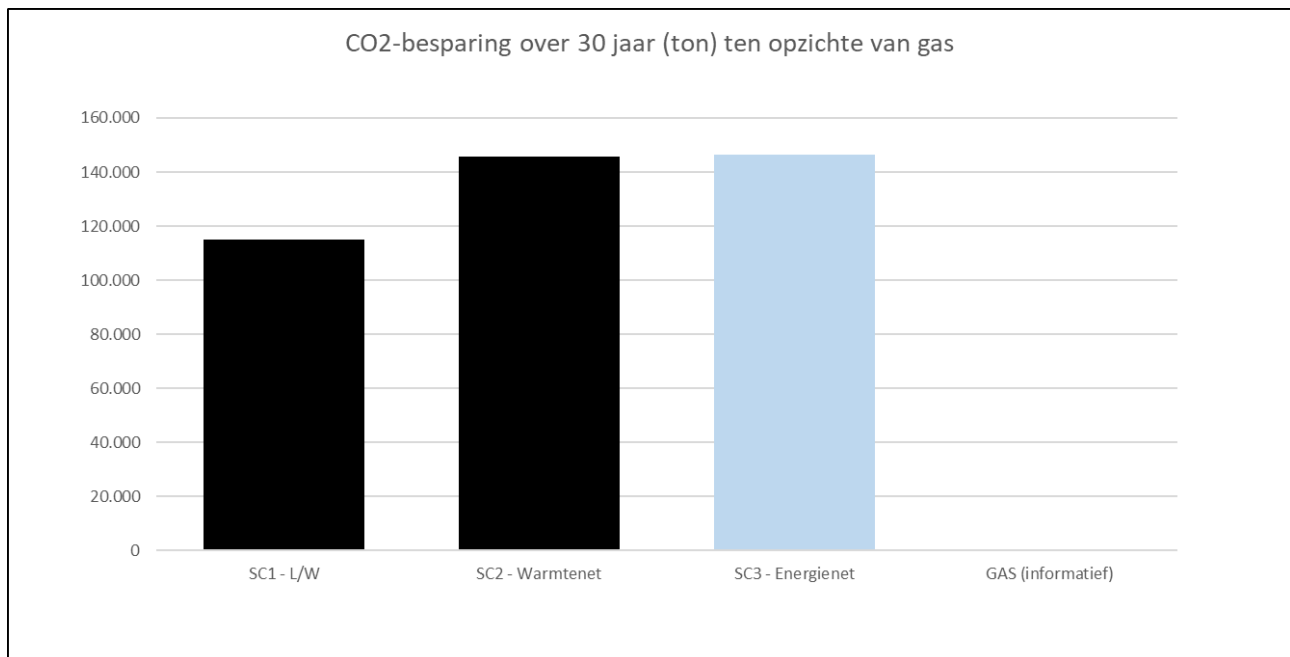
Figuur 78 - Elektriciteitsbesparing voor opwekking warmte over 30 jaar

Tabel 30 – CO2 uitstoot over 30 jaar

	SC1 - L/W	SC2 - Warmtenet	SC3 - Energienet	GAS (informatief)
CO2-uitstoot over 30 jaar (ton) - overzicht per scenario	68.984	38.192	37.536	183.894
CO2-besparing over 30 jaar (ton) ten opzichte van gas - overzicht per scenario	114.910	145.701	146.357	0



Figuur 79 – CO2 – uitstoot over 30 jaar



Figuur 80 – Besparing CO2-uitstoot over 30 jaar

3.5.6.2 Resultaat economische analyse

Tabel 31 toont het overzicht van CAPEX/OPEX. De investeringskosten zijn beduidend hoger voor het warmtenet en het energienet scenario. Dit is in hoofdzaak te verklaren door de basis investering in het BEO-veld (+ 50 M€). De onderhoudskosten zijn equivalent aan de investeringskosten.

De restwaarde voor warmtenet en energienet is veel hoger dan in het L/W-scenario. Het BEO-veld en warmtenet hebben een levensduur van minstens 50 jaar.

Zowel voor het warmtenet als voor het energienet kan een dossier ingediend worden voor de call groene warmte, hierdoor is een subsidie mogelijk tot 2 M€.

De energiekosten zijn merkelijk lager voor het warmtenet en energienet.

Door het wegvallen van de koeling komt de totale kost van het warmtenet meer in de buurt van het energienet, maar is nog steeds hoger.

Op basis van de huidige TCO is SC1 met L/W warmtepompen economisch de beste keuze. Evoluties die een energienet of warmtenet financieel haalbaar kunnen maken:

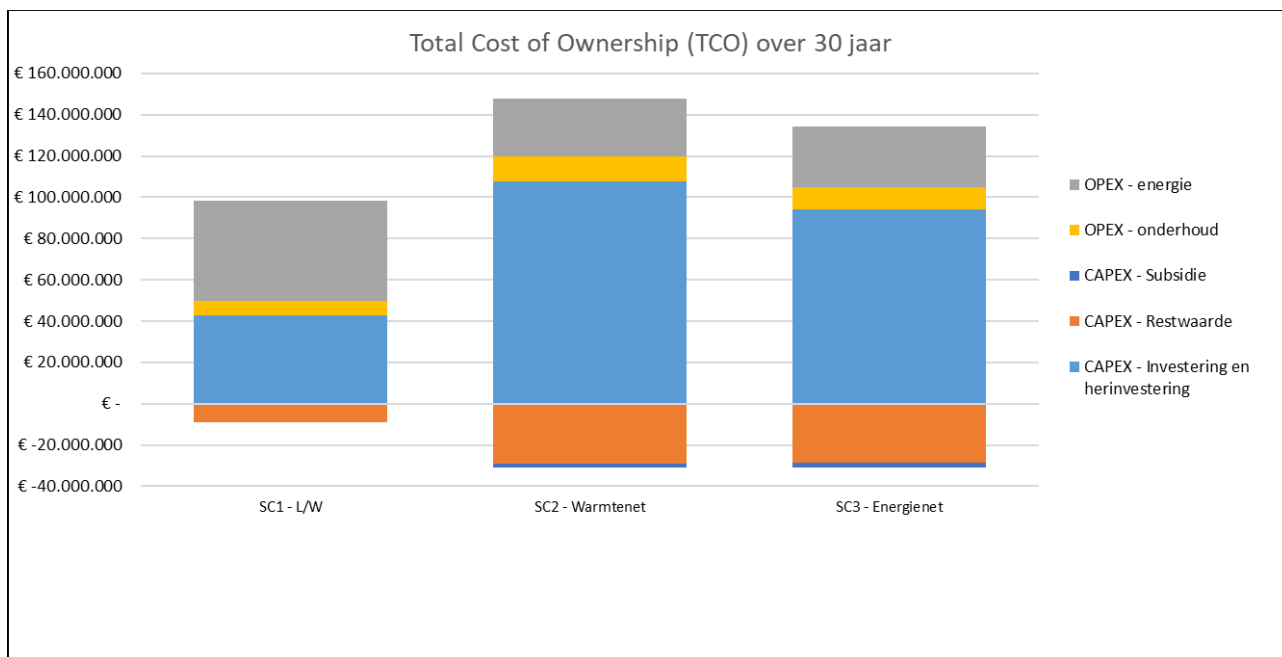
- Een eventuele CO2-taks kan voor een extra operationele kost zorgen, deze zal equivalent zijn aan de huidige energiekost aangezien deze rechtstreeks gelinkt is aan het energieverbruik;
- Een verhoging van de elektriciteitsprijs zal er voor zorgen dat de energiekost voor de L/W-warmtepompen sneller stijgt.

Mogelijke evoluties die in het voordeel zijn van een L/W warmtepomp:

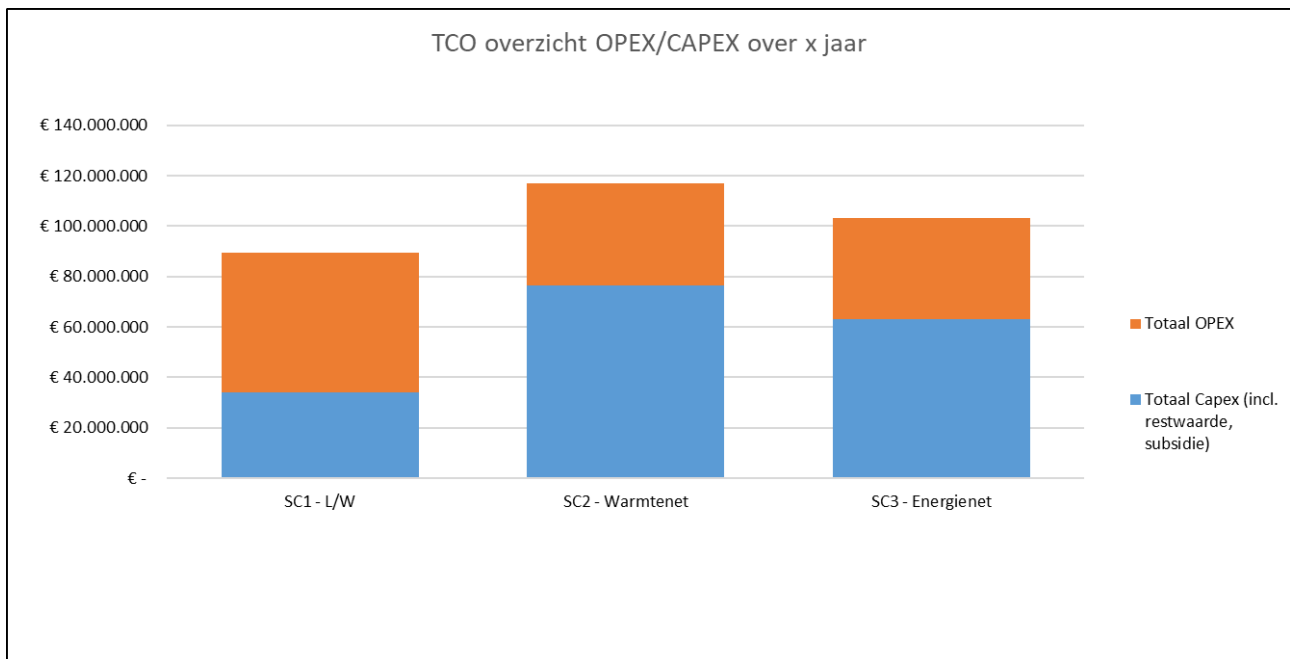
- Een mogelijke taxshift weegt harder door in het energieverbruik van de L/W-warmtepomp.

Tabel 31 – Overzicht CAPEX/OPEX

		SC1 - L/W	SC2 - Warmtenet	SC3 - Energienet
CAPEX	CAPEX - Investing en herinvestering	€ 43.018.011	€ 107.454.210	€ 93.962.790
	CAPEX - Restwaarde	€ -9.024.125	€ -28.961.385	€ -28.800.512
	CAPEX - Subsidie	€ -	€ -1.942.684	€ -1.951.432
OPEX	OPEX - energie	€ 48.837.657	€ 28.090.781	€ 29.061.447
	OPEX - onderhoud	€ 6.596.619	€ 12.193.275	€ 11.002.510
Totaal		€ 89.428.161	€ 116.834.197	€ 103.274.803



Figuur 81 – Overzicht kosten scenario's warmte opgesplitst



Figuur 82 – Totale kost scenario's warmte

3.5.7 Samenvatting warmte/koude

Tabel 32 – Samenvatting warmte/koude

	SC1 – L/W warmtepomp	SC2 – Warmtenet	SC3 - Energienet
Schaal	Gebouw	Site	Site
Warmteopwekking	L/W-warmtepomp per gebouw	Centrale W/W Warmtepomp	W/W warmtepomp per gebouw
Koudeopwekking	L/W-warmtepomp per gebouw	Koelmachine per gebouw	Warmtewisselaar passieve koeling
Ruimtelijke impact	Enkel op gebouwniveau. Warmtepomp op dak, spanningsveld met PV	Voornamelijk op openbare ruimte (gebouw voor energiecentrale). Op gebouwniveau enkel inkoppeling in kelder.	Voornamelijk op gebouwniveau (warmtepomp kelder)). Ifv plaats BEO-velden ook op openbaar domein.
Impact beeldkwaliteit	Technische zones op dak	Energiegebouw op openbaar domein	Beperkt
Energiebalans (op jaarbasis)	Hoogste netto elektriciteitsvraag (incl opwekking PV)	Gemiddelde netto elektriciteitsvraag (opbrengst PV niet bruikbaar voor energiecentrale)	Laagste netto elektriciteitsvraag (incl opwekking PV)
Zelfvoorzienend zelfconsumptie	/	Gemiddeld	Laag (opbrengst PV niet bruikbaar voor energiecentrale)
Faseerbaarheid	Makkelijke faseerbaar (gebouwooplossing)	Is een aandachtspunt.	Is een aandachtspunt, eerder per fase (~ cluster) aparte energienetten uit te voeren. Deze kunnen onderling gekoppeld worden.
Extra inspanning voor CO2-neutraliteit	Gemiddeld	Hoogst (omwille van lokale PV die niet toegewezen kan worden aan energiecentrale))	Laagst
Doelstelling klimaatactieplan	Behaald	Behaald	Behaald

Mechelen (-40% CO2 tegen 2030)			
Doelstelling klimaatactieplan Mechelen (-85% CO2 tegen 2050)	Extra inspanning vereist (10% extra nodig, zie 3.6)	Extra inspanning vereist (5% extra besparing nodig, zie 3.6)	Behaald met 10% marge, zie 3.6.
Innovatie	Geen (basis EPB-oplossing)	Gemiddeld	Hoog
Burgerparticipatie	Minder relevant gezien de oplossing per gebouw, maar mogelijk	Hoog	Hoog
Investeringskost	Laagste	Hoog	Hoog
Energiekost	Basis	Volgens principes Niet Meer Dan Anders (NMDA)	Volgens principes Niet Meer Dan Anders (NMDA)
TCO	Laagst	Hoog	gemiddeld

3.6 ENERGIEBALANS (WARMTE/KOUDE/ELEK)

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de elektrisch en de warmte/koude analyse met elkaar gecombineerd. De balans is op 2 manieren opgesteld:

- Op jaarbasis: er van uitgaande dat alle opgewekte elektriciteit nuttig voor de site gebruikt wordt, onafhankelijk van verschuiving tussen moment van opwekking en verbruik;
- Op uurbasis: Enkel rekening houdend met eigen verbruik op de site, injectie op het elektriciteitsnet wordt niet opgenomen in de balans.

Specifiek voor scenario 2 zal er geen aandeel opgewekte elektriciteit voor de warmtepompen ingerekend worden. Dit doordat de PV-installaties maximum op gebouwniveau aan het net gekoppeld kunnen worden en niet centraal aan de collectieve warmtepompen.

3.6.1 Totaal (jaarbals)

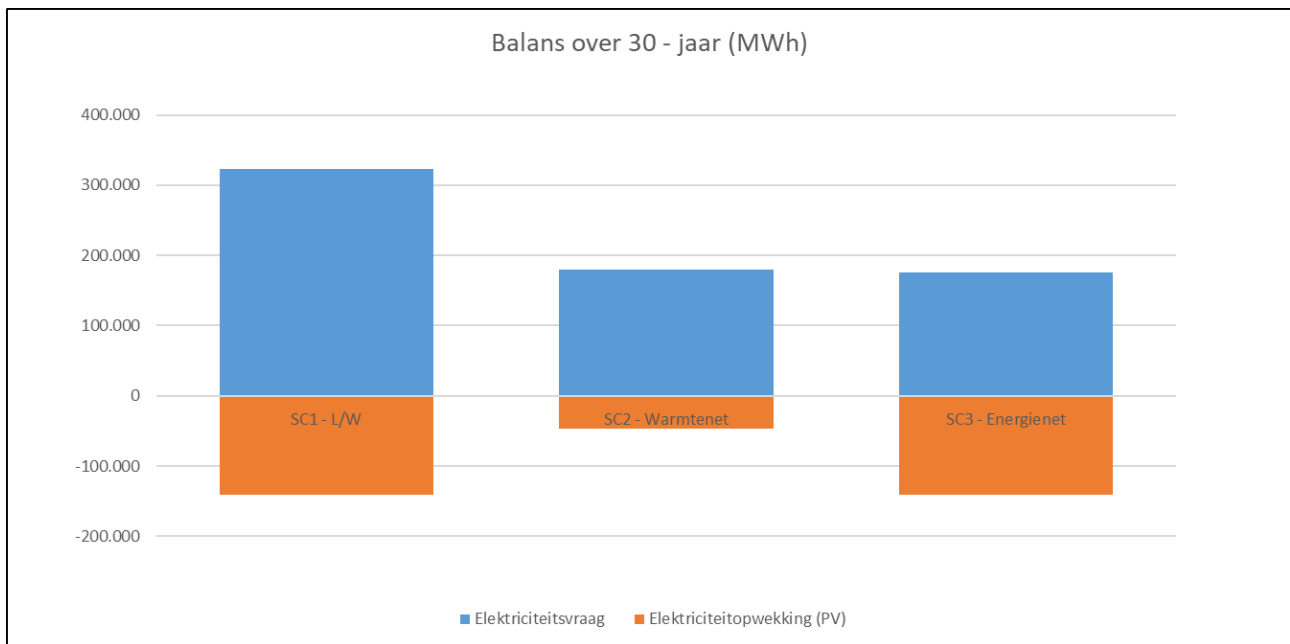
Op basis van de jaarbalans heeft SC1 met L/W warmtepompen per gebouw de hoogste elektriciteitsvraag ten gevolge van de lagere rendementen bij lage buitentemperaturen, ondanks dat de warmtepompen de eigen opgewekte stroom kunnen gebruiken.

SC3 heeft de laagste elektriciteitsvraag.

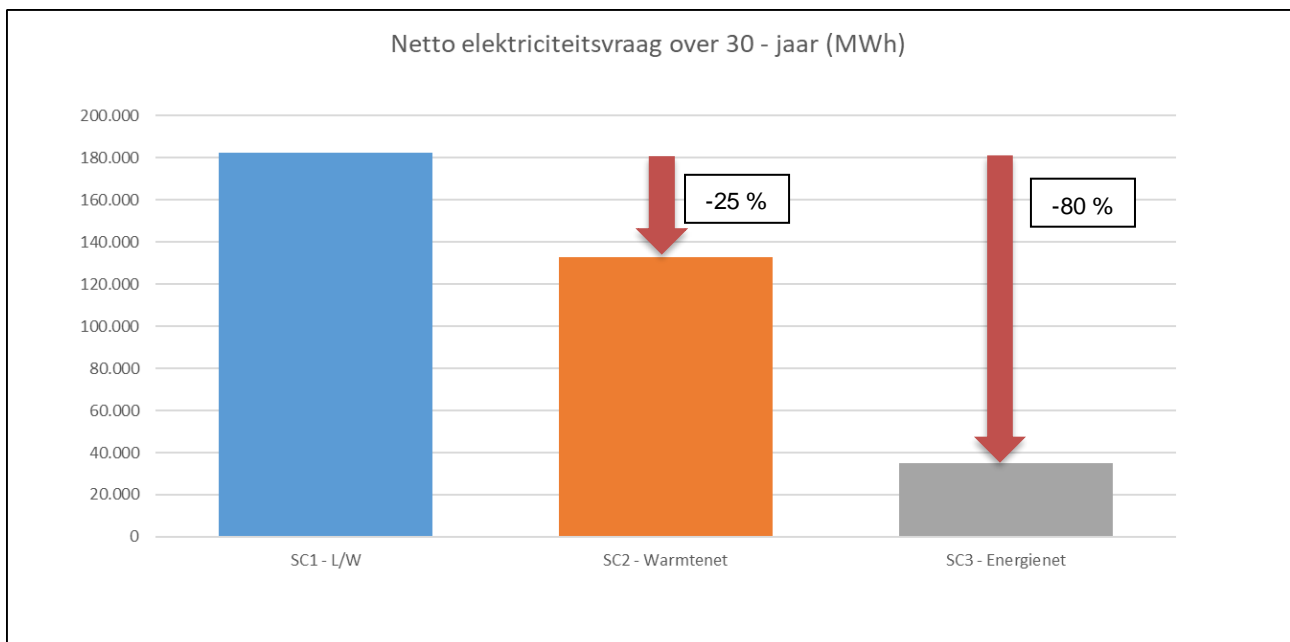
SC2 heeft een hogere elektriciteitsvraag ten opzicht van SC3 ten gevolge van het verlies van het warmtenet, doordat er geen passieve koeling beschikbaar is én doordat de warmtepompen geen stroom van de PV-panelen kan gebruiken.

Tabel 33 – Overzicht elektriciteitsvraag (jaarbals)

	SC1 - L/W	SC2 - Warmtenet	SC3 - Energienet
Elektriciteitsvraag over 30 jaar (MWh)	323.566	179.139	176.062
Elektriciteitsopwekking over 30 jaar (MWh)	-141.185	-46.098	-141.185
Netto elektriciteitsvraag over 30 jaar (MWh)	182.380	133.041	34.876



Figuur 83 – Jaarbalans elektriciteitsvraag

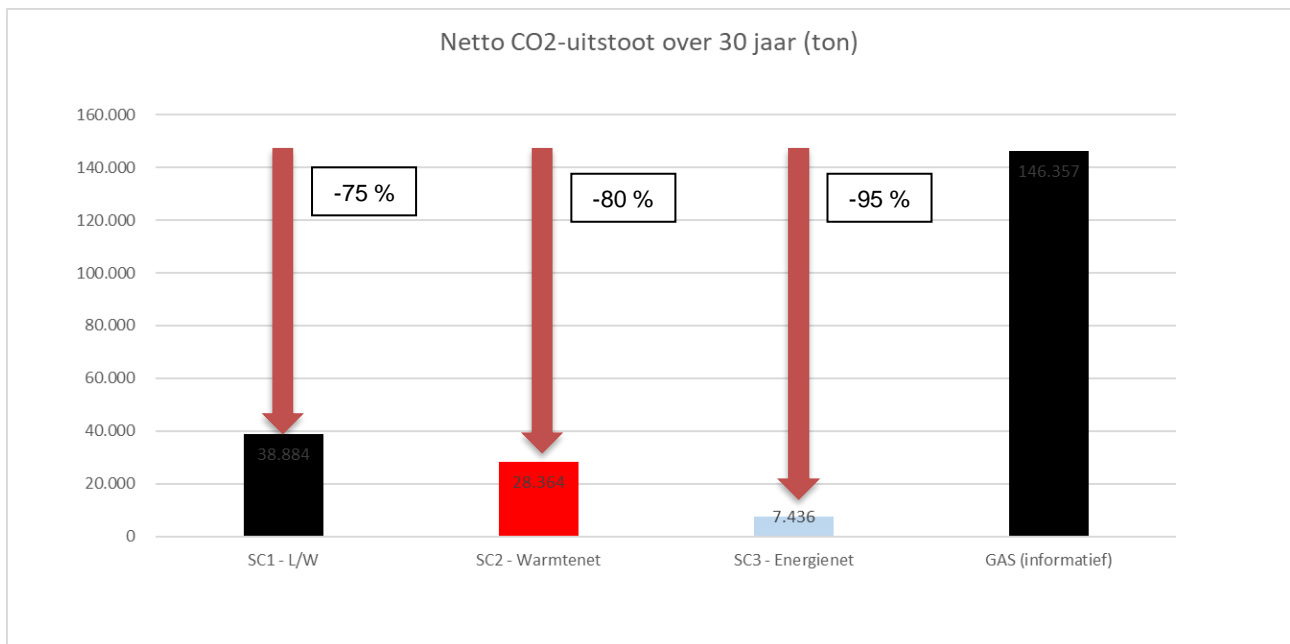


Figuur 84 – Netto elektriciteitsvraag (jaarbalans)

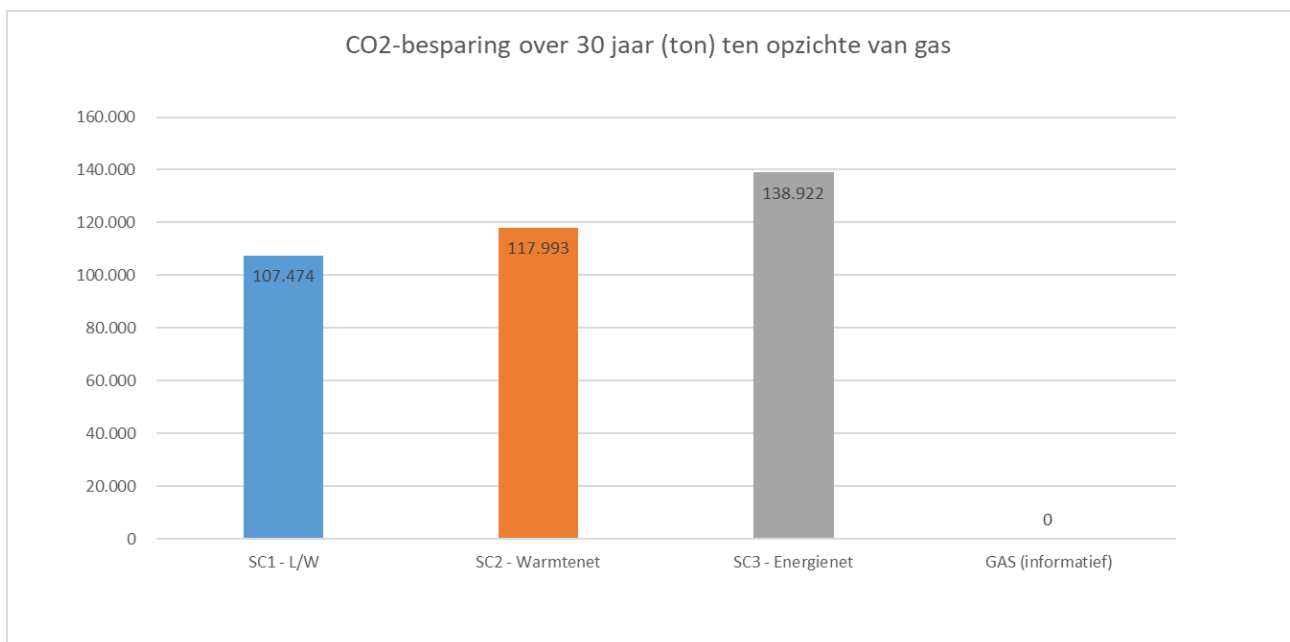
De CO₂-uitstoot volgt dezelfde trend als het elektriciteitsverbruik. Ten opzichte van een scenario waarin nog gas zou gebruikt worden voor warmteopwekking daalt de CO₂-uitstoot met 75% voor scenario 1 tot zelfs 95% voor scenario 3.

Tabel 34 – CO₂-uitstoot (jaarbalans)

	SC1 - L/W	SC2 - Warmtenet	SC3 - Energienet	GAS (informatief)
Netto CO₂-uitstoot over 30 jaar (ton) - overzicht per scenario	38.884	28.364	7.436	146.357
CO₂-besparing over 30 jaar (ton) ten opzichte van gas - overzicht per scenario	107.474	117.993	138.922	0



Figuur 85 – Netto CO2-uitstoot (jaarbalans)



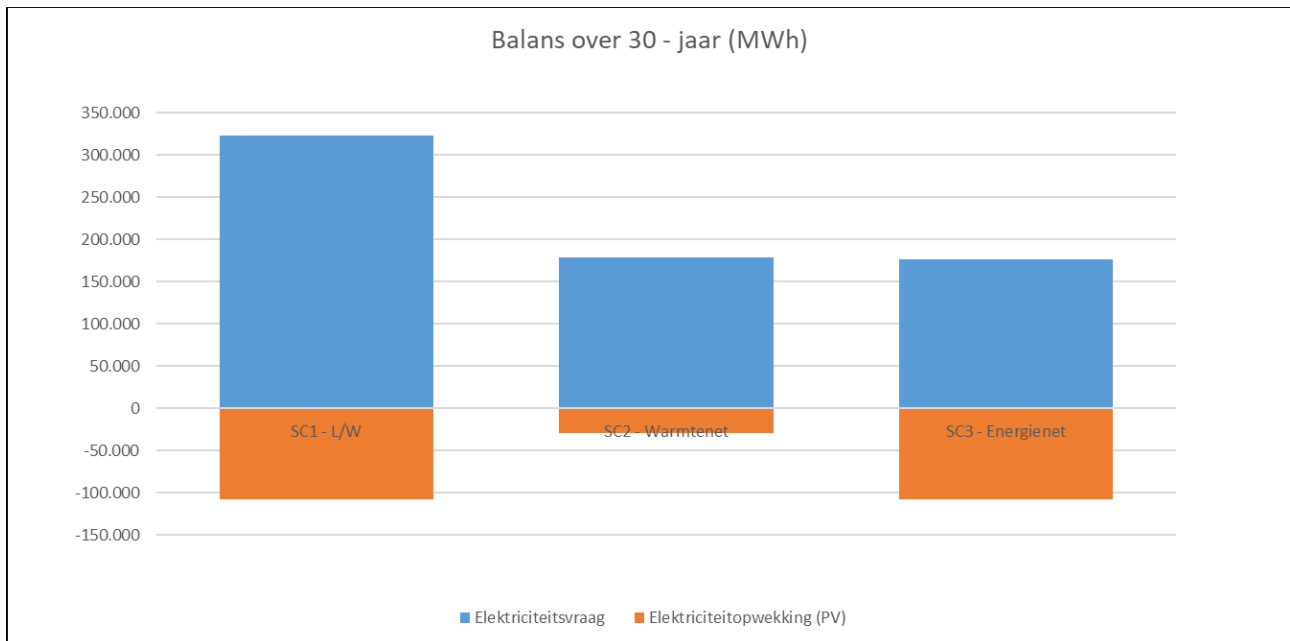
Figuur 86 – Besparing CO2-uitstoot

3.6.2 Totaal (uurbalans)

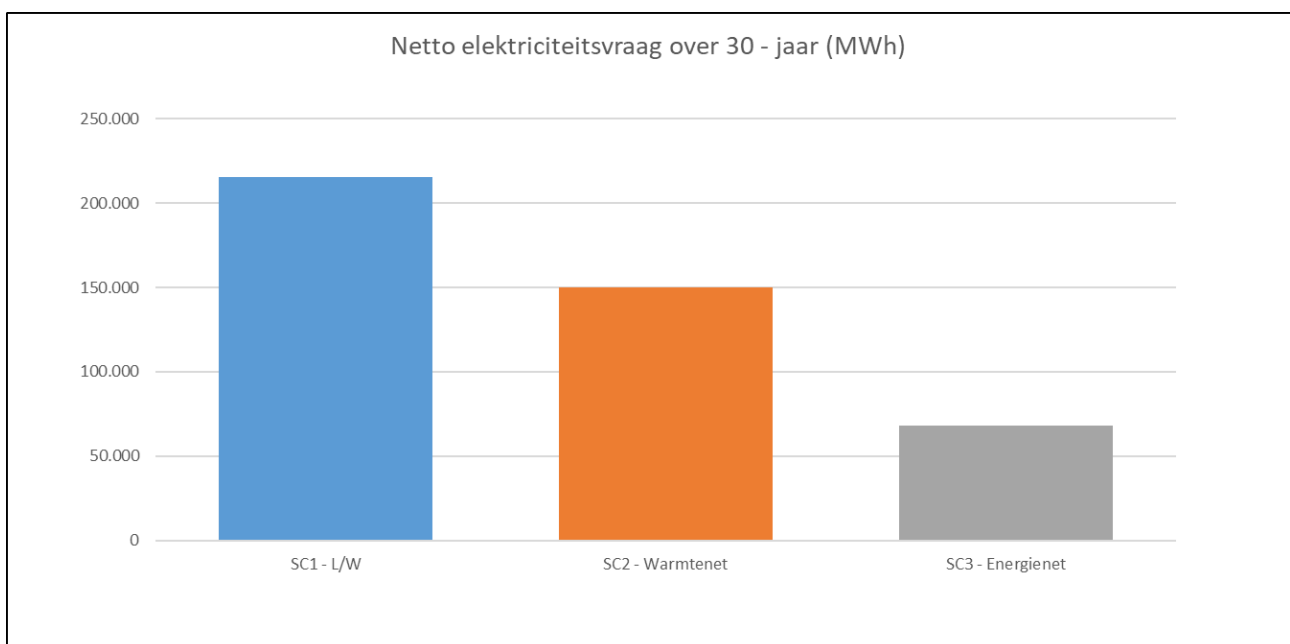
Dezelfde tendensen als in 3.6.1 zijn hier terug te vinden, met dit verschil dat de netto elektriciteitsvraag en de CO2-uitstoot hoger ligt doordat het aandeel injectie op het net niet ingerekend is in de balans. Specifiek voor CO2-uitstoot zijn besparingen van 70% voor scenario 1 en tot 90% voor scenario 3 mogelijk (ten opzicht van gas).

Tabel 35 - Overzicht elektriciteitsvraag (uurbalans)

	SC1 - L/W	SC2 - Warmtenet	SC3 - Energienet
Elektriciteitsvraag over 30 jaar (MWh)	323.566	179.139	176.062
Autoconsumptie over 30 jaar (MWh)	-108.148	-28.903	-108.148
Netto elektriciteitsvraag over 30 jaar (MWh)	215.418	150.236	67.913



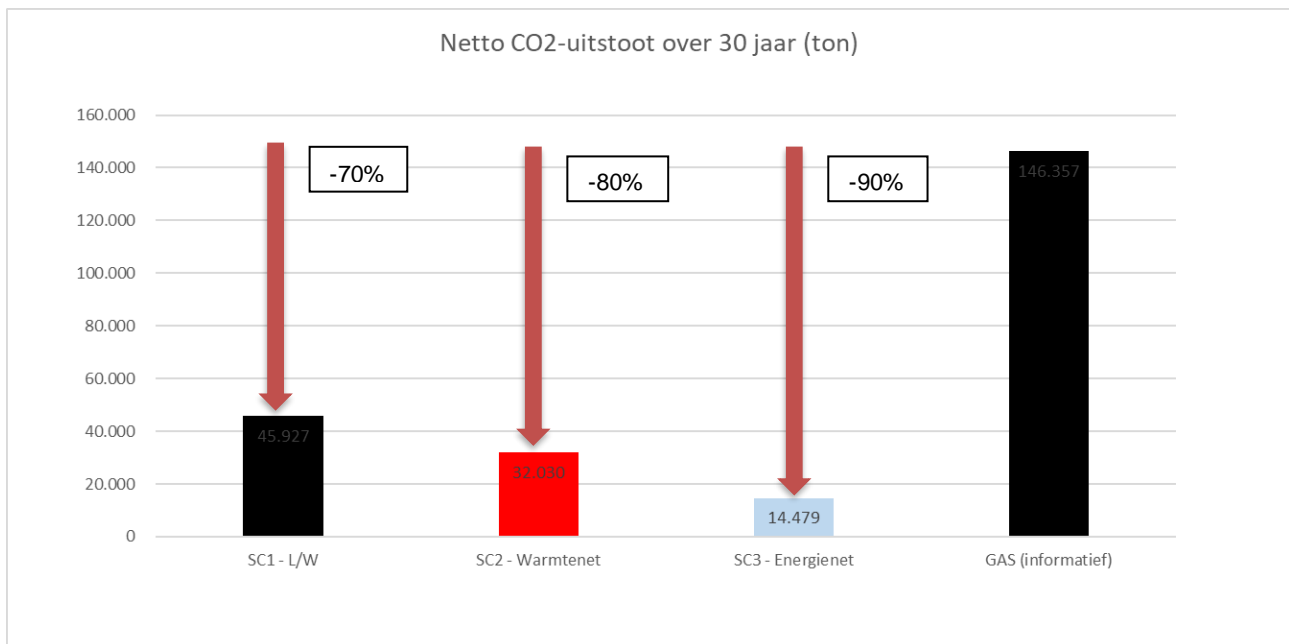
Figuur 87 – Balans over 30j elektriciteitsvraag (ifv uurbalans)



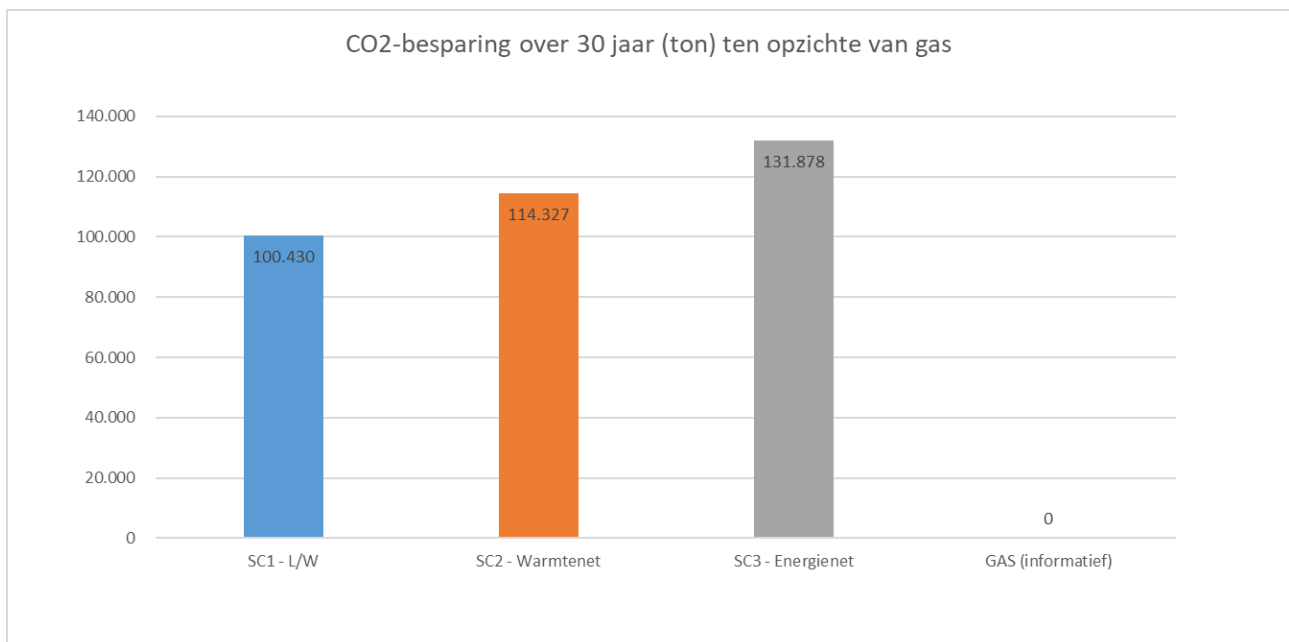
Figuur 88 - Netto elektriciteitsvraag (uurbalans)

Tabel 36 - CO2-uitstoot (uurbalans)

	SC1 - L/W	SC2 - Warmtenet	SC3 - Energienet	GAS (informatief)
Netto CO2-uitstoot over 30 jaar (ton) - overzicht per scenario	45.927	32.030	14.479	146.357
CO2-besparing over 30 jaar (ton) ten opzichte van gas - overzicht per scenario	100.430	114.327	131.878	0



Figuur 89 - Netto CO2-uitstoot (uurbalans)



Figuur 90 - Besparing CO2-uitstoot

3.7 SMART CITIES – ENERGIE

3.7.1 Virtual Power Plant

Naast de verplichte energiemeters voor facturatie in het elektriciteitsnet, kunnen verschillende bijkomende sensoren en actuatoren voorzien voor het slim sturen van verbruikers. Auto's kunnen geladen worden, wasmachines worden ingeschakeld, auto's kunnen slim geladen en ontladen worden,... wanneer groene stroom opgewekt wordt op de site (eventueel rekening houdend met voorspelling van zonninstraling = solar forecasting) of wanneer goedkopere stroom op het net beschikbaar is.

Belangrijkste voordelen zijn:

- Lagere operationele kosten omwille van sturing ifv marktprijzen of tariefstructuren (capaciteitstarief);
- Lagere operationele kosten omwille van sturing ifv beschikbaarheid groene energie;

- Inzetten op flexibiliteitsdiensten in de elektriciteitsmarkt (met bijhorende vergoedingen).

Sensoren/actuatoren	Smart	Domeinen	Voordelen
<ul style="list-style-type: none"> • Aansturen: <ul style="list-style-type: none"> • Laadpalen; • Warmtepompen; • Batterijen; • Wasmachines; • V2G; • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • Virtual Power Plant dashboard; • Solar forecasting; • Smart Charging 	<ul style="list-style-type: none"> • Operationeel; • Benchmarking naar individuele verbruikers of per blok 	<ul style="list-style-type: none"> • Sturing decentrale verbruikers ifv marktprijzen elek; • Sturing decentrale verbruikers ifv beschikbaarheid groene energie; • Inzetten op flexibiliteitsdiensten in de elektriciteitsmarkt.

Figuur 91 – Virtual Power Plant

3.7.2 Warmte en koude

Het volledige net van warmte/koude kan gemonitord worden (opwekking en verbruikers) via calorimeters (afnemers warmte/koude, opwekkers) en elektriciteitstellers (vb voor warmtepompen) en in kaart gebracht worden via een dashboard. Een digital twin van de site of delen van delen site kan opgebouwd worden zodoende op basis van voorspellingen gestuurd wordt en zodoende minder energie verloren gaat.

Belangrijkste voordelen:

- Lagere operationele kosten omwille van sturing ifv marktprijzen (cfr Virtual Power Plant);
- Lagere operationele kosten omwille van sturing ifv beschikbaarheid groene energie (cfr Virtual Power Plant);
- Beperking piekvermogens;
- Beperking pendelen warmteopwekkers (verhoging levensduur);
- Eventuele bijsturing van het ontwerp ifv gefaseerd bouw van de site

Sensoren	Smart	Domeinen	Voordelen
<ul style="list-style-type: none"> • Warmtemeters per klant (koude / warmte); • Watermeters per blok (koude / warmte); • Elektriciteitsmeters per warmtepomp; 	<ul style="list-style-type: none"> • Digital twin (gebouw / stad) • Warmte/koude dashboard; 	<ul style="list-style-type: none"> • Operationeel; • Benchmarking naar individuele verbruikers of per blok 	<ul style="list-style-type: none"> • Sturing warmte/koude opwekking ifv: <ul style="list-style-type: none"> • Voorspellingen; • Marktprijzen elektriciteit; • "Virtual Power Plant"

Figuur 92 – Opvolging warmte-/koude

4. AANBEVELINGEN WARMTE/KOUDE/ELEK

De aanbeveling van Ingenium is te werken met SC3 (energienet) als basis en SC1 met L/W warmtepomp als Fall Back scenario.

Motivatie voor de keuze van het energienet:

- De laagste potentiële CO₂-uitstoot;
- Gefaseerde aanpak mogelijk door te werken in clusters, deze kunnen later verbonden worden (maar is niet noodzakelijk);
- Innovatief maar realistisch scenario;
- Beperkt hogere TCO over 30 jaar.
- Sociaal / collectief scenario;
- Voorzien van koeling én verwarming met 1 systeem;
- Hogere efficiëntie van de warmtepompen (verwarmen én passief koelen);
- Mogelijkheid van inkoppeling duurzame bronnen (Restwarmte, riothermie, aquathermie,...), een optimalisatie is mogelijk via clustering.

Mogelijke evoluties die het energienet bevoordelen:

- Eventuele toekomstige CO₂-taks;
- Verhoging koelvraag en daling warmtevraag door klimaatverandering.

Knelpunten:

- Bodemvervuiling (BEO-velden);
- Hoge basisinvestering voor BEO-velden en energienet.

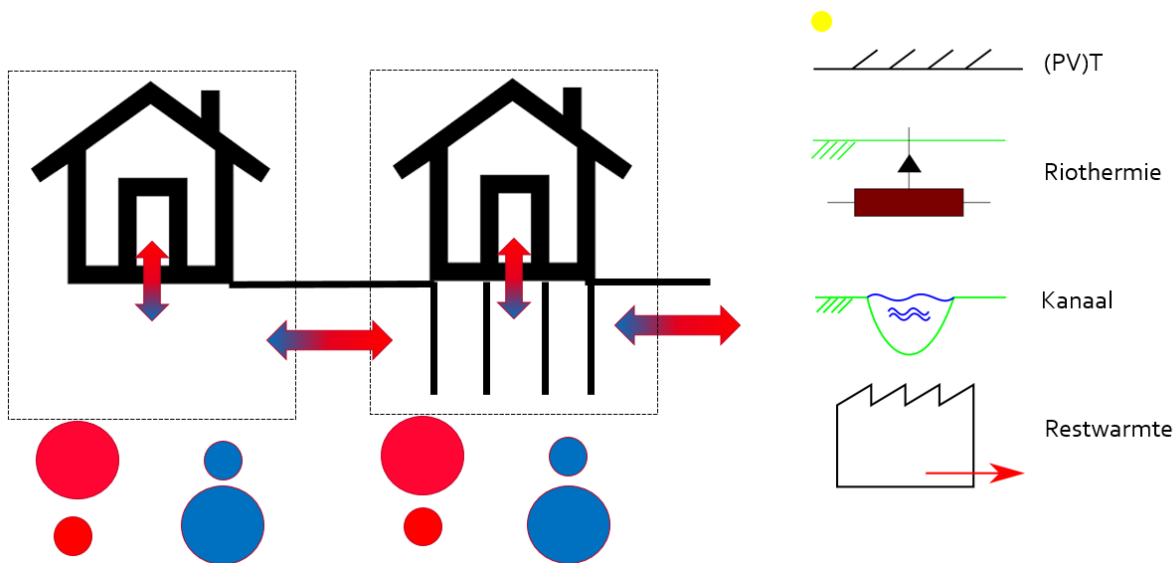
De LW warmtepomp kan voor bepaalde gebouwen steeds als alternatief toegepast worden, dit is de huidige standaard oplossing om te voldoen aan de huidige duurzaamheidseisen (EPB).

Gezien de fasering op de site stellen we voor het project op te delen in clusters volgens deze fasering (eventueel nog opgedeeld per projectontwikkelaar). Waarbij per cluster een energienet uitgerold wordt. In een latere fase kan dan onderzocht worden of het koppelen van clusters een optimalere werking biedt (zowel energetisch als financieel).

Basis van een cluster is de warmtebalans (binnen/tussen gebouwen of compensatie via regeneratie):

- Synergiën zoeken tussen gebouwen met overwegend warmtevraag (vb woongebouwen) en gebouwen met overwegend koelvraag (vb commerciële gebouwen, kantoren,...);
- Bepaalde gebouwen voorzien van een BEO-veld op privédomein en koppelen met gebouwen zonder BEO-veld;
- Optimalisatie van het BEO-veld aan de hand van de energiebalans en bij grote onbalans deze compenseren met natuurlijke generatie of via een externe bron (Genius Loci: aquathermie, reswarmte of riothermie);
- Defasering warmte/koudevraag vs warmte/koudebron -> seizoenale opslag via het BEO-veld.

Figuur 93 toont de opties voor mogelijke energieclusters.



Figuur 93 – Opties energieclusters

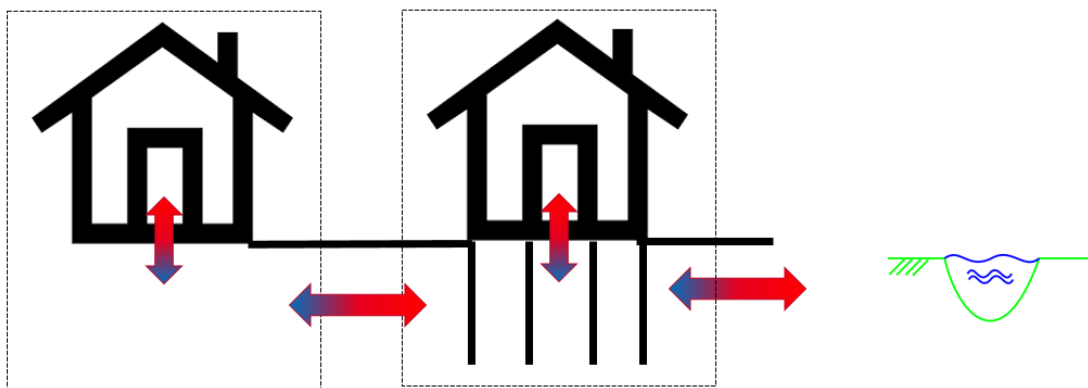
Op basis van een eerste screening is een voorstel gedaan naar mogelijke clustering (Figuur 94) en inkoopeling van duurzame energiebron. Een diepgaandere studie dient dit voorstel te optimaliseren.



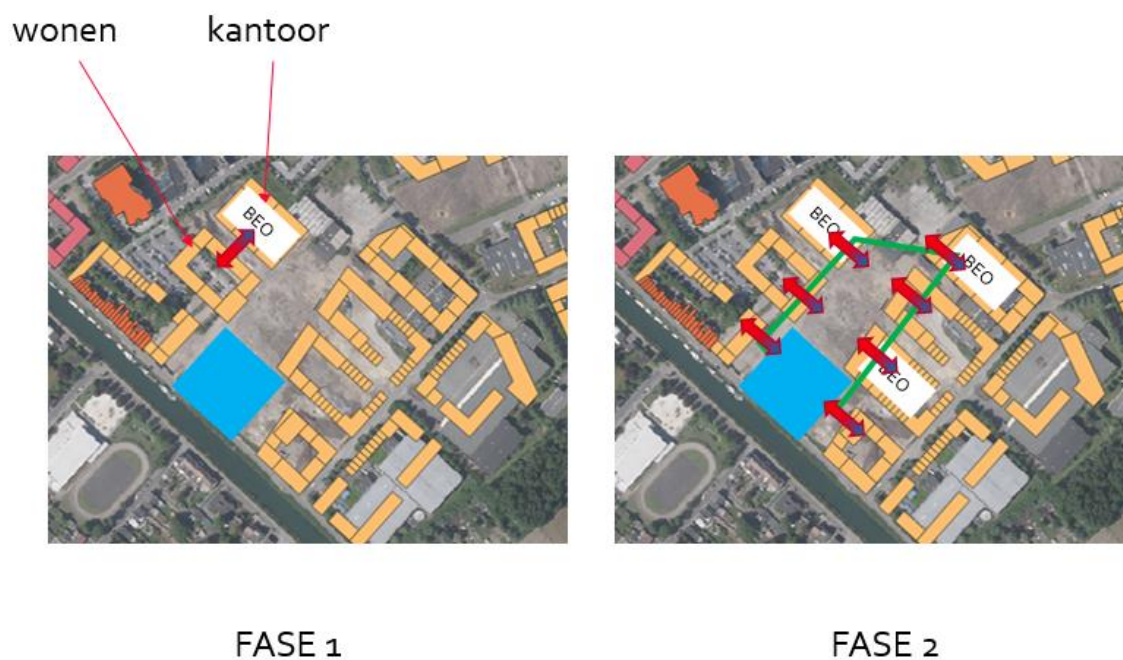
Figuur 94 – Voorstel Clustering

Specifiek voor de cluster jachthaven zou een mogelijk scenario (zie Figuur 95 en Figuur 96) zijn om:

- Bij aanleg van de jachthaven alle voorzieningen te treffen om aquathermie mogelijk te maken (nodige openingen in de damwand, leidingwerk,...)
- In fase 1 de eerste 2 gebouwen (woongebouw en kantoor) van de projectontwikkelaar met elkaar te koppelen. Onder het kantoorgebouw wordt een BEO-veld aangelegd (daar is de hoogste koelvraag);
- In fase 2 worden onder bepaalde andere gebouwen eveneens BEO-velden aangelegd, onderling wordt alles met elkaar gekoppeld. Aquathermie wordt ingekoppeld om de onbalans warmte/koede in de bodem aan te vullen.



Figuur 95 – Principe mogelijk Cluster jachthaven



* Ontrekking kanaal samen op te bouwen met aanleg haven (win-win)

Figuur 96 – Mogelijke opbouw Cluster jachthaven

Volgende stappen:

- Detaillering voorstel clustering ivf fasering:
 - Welke kavels koppelen;
 - Waar BEO en grootteorde;;
 - Welke aanvullende duurzame energiebron;
- Concrete uitwerking binnen één cluster (vb MG Real Estate). Dit zowel technisch, financieel als organisatorisch;
- Aftoetsing mogelijke ESCO's of burgercoöperatieven (vb Klimaan).