

Een 100% duurzame warmte / koude voorziening voor de “Trekvlizone” in Den Haag

De toepassing van een Ecovat energiesysteem



Een samenwerking van:



Gemeente Den Haag

Met subsidiebijdrage van RVO onder de programmaliijn
“Systeemintegratiestudies” in de categorie “Energie en milieu innovaties”

I Algemeen

Organisatie : Ecovat Renewable Energy Technologies
Kantoor : Poort van Veghel 4946, 5466 SB Veghel, Nederland
Telefoon : +31 413 33 41 40
Productie : Nieuwe waterweg 1, 5347 JS Oss, Nederland
KvK : 59541091
BTW : NL 8535.39.327.B01
IBAN : NL17ABNA0421633549
E-Mail en Website : ruud.vandenbosch@ecovat.eu - www.ecovat.eu
Gevestigd te : Veghel, Arnhem, Enschede en Genk (BE)

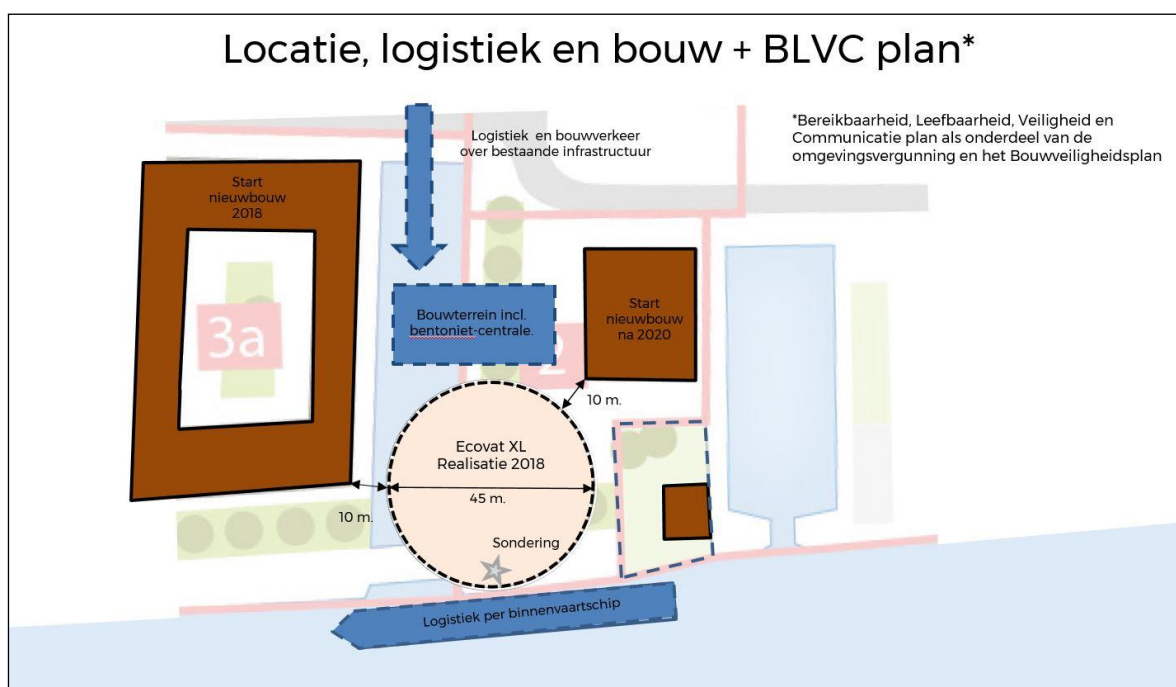


II Verantwoording

Titel : Een 100% duurzame warmte / koude voorziening voor Den Haag
Subtitel : De toepassing van een Ecovat energiesysteem
Subsidiebijdrage RVO : "Systeemintegratiestudies" in de categorie "Energie en milieu innovaties"
Projectnummer subsidie : TESIS15016
Project nummer Ecovat : P161201
Referentie nummer : P161201-PR01
Datum : 09-10-2017
Auteurs : ir. Ruud van den Bosch
: ing. Micha Verbeeten
: mr. Eugène van Bouwdijk
Emailadres : ruud.vandenbosch@ecovat.eu
Goedgekeurd door : ing. Aris de Groot



Figuur 1 Stedenbouwkundige inpassing Ecovat (2018) in de huidige Trekvlizone (zie hoofdstuk 11).



Figuur 2 Inpassing Ecovat in het stedenbouwkundige plan Trekvlizone

III Inhoudsopgave

1	Management Summary	7
1.1	Doel en opzet	7
1.2	Aanpak	7
1.3	Resultaten	10
1.4	Next step	11
2	Introductie Ecovat	12
2.1	Over Ecovat	12
2.2	Context Energietransitie – waar staan we nu?	14
2.3	Een duurzaam energiesysteem	15
2.4	Grijze en groene flexibiliteit	15
2.5	Wat is Ecovat?	16
2.6	Hoe werkt Ecovat?	17
2.7	Validatie (DNV-GL) & realisatie Ecovat L in Arnhem	21
2.8	Bouwmethode 2.0	22
2.9	Ecovat Grootschalige Demonstratie Energie Innovatie (DEI)	23
3	De voordelen van Ecovat	24
3.1	100% duurzame warmte en koude voorziening	24
3.2	Vermeden CO ₂ -uitstoot	26
3.3	Lagere prijs voor energie	28
3.4	Maximale benutting van duurzame energie zowel lokaal als nationaal	31
3.5	Frequentieregeling/Balanshandhaving	32
3.6	Congestie management	34
3.7	Benutting van restwarmte	35
3.8	Slimme hybride infrastructuur elektra en warmte	36
3.9	Piekreductie voor warmtenet	36
3.10	Leveringsgarantie	37
3.11	Ecovat vs. Collectieve WKO	37



4	Randvoorwaarden stakeholders (Bureau Overmorgen)	42
4.1	Waarom organisatorische randvoorwaarden?	42
4.2	Werkwijze	44
4.3	Opgehaalde randvoorwaarden stakeholders	46
4.4	Uitkomsten uit de workshop	47
4.5	Algemene conclusies workshop en advies	49
5	Technisch ontwerp	52
5.1	Ontwerpkaders technische installatie	52
5.2	Omschrijving Case	53
5.3	Ontwerp Ecovat Energiesysteem	56
6	Financieel ontwerp	60
6.1	Aanpak: Terugverdientijd of financieel rendement?	60
6.2	Voorstel projectontwikkelaar	61
6.3	Voorstel investeerder	61
6.4	Investeringsoverzicht	62
6.5	OpEx	63
6.6	Inkomsten	65
6.7	Indexaties	66
6.8	Toelichting kosten, inkomsten en trends	66
7	Organisatie: Dienstverlening Duurzame Energie BV	69
7.1	Inleiding	69
7.2	Structuur	70
7.3	Mogelijke eigendomsconstructies	70
7.4	Financiering	71
7.5	Management	72
7.6	Technische risico's	72
7.7	Financiële risico's:	73
8	Resultaten en Next step	74

8.1	Resultaten	74
8.2	Propositie voor Ontwikkelaar	75
8.3	Next step	75
9	Bijlage a: Toelichting op bouwmethode	77
10	Bijlage b: Beknopt overzicht van de Europese elektriciteitssector	81
10.1	Actors	81
10.2	Elektriciteitsmarkten	82
10.3	Flexibiliteit	84
10.4	Samengevat	86
11	Bijlage c: Toelichting ontwerpkeuzes technisch ontwerp	87
11.1	Analyse van het gebied	87
11.2	Analyse geotechnisch onderzoek deel 1	93
11.3	Bepaling locatie en stedenbouwkundige inpassing	96
11.4	Analyse geotechnisch onderzoek deel 2	101
11.5	Ontwerp afgiftesysteem	102
11.6	Bepaling warmte/koude vraag/vermogens	103
11.7	Bepaling warm tapwater oplossing	105
11.8	Ontwerp warmtenet & koudenet	107
11.9	Ontwerp warmteopwekkers	109
11.10	Bepaling opslagcapaciteit & ontwerp dimensies Ecovat	110
11.11	Ontwerp technische ruimte	110

1 Management Summary

1.1 Doel en opzet

De gemeente Den Haag streeft verduurzaming na van de energievoorziening binnen haar gemeente en wil onderzoeken of het door Ecovat ontwikkelde concept, voor een duurzame warmte en koude voorziening, toepasbaar is in een concrete wijk ("Trekvlizone").

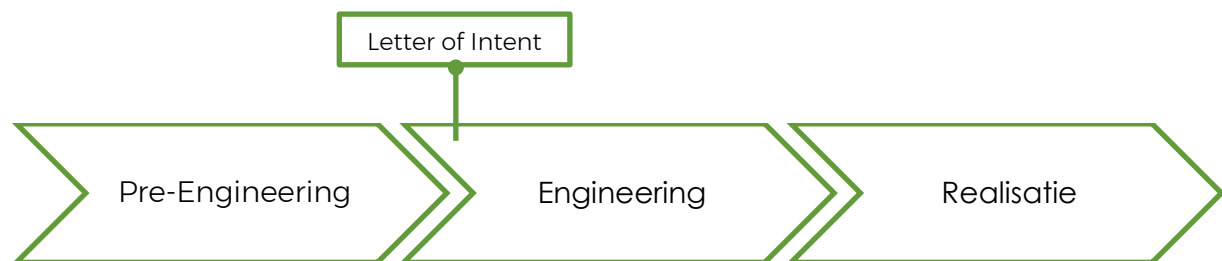
De doelen zijn vooraf als volgt gedefinieerd:

1. Onderzoek naar aspecten m.b.t. ruimtelijke ordening, bestuurlijke aanpak, vergunningen, procesinrichting, draagvlak bij eindgebruikers, rollen voor stakeholders;
2. Onderzoek naar aspecten van wet- en regelgeving;
3. Op de specifieke locatie de (uitvoerings-) technische haalbaarheid aantonen;
4. De optimale configuratie voor de specifieke locatie bepalen;
5. Daarnaast aan de hand van bovenstaande aspecten de lokale duurzaamheidswinst berekenen en de economische consequenties doorrekenen en vergelijken met alternatieve oplossingen die technisch mogelijk zijn op de specifieke locatie.

Als dit haalbaarheidsonderzoek positief uitpakt is het de ambitie van alle deelnemers om tot realisatie in het gebied Binckhorst in Den Haag te komen.

1.2 Aanpak

Om tot de realisatie van Ecovat systemen te komen heeft Ecovat een process ingericht dat op hoofdlijn onder te verdelen is in de volgende 3 stappen:

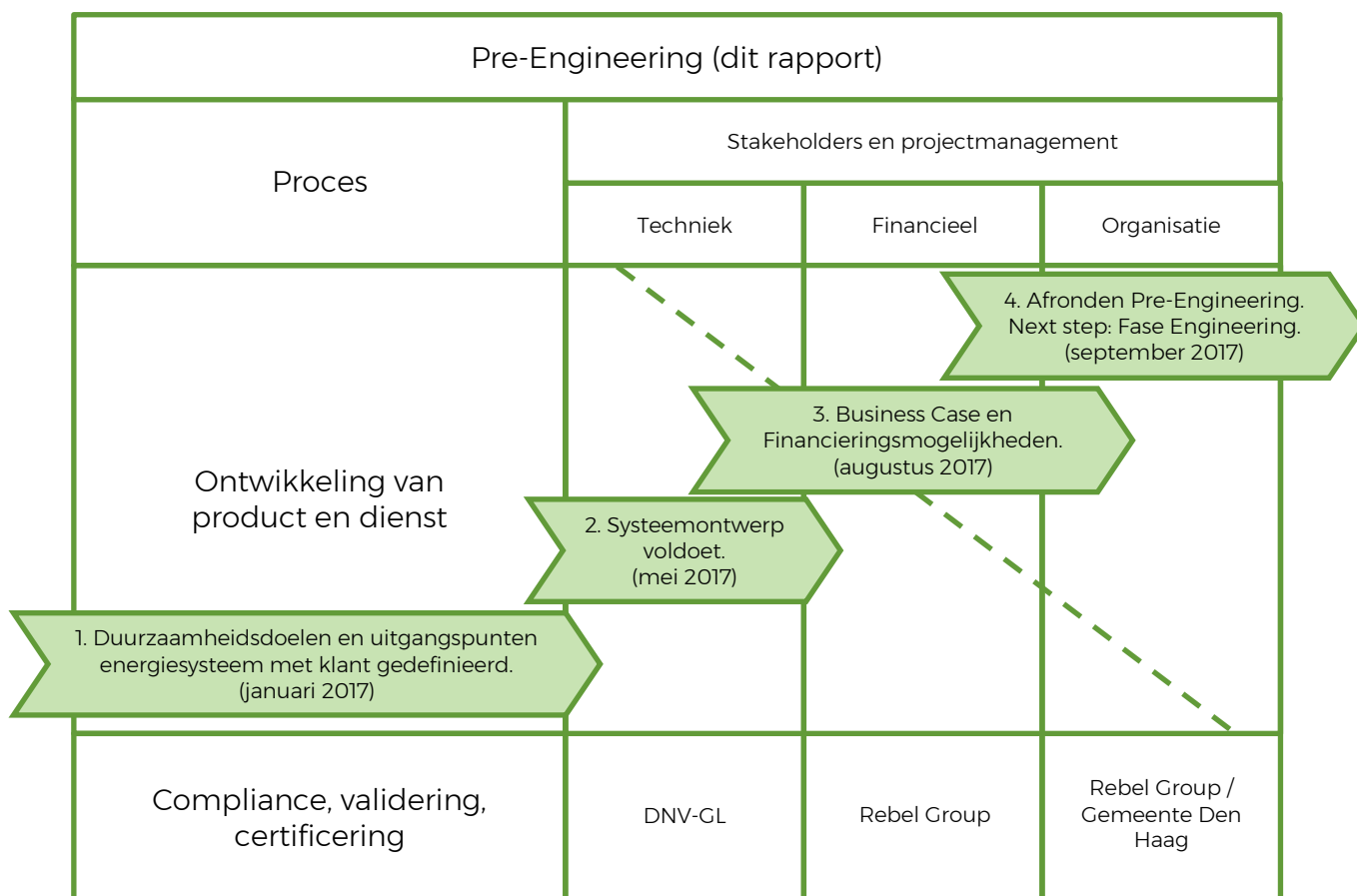


Om de haalbaarheid van een toepassing van het Ecovat systeem te toetsen heeft Ecovat het pre-engineeringsproces opgesteld. Met dit rapport wordt de Pre-Engineeringsfase afgerond en zal samen met de stakeholders de stap naar Engineering worden gezet. Het Pre-Engineeringsproces (zie *Figuur 3*) is opgedeeld in de volgende subfases:

- Techniek (zie hoofdstuk 5);
- Financieel (zie hoofdstuk 6);
- Organisatie (zie hoofdstuk 7).

Dit proces heeft vier mijlpalen (zoals genummerd in *Figuur 3*):

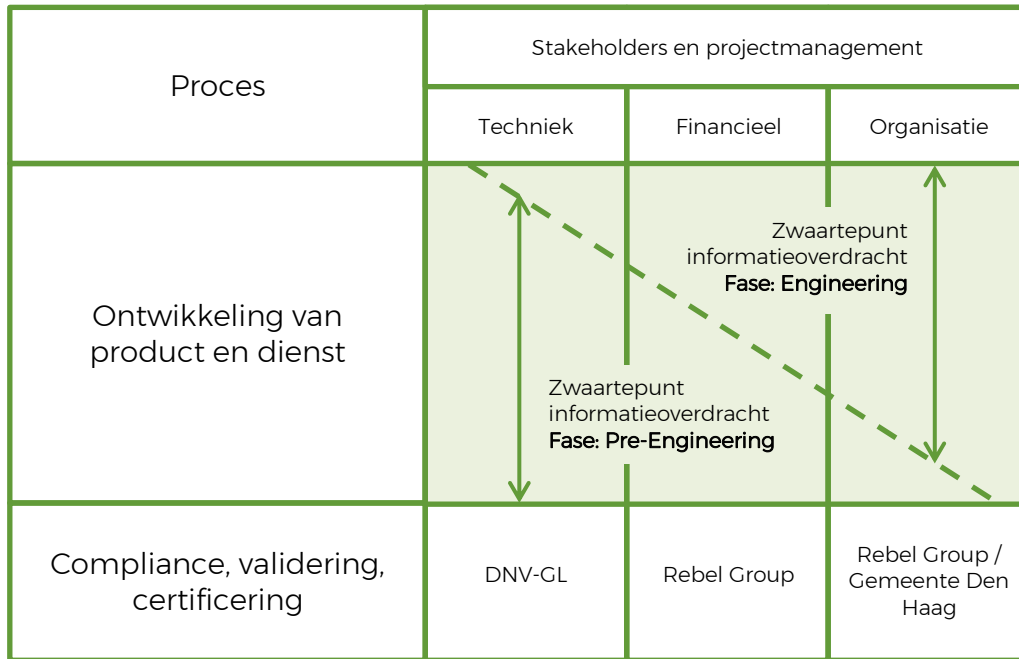
1. Duurzaamheidsdoelen en uitgangspunten energiesysteem met klant gedefinieerd;
2. Systeem ontwerp voldoet;
3. Business Case en Financieringsmogelijkheden;
4. Afronden Pre-Engineering. Next step: Engineering.



Figuur 3 Schematisch overzicht van het Ecovat Pre-Engineeringsproces

Ecovat werkt samen met professionele partijen voor iedere fase in het proces, namelijk DNV-GL, Rebel Group & Gemeente Den Haag. Zo borgt Ecovat de kwaliteit van het proces, zodat enerzijds het systeem aan de technische eisen voldoet en anderzijds het systeem financierbaar is.

In *Figuur 4* is het zwaartepunt van informatieoverdracht van de drie fases weergegeven. De Pre-Engineering, en dus dit rapport, focust m.n. op de techniek, gemiddeld op het financiële stuk en voor een klein deel op de organisatie. Dit is omgekeerd in de volgende fase, de Engineering.



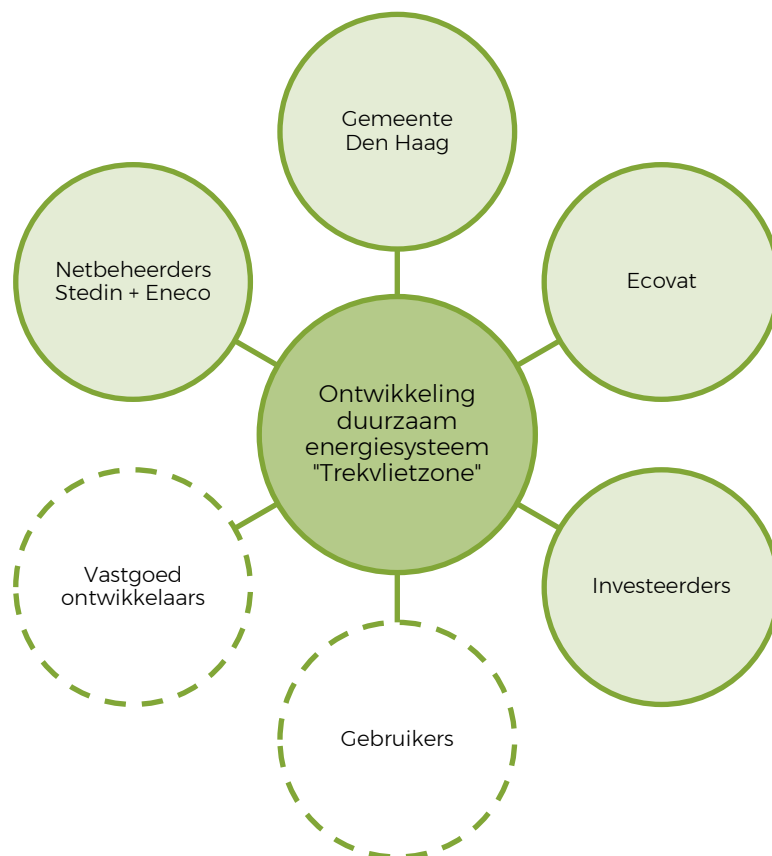
Figuur 4 Zwaartepunt van informatieoverdracht van de Pre-Engineering en Engineering

Gedurende het Pre-Engineeringsproces is uitvoerig gesproken met de betrokken stakeholders en is er samen met Bureau Overmorgen een workshop georganiseerd om samen met deze stakeholders de randvoorwaarden van de ontwikkeling van een duurzaam energiesysteem te bepalen (zie hoofdstuk 4).



Figuur 5 Delen van kennis en inzichten tijdens de stakeholder workshop d.d. 03-05-2017

In Figuur 6 zijn de stakeholders weergegeven op te komen tot een duurzaam energiesysteem in de Trekvlietzone. De tot dusver betrokken stakeholders zijn gekleurd. De nog te betrekken stakeholders in de volgende fase (Engineering) zijn blanco.



*Figuur 6 Schema van de stakeholders.
Next step is het betrekken van de vastgoed ontwikkelaars en gebruikers*

1.3 Resultaten

- ✓ Een 100%¹ duurzame warmte en koude voorziening is nu mogelijk en financieerbaar voor de Trekvlietzone;
- ✓ Technisch ontwerp is geoptimaliseerd voor de gehele warmte en koudevoorziening: opwek, opslag, distributie en afgifte, zie hoofdstuk 5;
- ✓ Aantrekkelijk financieerbaar voor aandeelhouders, zie hoofdstuk 6;
- ✓ Opzet van DDE BV voor het ontzorgen van ontwikkelaars en gebruikers, zie hoofdstuk 7;
- ✓ Een zeer duurzaam warmtenet en dus een zeer lage EPC waarde voor het vastgoed, en dus zeer duurzame, waardeverste en toekomstbestendige gebiedsontwikkeling.

¹ Zie hoofdstuk 3.1 voor de 100% duurzaamheidsdefinitie.

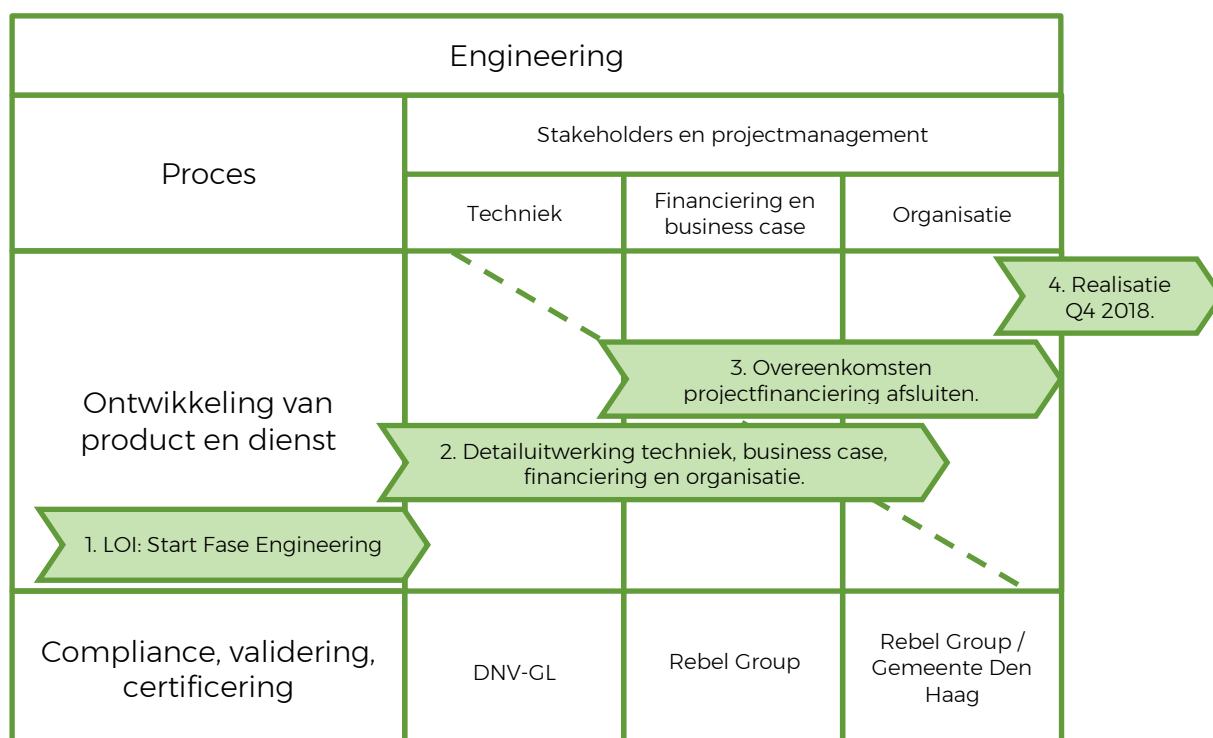
1.4 Next step → Engineering

Om tot realisatie te komen stelt Ecovat voor om, net als in de andere lopende projecten, samen met de Gemeente Den Haag een Letter of Intent (LOI) op te stellen onder opschortende voorwaarden. De opschortende voorwaarden kunnen geheel vrij door de Gemeente Den Haag worden opgesteld. Het doel is om vervolgens samen, stap voor stap met de overige stakeholders, aan deze opschortende voorwaarden te gaan voldoen en tot realisatie te komen.

De LOI is daarmee de start van de Engineeringsfase. In de Engineering zal Ecovat samen met de Gemeente Den Haag het Ecovat systeem toelichten aan de vastgoedontwikkelaars. Na de informatieoverdracht kan de unieke propositie voorgelegd worden voor een 100% duurzame warmte en koude voorziening, zodat de maximale duurzaamheidsprestatie behaald kan worden. Het doel is om zoveel mogelijk ontwikkelaars, zo niet alle, te laten participeren.

Het Engineeringsproces heeft 4 mijlpalen:

1. Letter of Intent: Start Fase Engineering;
2. Detailuitwerking techniek, business case, financiering en organisatie;
3. Overeenkomsten: techniek, financiering en organisatie. Definitief ontwerp DDE BV;
4. Realisatie: start bouwproces Q4 2018.



Figuur 7 Schematisch overzicht van de Next step: Het Engineeringsproces

2 Introductie Ecovat

2.1 Over Ecovat

2.1.1 Visie Ecovat

Wij geloven in een toekomst met een 100% duurzaam energiesysteem. Comfortabel, betrouwbaar en betaalbaar, voor de huidige generatie, zonder dat dit ten koste gaat van toekomstige generaties.

De transitie naar een 100% duurzaam energie systeem zal gepaard gaan met een sterke toename van fluctuerende opwek van energie en er ontstaan grote verschillen tussen vraag en aanbod. Alle energie wordt optimaal benut, niets gaat verloren. Om dit te bereiken, kunnen we niet zonder opslag van energie. Meer hierover: <http://www.ecovat.eu/video/rol-opslag-groter-energiesysteem/>

2.1.2 Missie Ecovat

Om het duurzaam energie systeem optimaal te benutten, ontwerpen en realiseren wij, samen met de klant, een intelligent energieopslagsysteem op gebiedsniveau, dat comfortabel, betrouwbaar en betaalbaar is voor nu en in de toekomst.

2.1.3 Kennismaking Ecovat:



Figuur 8 Team Ecovat – april 2017. Toelichting: <http://www.ecovat.eu/over-ons/team/>.

2.1.4 Productielocatie Ecovat

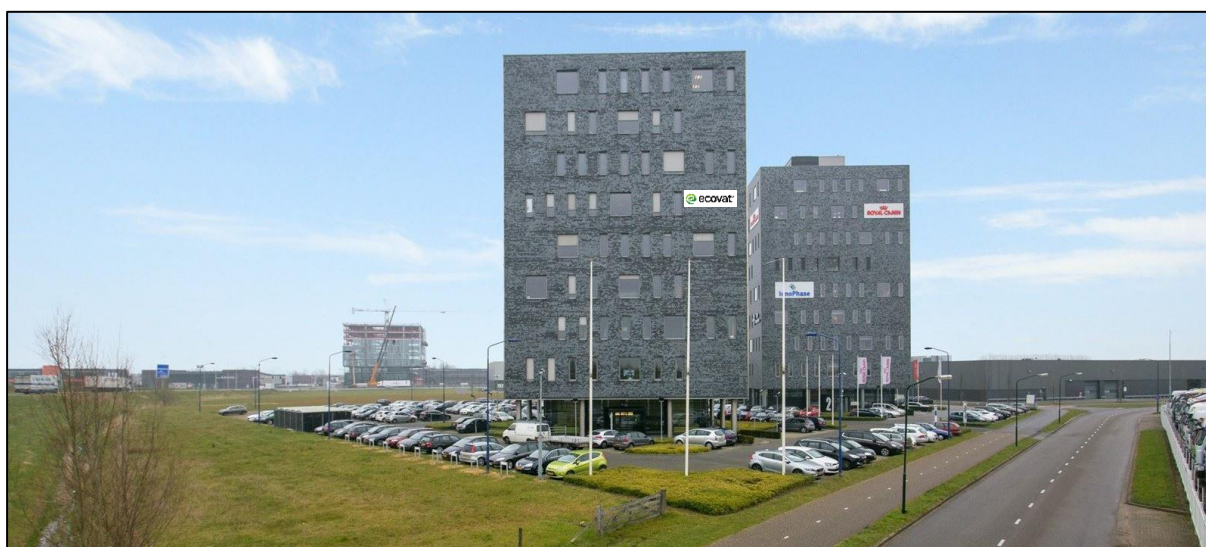
Per augustus 2017 heeft Ecovat een nieuwe productielocatie in Oss voor toekomstige groei.

<https://www.ecovat.eu/nieuws/ecovat-schaalt-productie-op-toekomstige-groei-op-nieuwe-locatie-oss/>



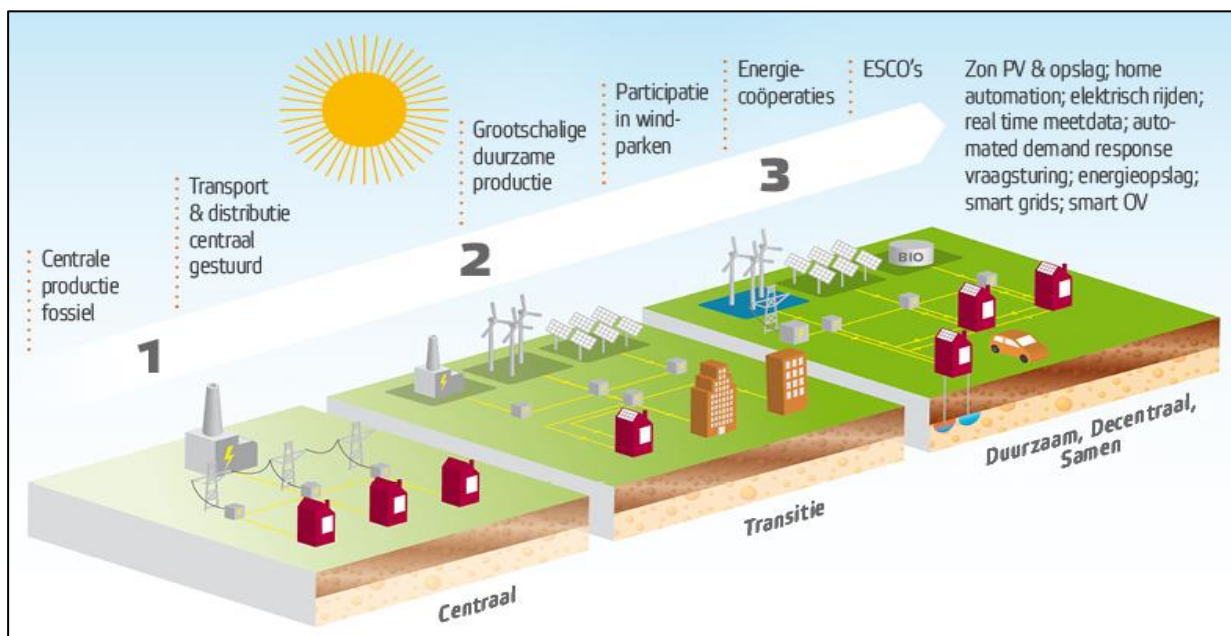
2.1.5 Hoofdkantoor Ecovat

Om de groei te faciliteren is het hoofdkantoor per oktober 2017 gevestigd in Veghel, Poort van Veghel.

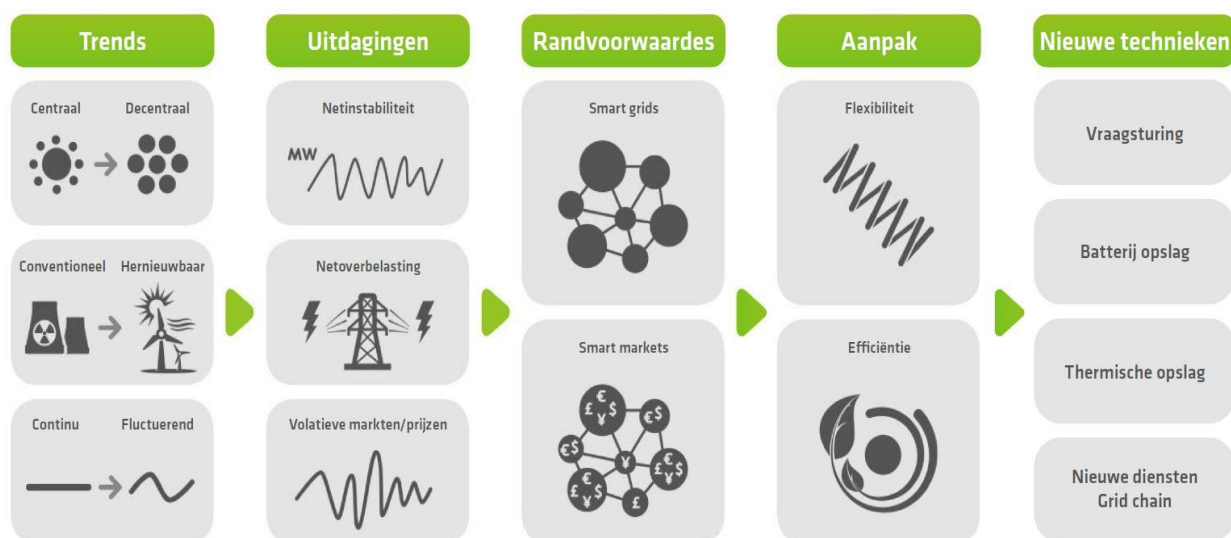


2.2 Context Energietransitie – waar staan we nu?

We bevinden ons midden in de energietransitie. We gaan van fossiel naar duurzaam en van centrale naar decentrale opwekking. Hoe het energiesysteem van de toekomst er uit gaat zien is nog deels onzeker maar er wordt steeds meer duidelijk. In Figuur 9 en Figuur 10 wordt de context afgebeeld van deze transitie. Energieopslag, zowel thermisch als elektrisch, is the missing link.



Figuur 9 Overzicht van de huidige transitie waar we ons in bevinden.
<http://jaarverslag2014.eneco.nl/strategie>



Figuur 10 Context van de energietransitie

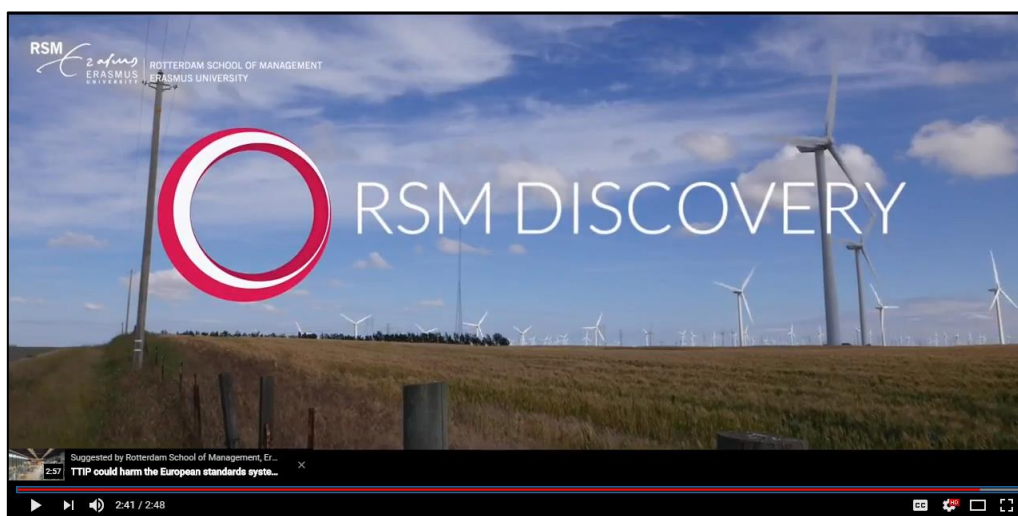
2.3 Een duurzaam energiesysteem

De Technische Universiteit Eindhoven zet in op de ontwikkeling van verscheidene vormen van energie opslag. Daarom heeft de TU/e onderstaande video gemaakt waarin de rol van opslag duidelijk wordt alsook de verschillende opslagmogelijkheden. <https://www.ecovat.eu/video/rol-opslag-groter-energiesysteem/>



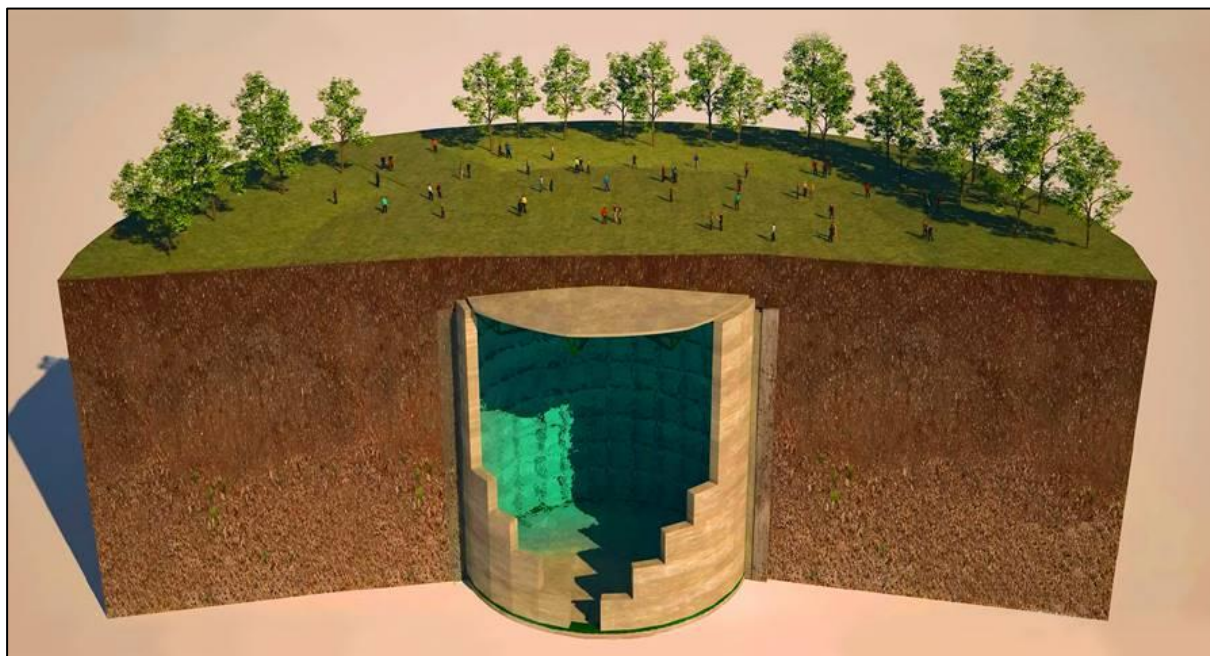
2.4 Grijs en groene flexibiliteit

Energieopslag is een vorm van flexibiliteit. Flexibiliteit die nodig is om het energiesysteem in balans te houden en om de benutten van duurzame energie te vergroten. Onderstaand artikel en bijbehorende video leggen de rol van flexibiliteit uit en het verschil tussen groene (bijv. Ecovat of batterijen) en grijze flexibiliteit (bijv. een gascentrale). <http://energeia.nl/nieuws/166532-1708/wie-van-grijs-houdt-moet-vooral-groen-stimuleren> & <https://www.youtube.com/watch?v=HZu86aLiEt0>.



2.5 Wat is Ecovat?

Ecovat is een groot ondergronds buffervat gevuld met water, waarbij warmte en koude via de wand door geleiding aan het vat worden toegevoegd of onttrokken.



Figuur 11 Voorbeeld Ecovat Large (diameter 30 m. Grotere dimensies zijn ook mogelijk)

Het doel van een Ecovat in een energiesysteem is om een evenwicht tot stand te brengen tussen aanbod en vraag van duurzame energie door middel van energieopslag en m.n. de onbalans tussen zomer en winter: seizoensopslag. Het Ecovat kan gebruikt worden voor:

- ✓ Het opslaan van door zonnecollectoren en/of PVT-panelen opgewekte lokale energie;
- ✓ Het opslaan van duurzame energie die ingekocht wordt op het moment dat energie duurzaam is (en goedkoop);
- ✓ Vraag creëren door het afnemen van energie op momenten dat anders curtailment² zou plaatsvinden;
- ✓ Het afnemen van energie van het net wanneer dit in onbalans is doordat het aanbod te groot is van bijvoorbeeld zon- en windenergie;
- ✓ Het leveren van bruikbare warmte vanuit het Ecovat op het moment dat er vraag is;

² Curtailment vindt momenteel plaats doordat windmolens uitgezet worden omdat de leveringsprijs op dat moment laag of negatief is. De verwachting is dat dit in toenemende mate zal gaan gebeuren wanneer er meer duurzame energie op het net komt en dat curtailment ook bij zonneparken wordt toegepast.

- ✓ Het wel of niet afnemen van energie van het elektranet als anders het net overbelast raakt, oftewel congestiemanagement;
- ✓ Het wegnemen van piekbelasting op een warmtenet;
- ✓ Leveringszekerheid indien er storingen zijn in het elektranet of bij de energieopwekking.

Bovenstaande functionaliteiten resulteren samen een comfortabel, betrouwbaar en betaalbaar energiesysteem voor nu én in de toekomst.

Decentrale opwekking van duurzame energie en het leveren van deze energie aan het net heeft de vraag naar opslag doen toenemen. Ecovat is een groot ondergronds buffervat, waarbij warmte en koude via de wand door geleiding aan het vat wordt onttrokken en geleverd aan een of meer afnemers. Het heeft een uniek laadprincipe (gepatenteerd) en een unieke bouwmethode en de innovatie bezit een set van waardevolle eigenschappen, namelijk:

- ✓ Zeer efficiënt, namelijk minder dan 10% warmteverlies over zes maanden tijd;
- ✓ Lage bouwkosten t.o.v. bestaande alternatieve opslagvaten. Een uitontwikkeld bouwsysteem waardoor in hoge grondwater stand gebouwd kan worden;
- ✓ Geen risico voor de omgeving aangezien het systeem gesloten is en geen invloed heeft op de ondergrondse water huishouding. Daarnaast bestaat het vat uit materialen die geen risico vormen voor de omgeving, namelijk beton (+ wapening), isolatie (foamglas³) en water;
- ✓ Lage onderhoudskosten aangezien in het vat geen bewegende delen aanwezig zijn die kunnen slijten of vervallen;
- ✓ De verwachte levensduur is meer dan 50 jaar doordat het vat robuust is en er geen elementen vervangen hoeven worden in het vat;
- ✓ Het vat is volledig ondergronds waardoor het in de bebouwde omgeving geplaatst kan worden en de ruimte er boven vervolgens gebruikt kan worden voor bijv. een zonnenveld, openbaar groen of parkeren (met bijvoorbeeld laadstations voor EV's). De visuele impact is hierdoor minimaal;
- ✓ Door de grote opslagcapaciteit kan het een waarde bieden aan de lokale netbeheerder door geen elektriciteit af te nemen van het net wanneer de vraag vanuit het gebied hoog is. Hierdoor kan congestie worden voorkomen.

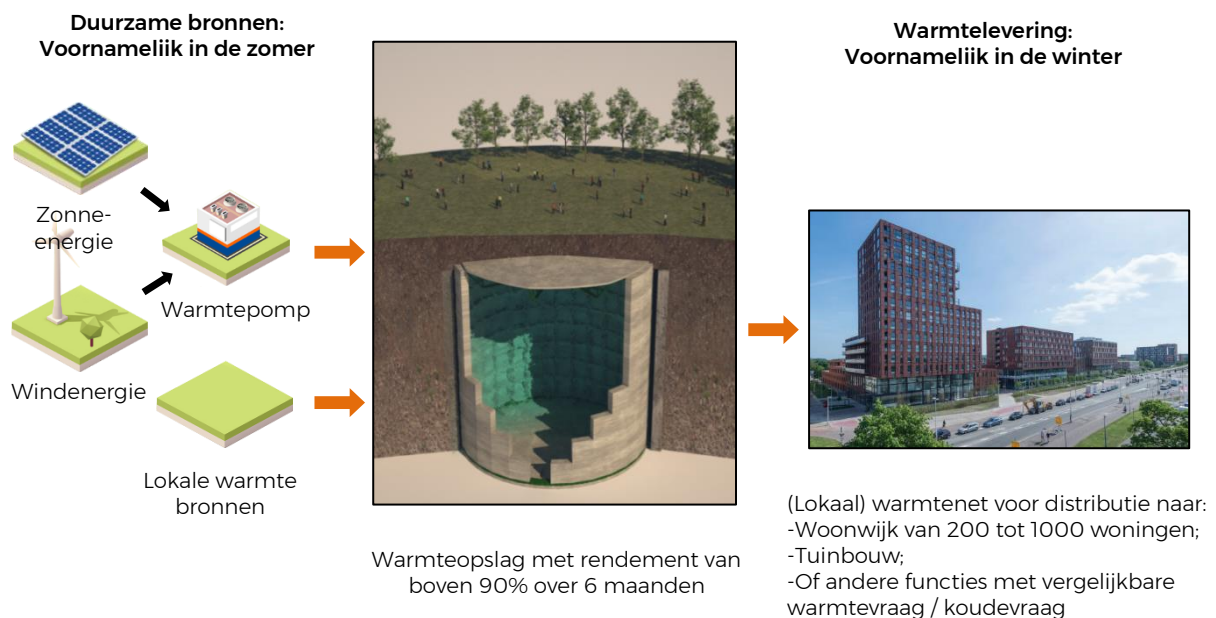
2.6 Hoe werkt Ecovat?

Ecovat functioneert in nauwe samenwerking met energieafnemers en -opwekkers en de beschikbaarheid van duurzame energie. Voor een goede prestatie moeten die goed samenwerken. Dat luistert erg precies en het gehele energiesysteem van opwekkers, Ecovat,

³ Foamglas, oftewel geblazen glas. Dit materiaal is 100% natuurlijk, 100% waterdicht, heeft een hoge druksterkte (> 600 kPa) en kan tegen hoge temperaturen. <http://be.foamglas.com/>

afnemers en managementsysteem moet daarom goed worden ontworpen en geregeld. Dat vraagt een gedegen kennis van alle systemen én van hun gedrag. Het Ecovat is een energieopslagsysteem en dit betekent dat de keuze van energieopwekking, afgifte en distributie niet vast ligt en zeer afhankelijk is van de karakteristieken van de locatie en de klantwensen.

Op hoofdlijn is de werking van het gehele systeem in Figuur 12 weergegeven. Het vat wordt geladen met zoveel mogelijk duurzame warmte. Deze kan enerzijds van lokale warmtebronnen komen, denk aan geothermie, restwarmte, zonnecollectoren, etc. Anderzijds kan deze warmte lokaal opgewekt worden met warmtepompen i.c.m. elektrische boilers. Het vat wordt geladen wanneer deze duurzame bronnen beschikbaar zijn. Vervolgens houdt het vat de warmte gedurende lange periode vast met een minimaal warmteverlies. Ten slotte wordt, voornamelijk in de winter, de warmte afgegeven aan de afnemers in het gebied via een warmtenet.



Figuur 12 Schematisch overzicht van een Ecovat energieopslagsysteem

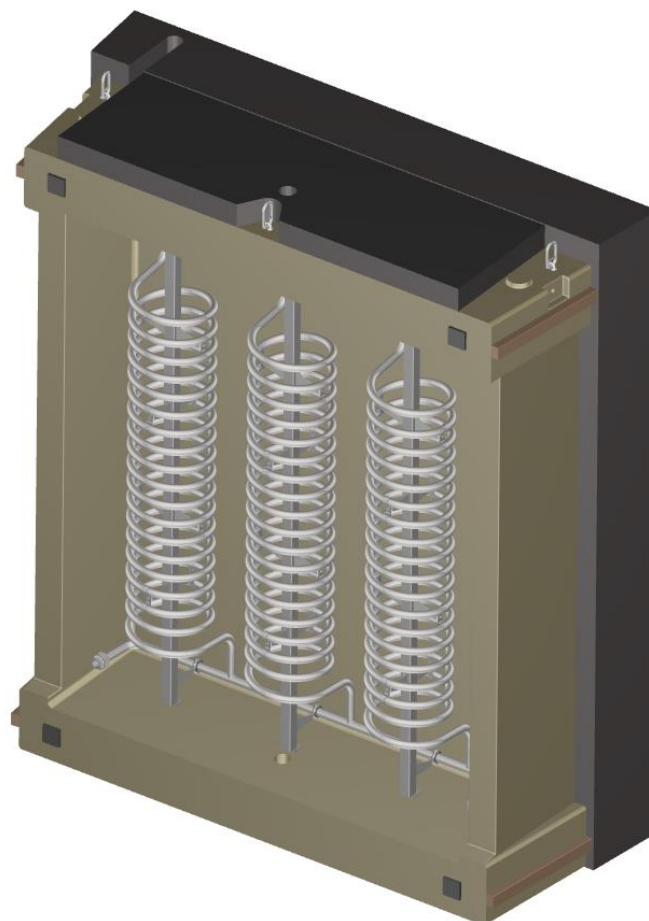
Tot dusver is het opslagsysteem beschreven als een generiek thermisch opslagsysteem. Een belangrijk deel van de innovatie is juist de manier waarop de warmte wordt opgeslagen in het vat en hoe deze warmte wordt toegevoegd en onttrokken. Bestaande systemen voor thermische energieopslag verpompen het water in het vat, waardoor een gemiddelde temperatuur in het vat ontstaat. Dit betekent minder energiekwaliteit (exergie). Ecovat onderscheidt zich in innovatie doordat er géén water uit het vat verpompt wordt. Het water blijft op zijn plek en de energie in het vat wordt uitgewisseld via de binnenwand van het vat. Door warmte-uitwisseling is het systeem efficiënter en goedkoper in gebruik.

Het laadprincipe met de warmtewisselaars aan de binnenwand zorgt voor een hoge energiekwaliteit. Deze ontstaat omdat water wat warmer is, lichter in gewicht is en daardoor opstijgt. De efficiëntie wordt geoptimaliseerd door het sturen op een zo scherp mogelijke

'thermocline', de laag tussen een warme en koudere laag. Hierdoor is het mogelijk om de energie met de juiste energiekwaliteit te bewaren voor de overgang van de zomer naar de winter.

De warmte-uitwisseling in het vat vindt plaats door middel van aan de wand geïntegreerde warmtewisselaars. De verschillende segmenten in het vat kunnen op verschillende temperaturen worden geladen en ontladen. Hierdoor kan enerzijds een hogere temperatuur in het vat worden opgeslagen, anderzijds kunnen de temperaturen optimaal aangepast worden aan de situatie. De modulaire opbouw en warmte-uitwisseling zijn gepatenteerd. Figuur 13 geeft het ontwerp van een element weer dat is ontworpen voor het Ecovat project in Arnhem. Aan de wand zijn de spiralen bevestigd waarmee de warmte wordt uitgewisseld.

Wanneer het vat geladen wordt, wordt het water dat door de warmtewisselaar loopt, rondgepompt en langs warmteopwekkers geleid. De opwekte temperatuur verwarmt vervolgens de warmtewisselaar en deze geeft de warmte middels geleiding af aan het water in het vat. Omgekeerd wordt bij het ontladen, de koude retourleiding van het warmtenet aangesloten op een warme laag in het Ecovat en warm terug gestuurd naar het warmtenet.



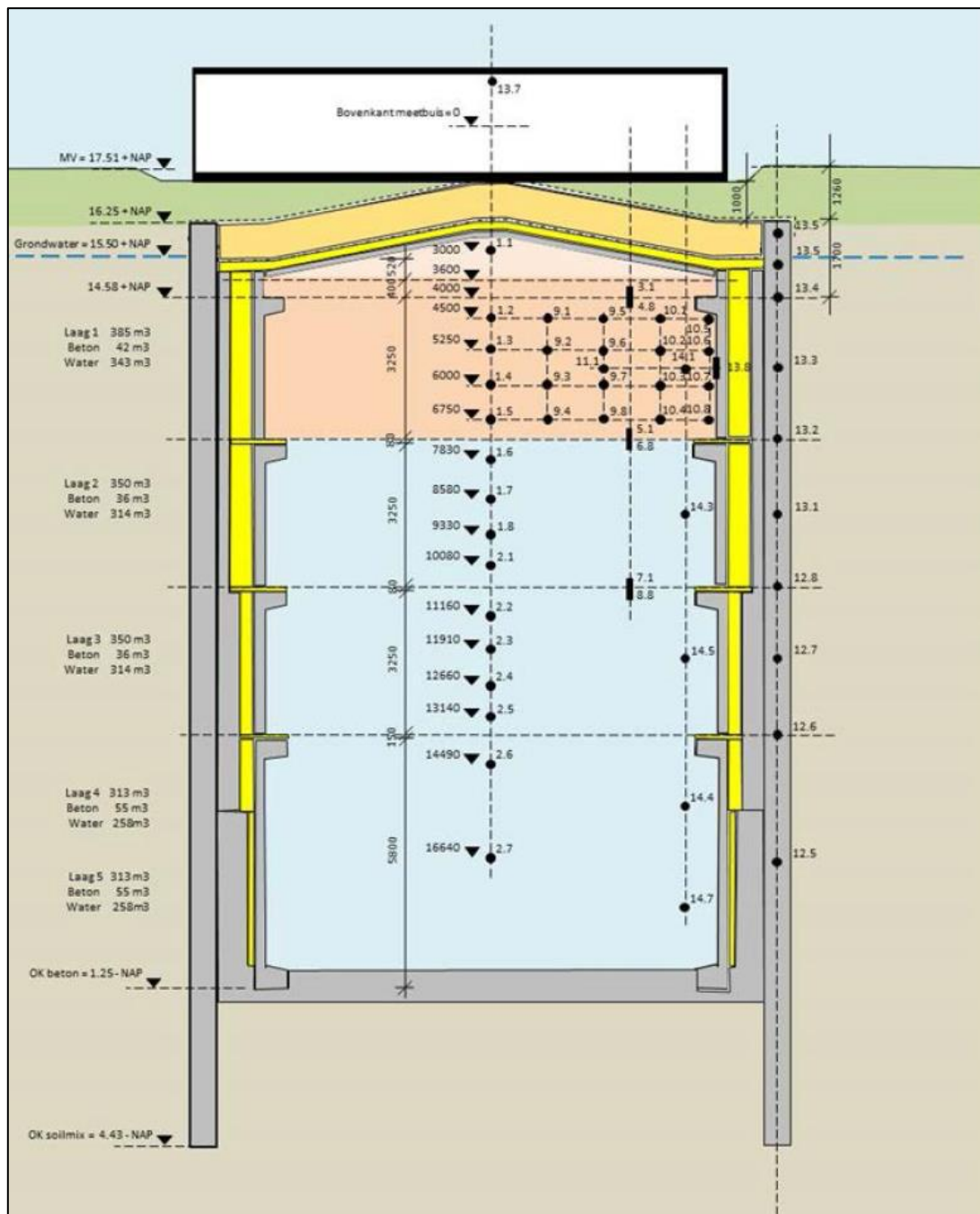
Figuur 13 Een van de standaard prefab betonnen elementen met warmtewisselaars waaruit het vat is opgebouwd.⁴

⁴ Certificering en validaties door DNV-GL, zie bijlage xx

Aan de buitenkant van de elementen wordt isolatie bevestigd. Afhankelijk van de gewenste energetische prestatie van de klant en de toepassing kan de dikte van de isolatie variëren van 25cm tot 43 cm. Daarnaast wordt er aan de bovenkant van ieder element nog een stuk isolatie bevestigd. Dit is het punt waar het volgende element bovenop komt te staan. Dit stuk isolatie aan de bovenkant is bedoeld om te voorkomen dat hogere temperatuur van de bovenste lagen via de geleiding van de wand wordt afgevoerd naar de koudere onderste lagen. Hierdoor zou anders de temperatuur van het vat naar een gemiddelde uitvlakken (deformatie).

2.7 Validatie (DNV-GL) & realisatie Ecovat L in Arnhem

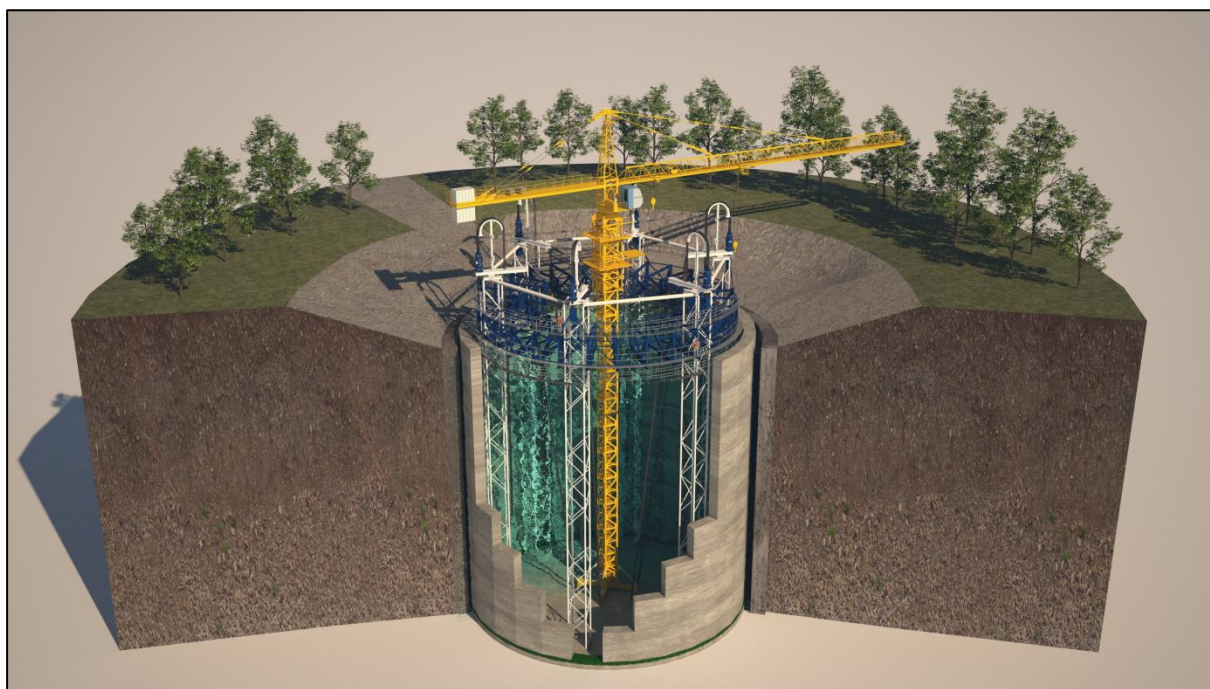
DNV-GL heeft het eerste Ecovat in Uden (NB) gevalideerd (zie Figuur 14). Dit Ecovat was een demo versie van 1.500 m³. Deze validatie, samen met de aanvraag en honorering van de DEI (Demonstratie Energie Innovatie (zie hoofdstuk 2.9) heeft geleid tot de verkoop van het eerste grote commerciële Ecovat systeem (18.000 m³) voor zorginstelling SIZA (<http://www.siza.nl/academy>). Dit systeem zal gerealiseerd worden in 2018 Q2/Q3. De bouwgereedschappen zullen in 2018 Q4 weer beschikbaar zijn voor de bouw van het volgende systeem.



Figuur 14 Doorsnede van de Ecovat Demo met de temperatuur sensoren in het vat en de installatieruimte bovenop

2.8 Bouwmethode 2.0

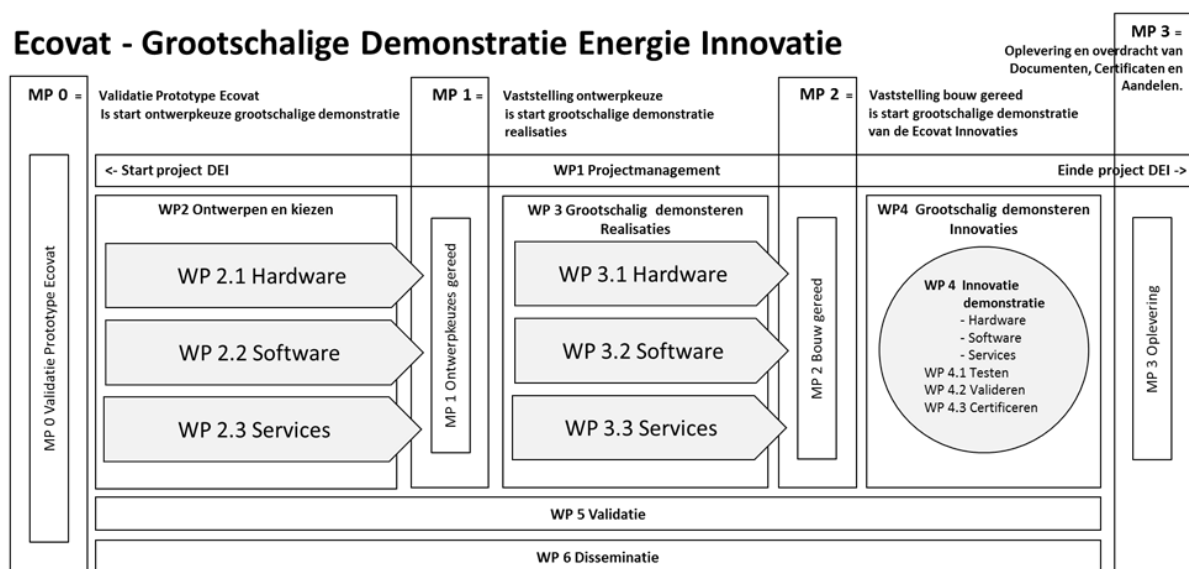
Na de bouw van het eerste Ecovat in Uden (zie <http://www.ecovat.eu/demo/>) is de bouwmethode doorontwikkeld voor grotere systemen (zie Figuur 15). De kosten zijn hierdoor gereduceerd en de bouwtijd verkort. Op de website van Ecovat staat een video van de nieuwe bouwmethode zie <http://www.ecovat.eu/video/bouw-ecovat-beeld/>. Voor een uitgebreide beschrijving van de bouwmethode zie Bijlage a: Toelichting op bouwmethode.



Figuur 15 Afbeelding van de nieuwe bouwmethode van Ecovat om grotere systemen te kunnen bouwen.

2.9 Ecovat Grootschalige Demonstratie Energie Innovatie (DEI)

Ecovat werkt momenteel aan het eerste grote project voor de eerste grote klant SIZA in Arnhem op de locatie ook wel bekend als "het Dorp". Figuur 16 geeft een overzicht van het project waarin hardware, software en services ontwikkeld worden voor een 100% duurzame warmte en koude levering aan ca. 225 woningen + 8.000 m2 voor voorzieningen. Meer informatie, waaronder de ruimtelijke onderbouwing voor vergunningen traject is beschikbaar op aanvraag.



Figuur 16 Specifieke projectactiviteiten in relatie tot de werkpakketten en belangrijkste mijlpalen binnen dit project

3 De voordelen van Ecovat

De voordelen van een Ecovat zijn voor iedere locatie en toepassing anders. Ook het alternatief voor Ecovat kan op iedere locatie en toepassing weer anders zijn waardoor de voordelen ook variëren. Het realiseren van opslagsystemen, of dit nu een batterij is of een Ecovat, betekent dat de combinatie van de waardes van deze verschillende mogelijkheden bekeken moet worden. De waarde van een Ecovat systeem is niet eendimensioneel maar de waarde zit hem in de systeemintegratie op meerdere niveaus. Afhankelijk van de karakteristieken van de locatie heeft Ecovat deze voordelen (met het belangrijkste domein):

1.	100% duurzame warmte en koude voorziening	Duurzaamheid
2.	Vermeden CO2-uitstoot	Duurzaamheid
3.	Lagere prijs voor energie	Financieel
4.	Congestiemanagement	Dienst
5.	Frequentieregeling/balanshandhaving	Dienst
6.	Maximale benutting van duurzame energie zowel lokaal als nationaal	Duurzaamheid
7.	Benutting van restwarmte	Duurzaamheid
8.	Slimme hybride infrastructuur elektra en warmte	Dienst
9.	Piekreductie voor warmtenet	Dienst
10.	Leveren van piekvermogen / leveringsgarantie	Dienst

3.1 100% duurzame warmte en koude voorziening

De meest belangrijke waarde die Ecovat kan bieden is dat daadwerkelijk een 100% duurzame warmte en koude voorziening gerealiseerd kan worden, het hele jaar door. Ecovat heeft een 100% duurzaamheid definitie opgesteld die aansluit bij de visie en missie:

“De productie van warmte en koude vindt alleen plaats wanneer er duurzame energie beschikbaar is en ook juist in de hoeveelheid waarin die op dat moment beschikbaar is.”

Hieronder twee voorbeelden om dit toe te lichten:

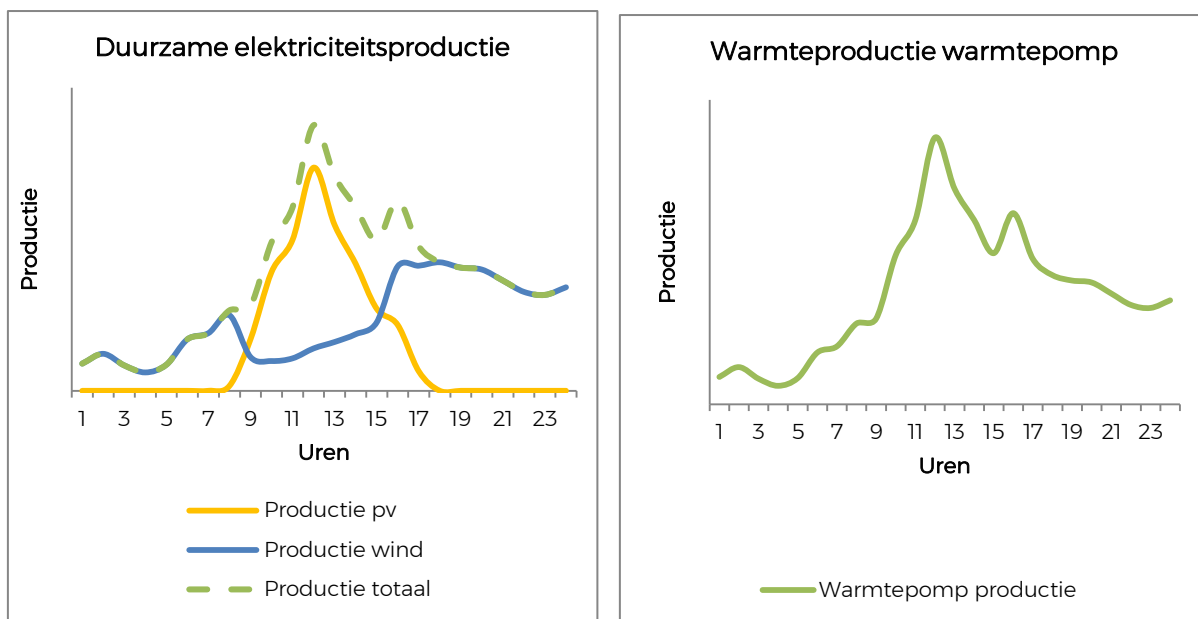
Voorbeeld 1: Een woonwijk van 250 woningen heeft een naastgelegen weiland beschikbaar voor zonnecollectoren. Voor een 100% duurzame warmtevoorziening worden dan juist zoveel zonnecollectoren (iets meer door verliezen) geïnstalleerd zodat daarmee de jaarlijkse warmtevraag wordt opgewekt. Deze energie wordt opgeslagen en uitsluitend deze energie wordt gebruikt voor de warmtevraag.

Voorbeeld 2: Een woonwijk van 250 woningen in een meer stedelijke omgeving met minder ruimte beschikbaar kan een deel pv-panelen installeren maar komt na omzetting met warmtepompen maar voor 50% aan de jaarlijkse warmtevraag (zonnecollectoren zijn ook een optie hier). De overige 50% kan

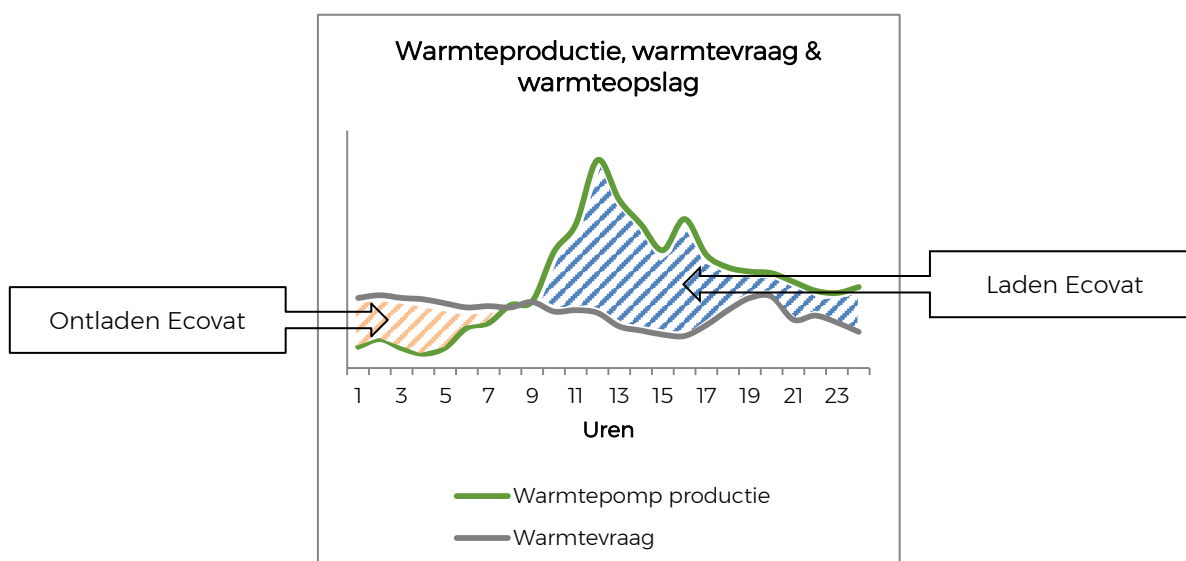


dan via het elektriciteitsnet ingekocht worden en met warmtepompen worden omgezet in warmte. Om deze ingekochte energie 100% duurzaam te beschouwen kunnen de warmtepompen het productieprofiel volgen van bijvoorbeeld een combinatie van een (deel van een) windturbine en pv-panelen. Indien er geen zon of wind is, staan deze warmtepompen dus uit.

Onderstaand voorbeeld geeft de sturing weer van het systeem op een willekeurige herfstdag. De eerste twee figuren tonen aan dat de warmtepomp productie precies het productieprofiel volgt van duurzame productie. De duurzame productie in Nederland is een mix van zon-pv en wind.



Onderstaande figuur geeft de rol van het Ecovat opslagsysteem weer gedurende een dag. 's Ochtends tot ca. 8 uur is er meer warmtevraag dan productie en vult het Ecovat de warmteproductie van de warmtepomp aan tot de warmtevraag. Vanaf 8 uur 's ochtends is juist de warmteproductie groter dan de warmtevraag en wordt alle warmte die over is, in het Ecovat opgeslagen. Zodoende kan aan de 100% duurzaamheidsdefinitie worden voldaan.



3.2 Vermeden CO2-uitstoot

Zoals omschreven in hoofdstuk 3.1, kan het Ecovast systeem 100% duurzaam laden. De uitstoot van het systeem is dan ook 0. De vermeden uitstoot hangt af van het alternatieve systeem. Figuur 17 en Figuur 18 geven een beeld van de uitstoot van verschillende energiebronnen. Bijv. WKO zal voornamelijk laden op de momenten van "grijze stroom". Zoals Figuur 17 aangeeft stoot grijze stroom 0,526 kg CO₂ uit per geproduceerde kWh en groene stroom 0,0 kg CO₂ / kWh.

Elektriciteit	Eenheid	Kg CO ₂ /eenheid (WTW)		
		Totaal	Conversie	Productie brandstof(fen)
STROOMETIKET			VARIABEL	0,054
Grijze stroom	kWh	0,526	0,464	0,062
Stroom (onbekend)	kWh	0,355	0,301	0,054
Windkracht	kWh	0,000	0,000	0,000
Waterkracht	kWh	0,000	0,000	0,000
Zonne-energie	kWh	0,000	0,000	0,000
Biomassa	kWh	0,189	0	0,189

Figuur 17 CO₂ uitstoot van verschillende elektriciteitsopwekkers
(bron <https://co2emissiefactoren.nl/lijst-emissiefactoren/>)

Warmtelevering	Eenheid	Kg CO ₂ /eenheid (WTW)		
		Totaal	Conversie (direct)	Productie (indirect) brandstof(fen)
STEG-centrale	GJ	35,97	32,53	3,44
Afvalverbrandingsinstallatie	GJ	26,49	23,06	3,44
Geothermie	GJ	25,05	23,41	1,65
Biomassa (pellets)	GJ	25,82	15,30	10,52
Restwarmte met bijstook	GJ	21,53	20,63	0,90
Restwarmte zonder bijstook	GJ	8,80	7,90	0,90

Figuur 18 CO₂ uitstoot van verschillende warmtebronnen
(bron <https://co2emissiefactoren.nl/lijst-emissiefactoren/>)

3.2.1 CO₂-prijs / ton

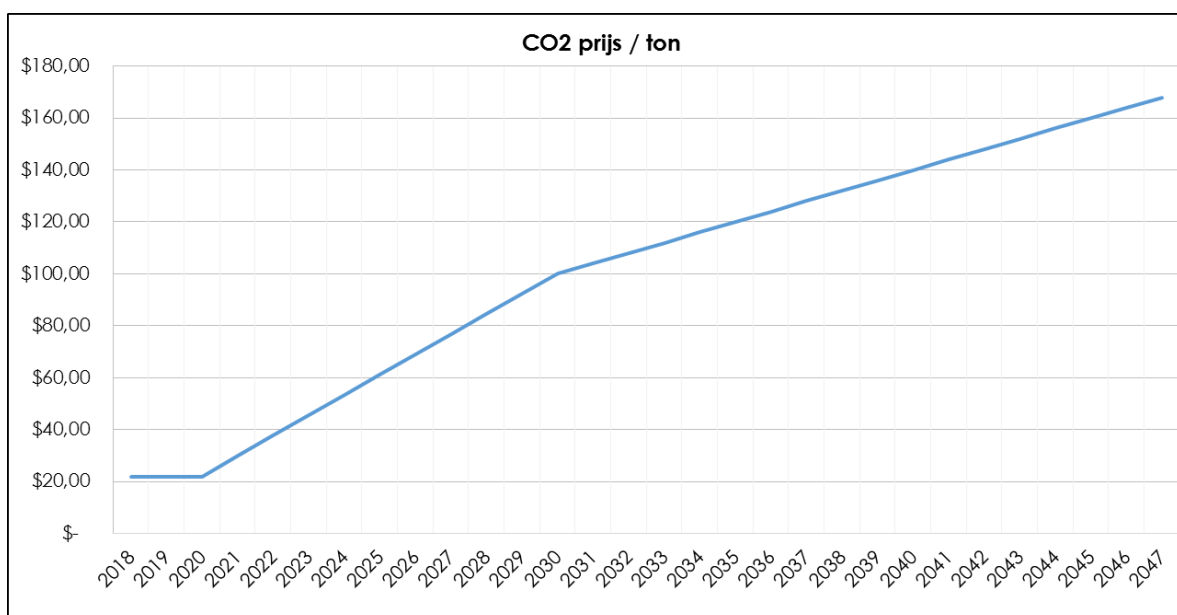
Voor CO₂-prijzen gebruiken wij de internationaal aanvaarde scenario's van het IEA uit hun jaarlijkse World Energy Outlook (WEO). In de WEO staan drie scenario's met bijbehorende prijzen: (zie onderstaande grafiek) Current Policy, New Policy en 450ppm. Afhankelijk van het scenario heb je hogere en lagere prijzen. Het Current Policy scenario (Business as usual) leidt tot gerichte CO₂ besparing en gaat uit van lage CO₂ prijzen. Het New Policy scenario leidt tot een redelijke CO₂ besparing maar lang niet voldoende om de opwarming van de aarde tot 2 graden te beperken. Het 450 ppm moet leiden tot de 2 graden opwarming en zou in feite nog onvoldoende zijn om aan het streven van Parijs (1,5 graad) te voldoen.

Table 1.4 ▶ CO₂ price assumptions in selected countries and regions by scenario (\$2014 per tonne)

	Region	Sectors	2020	2030	2040
Current Policies Scenario	European Union	Power, industry and aviation	20	30	40
	Korea	Power and industry	20	30	40
New Policies Scenario	European Union	Power, industry and aviation	22	37	50
	Chile	Power	6	12	20
	Korea	Power and industry	22	37	50
	China	Power and industry	10	23	35
	South Africa	Power and industry	7	15	24
450 Scenario	United States and Canada	Power and industry	20	100	140
	European Union	Power, industry and aviation	22	100	140
	Japan	Power and industry	20	100	140
	Korea	Power and industry	22	100	140
	Australia and New Zealand	Power and industry	20	100	140
	China, Russia, Brazil and South Africa	Power and industry	10	75	125

Figuur 19 Uitknipsel van schattingen van CO₂-prijzen uit het World Energy Outlook 2015 van het International Energy Agency (IEA)

Op basis van de tabel met bovenstaande prijzen in het 450 scenario is onderstaande prijscurve gemaakt van de CO₂-belasting in Europa.



Figuur 20 Belasting op CO₂ uitstoot in Europa op basis van het 450ppm scenario

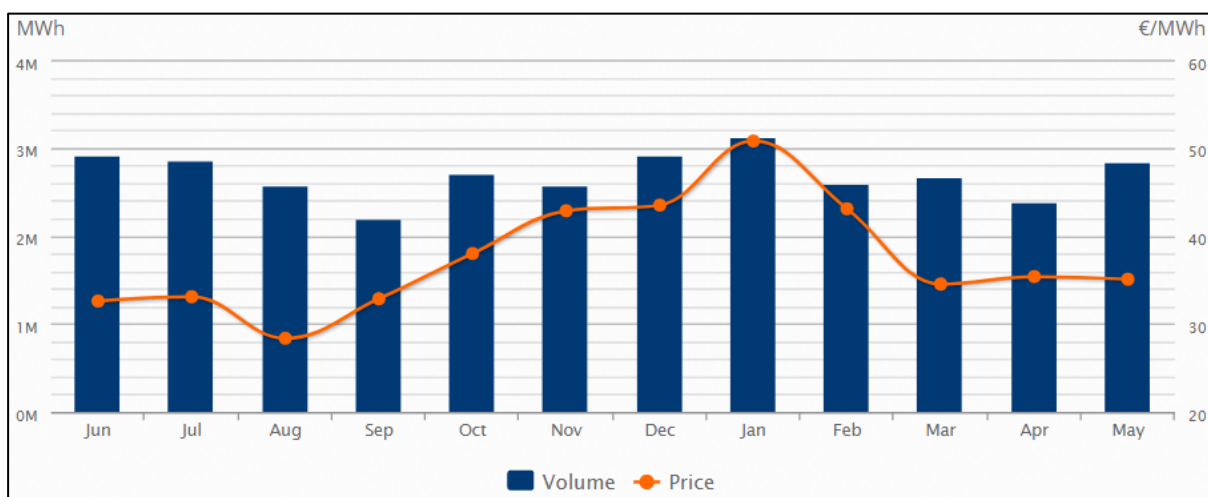
3.3 Lagere prijs voor energie

Voor een uitgebreide toelichting van de Europese elektriciteitssector en de verschillende vormen van flexibiliteit, zie Bijlage b: Beknopt overzicht van de Europese elektriciteitssector.

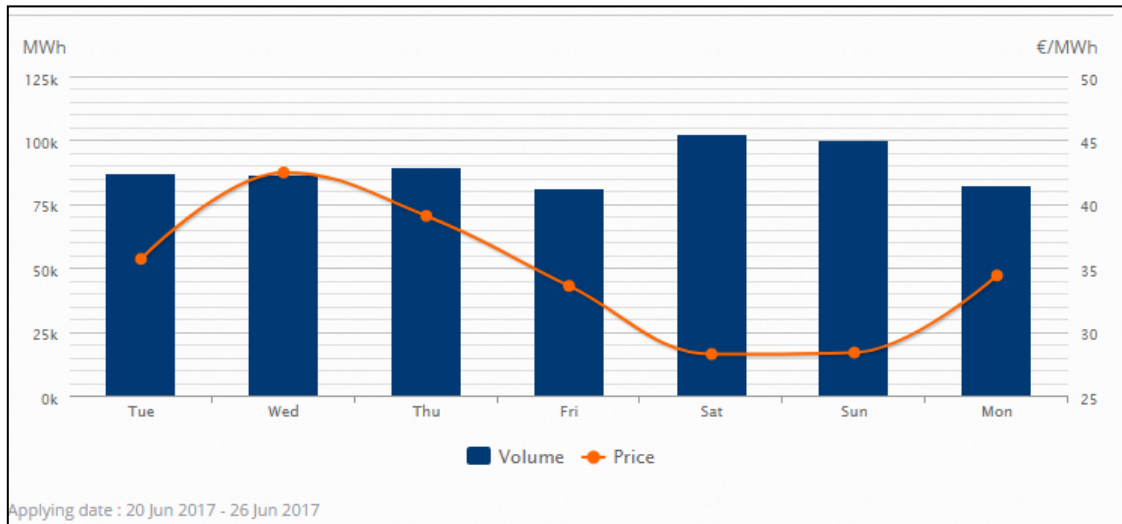
Indien niet alle energie lokaal opgewekt kan worden, zal een deel via een van de elektriciteitsmarkten ingekocht moeten worden. Het voordeel van Ecovat is dat er op de momenten ingekocht kan worden dat de prijzen laag zijn. Om inzicht te geven in deze marktprijzen zijn hieronder een aantal toestanden weergegeven van de huidige markt. Voor toekomstige marktprijzen kijkt Ecovat naar de outlooks van experts en autoriteiten.

3.3.1 Huidige marktprijzen

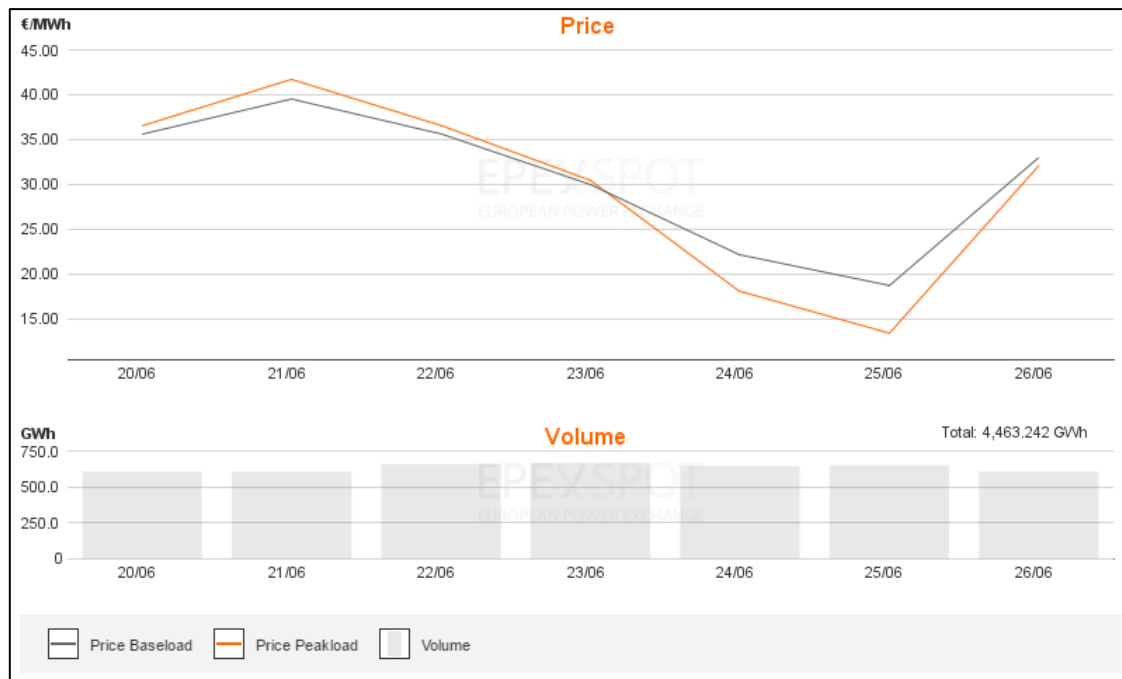
Onderstaande figuren (Figuur 21, Figuur 22, Figuur 23, Figuur 24) geven een eerste indruk van de fluctuaties van de prijzen op verschillende markten op dit moment. In Figuur 21 is zichtbaar dat er in Nederland een prijsverschil is tussen de wintermaanden (piek ca. €50/MWh) en de zomermaanden (dal ca. €28/MWh). In Figuur 22 is zichtbaar dat er in Nederland een prijsverschil is tussen het weekend (dal ca. €29/MWh) en doordeweeks (piek ca. €42/MWh). Figuur 23 is zichtbaar dat er in Duitsland een prijsverschil is tussen het weekend (dal ca. €17/MWh) en doordeweeks (piek ca. €40/MWh). In Duitsland is het aandeel duurzame energie veel groter dan in Nederland. De effecten hiervan zijn al duidelijk zichtbaar op de Duitse energiemarkten. Prijzen zijn in Duitsland veel volatieler dan in Nederland en gaan ook steeds vaker naar €0/MWh of zelfs negatief. In Figuur 24 is zichtbaar dat de prijs gedurende een dag in Nederland kan fluctueren tussen bijv. €27/MWh en €43/MWh.



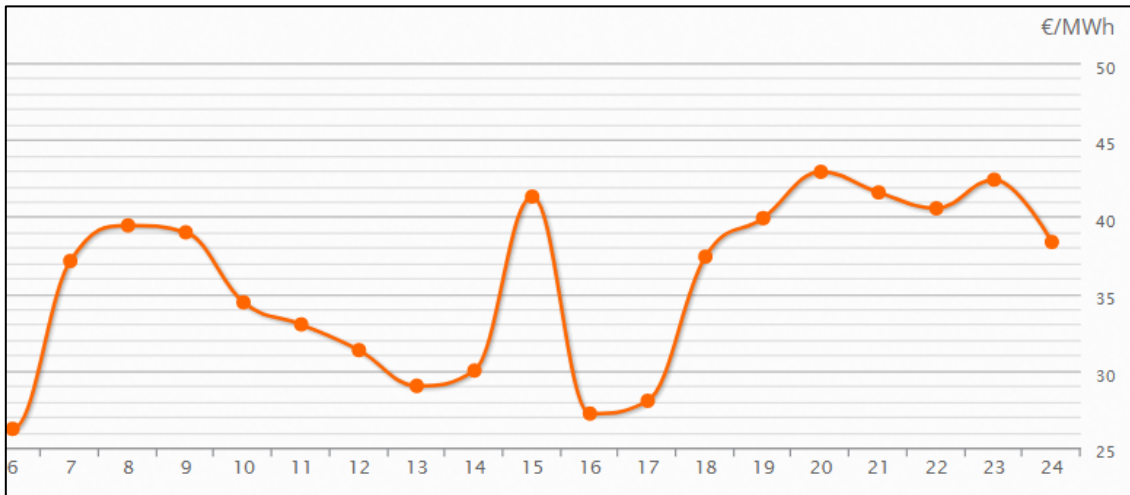
Figuur 21 Voorbeeld van gemiddelde elektriciteitsprijzen per maand op de Nederlandse day ahead markt van juni 2016 tot mei 2017 (bron: www.apxgroup.com)



Figuur 22 Voorbeeld van gemiddelde elektriciteitsprijzen per dag op de Nederlandse day ahead markt van 20 juni 2017 tot 26 juni 2017 (bron: www.apxgroup.com)



Figuur 23 Voorbeeld van gemiddelde elektriciteitsprijzen per dag op de Duitse day ahead markt van 20 juni 2017 tot 26 juni 2017 (bron: <https://www.epexspot.com/en/market-data/dayaheadauction/chart/auction-chart/2017-06-26/DE>)



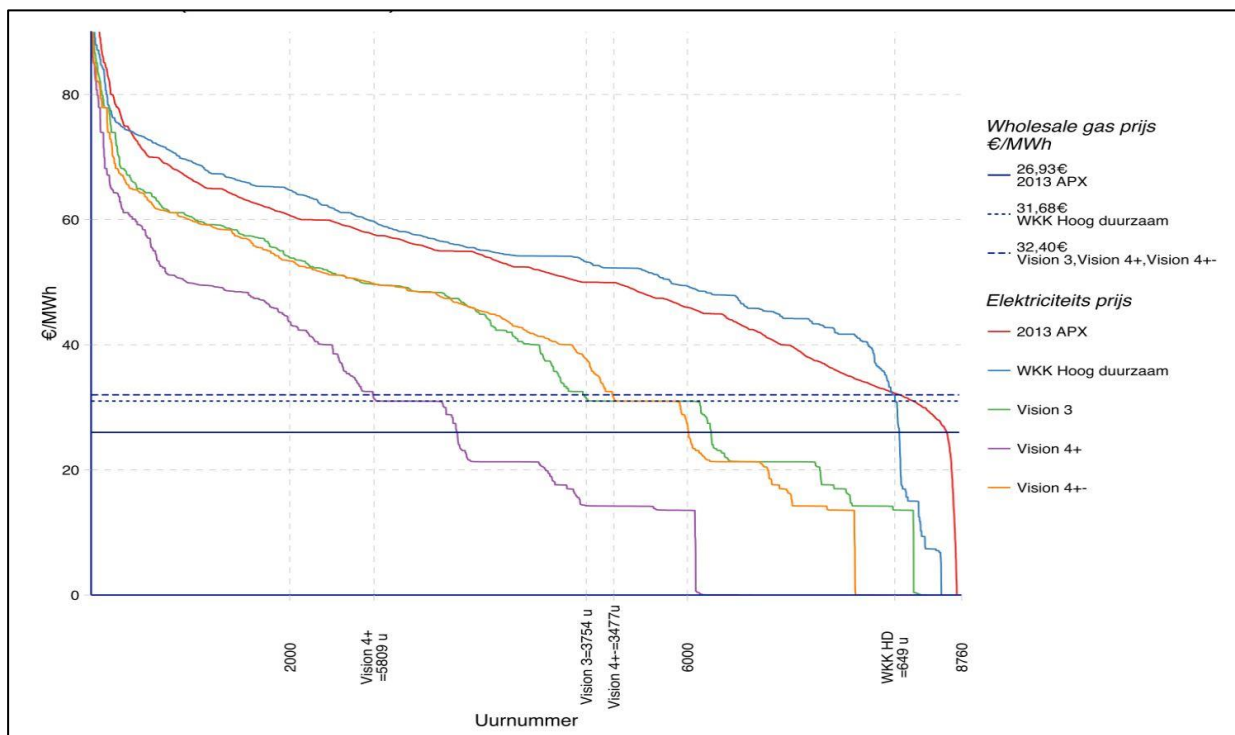
Figuur 24 Voorbeeld van de elektriciteitsprijs op de Nederlandse day ahead markt per uur op 26 juni 2017
(bron: www.apxgroup.com)

3.3.2 Toekomstige marktprijzen

De volatiliteit van de prijzen op de verschillende energiemarkten zal gaan toenemen naarmate het aandeel duurzame energie in Nederland en Europa toe gaat nemen. Op basis van twee bronnen van gerenommeerde instanties in de energiesector proberen we een toekomstbeeld te schetsen.

DNV-GL, Berenschot, TUDelft, Routekaart Energieopslag 2030 [9]

Om de haalbaarheid van verschillende vormen van energieopslag te bepalen is deze routekaart opgesteld om in te schatten wat de marktprijzen zijn in 2030. Voor meer diepgang in deze prijs dynamieken verwijzen we naar de rapportage van DNV-GL. Figuur 25 geeft de prijsduurkromme weer van de elektraprijzen in 2030 van verschillende scenario's. In het vision 4+ scenario is meer dan 2000 uur van het jaar de prijs €0/MWh. In feite geldt, hoe meer duurzame productie door zon en wind, hoe meer prijsvolatiliteit.



Figuur 25 Prijsduurkromme van elektraprijzen in 2030 van een aantal scenario's.

Bloomberg New Energy Finance

In de New Energy Outlook 2017, van Bloomberg New Energy Finance [11] staat het volgende over het opgestelde vermogen van duurzame energie in 2040:

Half of European electricity supply in 2040 comes from variable renewables, posing challenges for grid and generators. With 97% of fossil fuel capacity in 2040 required for peak demand, under-utilized thermal plants are the norm. The changing grid creates opportunities for 103GW of new flexible capacity, including 56GW of batteries. These help with peak load, ancillary services, shifting demand or renewable supply and regulating frequency.

Door het opgestelde vermogen van duurzame energie hebben de fossiele centrales steeds minder draaiuren. Het opgestelde vermogen van deze fossiele centrales zal echter actief moeten blijven voor de winterperiodes zonder wind en met weinig zon. Dit betekent dat, om de centrales uit faillissement te houden, de prijs per MWh omhoog zal gaan en dat met name in de winter de prijs per MWh flink zal stijgen.

3.4 Maximale benutting van duurzame energie zowel lokaal als nationaal

Het bereiken van 100% duurzaamheid zal in Nederland een grote impact hebben op onze directe omgeving. De ruimte voor duurzame energieopwekking is beperkt en daarom is het van belang dat



zoveel mogelijk benut wordt en zo weinig mogelijk verloren gaat. Hierin kunnen we op hoofdlijn een onderscheid maken tussen lokale opwekking en nationale opwekking.

Ten eerste lokale energie. Wat bedoelen we bij Ecovat met lokaal? In het geval van Ecovat gaat het om lokaal wanneer de energie dusdanig in de buurt van het Ecovat wordt opgewekt zodat het niet via het openbare elektriciteitsnet op een van de verschillende markten (zie Bijlage b: Beknopt overzicht van de Europese elektriciteitssector) ingekocht hoeft te worden. Het is aannemelijk dat op middellange termijn de salderingsregeling weg zal vallen, en daardoor is het wenselijk om lokaal opgewekte energie zoveel mogelijk direct lokaal te gebruiken of op te slaan. Indien dit niet lokaal wordt gebruikt, zal er in de winter een hoge prijs voor de af te nemen elektriciteit worden betaald en zal er in de zomer een lage prijs geboden worden voor de geleverde elektriciteit. Lokaal opgewekte energie gebruiken betekent minder transport en daardoor een hogere energetische efficiëntie en minder kosten voor transport en belasting. Lokale energie zal in de meeste bebouwde omgeving toepassingen zonne-energie zijn. In enkele gevallen zou er lokaal een windturbine kunnen staan, hoewel de kans groot is dat deze energie via het openbare net geleverd zal worden. Daarnaast creëert het lokale energiesysteem een hogere mate van zelfstandigheid. Hoe minder afhankelijk een locatie of regio is, hoe meer controle het heeft over de toekomstige kosten en risico's.

Ten tweede nationale energie. In Nederland hebben we momenteel nog maar een laag percentage duurzame elektra, maar als we naar Duitsland kijken kunnen we concluderen wat ons te wachten staat. Daar wordt namelijk steeds vaker energie tegen bodemprijzen of zelfs negatieve prijzen naar het buitenland geëxporteerd omdat op dat moment simpelweg de vraag naar energie niet groot genoeg is maar de windturbine en pv-panelen gewoon energie produceren. Ook in Nederland worden hierdoor al windturbines stil gezet, zogenoemd curtailment. Door het creëren van vraag met Ecovat, kunnen de windturbines minder worden stilgezet.

3.5 Frequentieregeling/Balanshandhaving

Het rapport van DNV-GL [9] zegt het volgende:

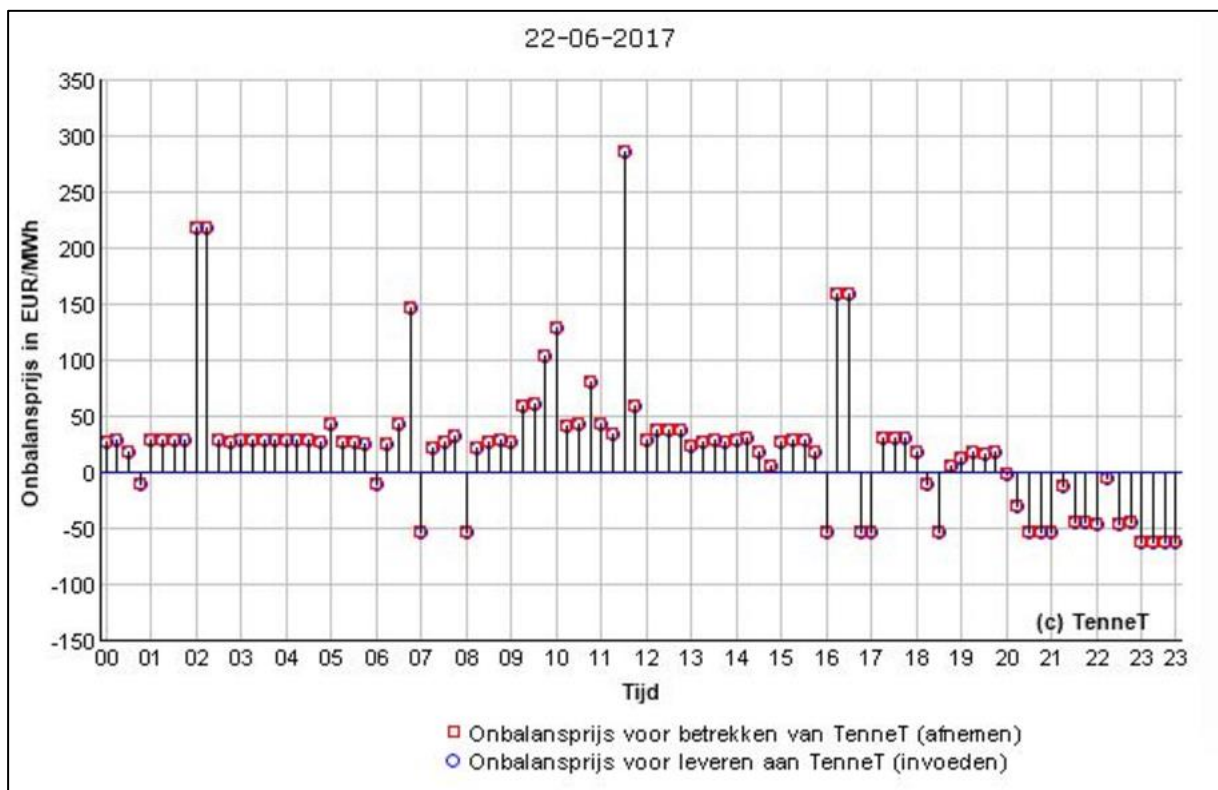
“Op dit moment wordt het aanbod van elektriciteit in Nederland vrijwel geheel door thermische (kolen- en gas-) centrales verzorgd. De totale productiecapaciteit wordt op ieder moment op de vraag afgestemd, gecorrigeerd voor import en export en netwerkverliezen. Naarmate meer zonne- en windenergie geproduceerd wordt, zal het lastiger (en dus duurder) worden om het aanbod de vraag te laten volgen. Dan ontstaat er behoefte aan meer flexibiliteit in de rest van het systeem. Opslag is een optie om in de behoefte aan flexibiliteit in de elektriciteitsinfrastructuur te voorzien. Naast opslag zijn flexibele productie, vraagelasticiteit en netwerkcapaciteit middelen om die flexibiliteit te realiseren.”

Onbalans ontstaat door een mismatch tussen de voorspelling en realisatie van de productie en behoefte. Een groeiend aandeel duurzame energie (wind en zon) betekent een lastiger te voorspellen productie (t.o.v. de nu voorspelbare centrales). De behoefte zal in de toekomst net als nu redelijk goed te voorspellen zijn. De onbalans in de toekomst hangt dus vooral af van de penetratiegraad van duurzame

energie en de juistheid en precisie van voorspellingsalgoritmes (die naar verwachting beter zullen worden). Marktkoppeling en slimmer balanceren drukt de behoefte aan balanceringsreserves.

Figuur 26 geeft een voorbeeld van de prijsontwikkelingen op een dag op de onbalansmarkt. Deze data is openbaar beschikbaar op de website van TenneT.

De behoefte aan voelbare warmte creëert circa 50% van de totale energievraag in geheel Nederland. Zelfs indien daarvan slechts een deel kan worden ingevuld met behulp van power-to-heat, waarbij vraag en aanbod van duurzame energie op elkaar worden afgestemd met seizoen overstijgende warmteopslag, zal dat een heel groot positief effect kunnen hebben op de stabiliteit van het elektrisch netwerk.



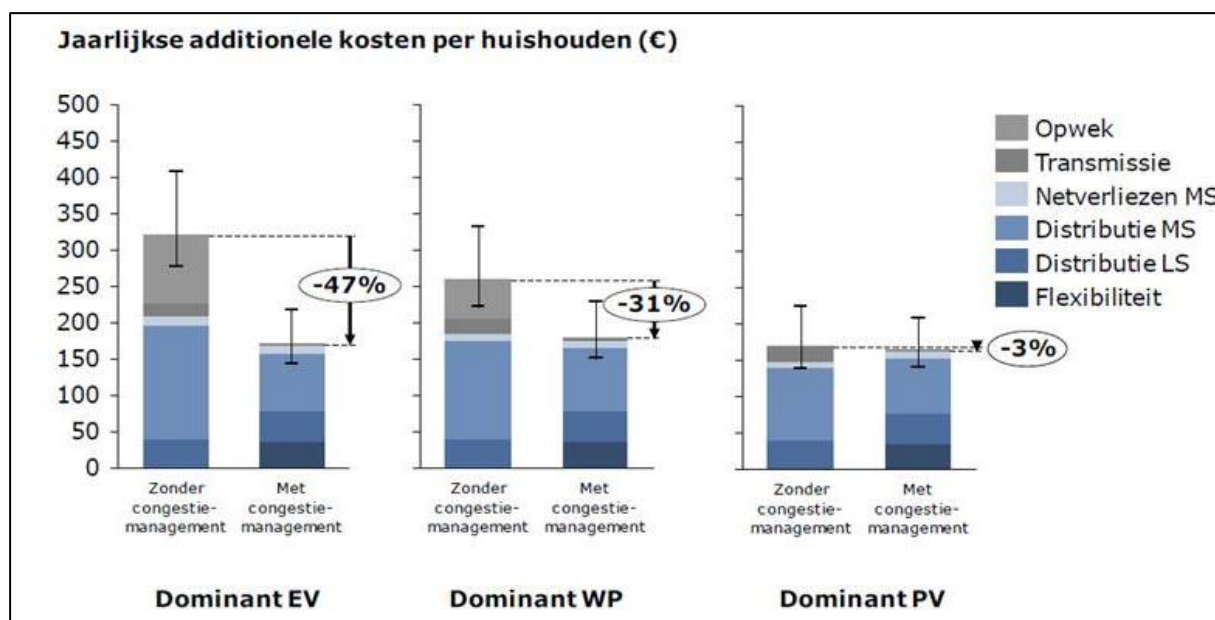
Figuur 26 Voorbeeld van de elektriciteitsprijs op de Nederlandse onbalansmarkt op 22 juni 2017 (bron: http://www.tennet.org/bedrijfsvoering/Systeemgegevens_afhandeling/verrekenprijzen/)

3.6 Congestiemanagement

Voor een uitgebreide toelichting van de Europese elektriciteitssector en de verschillende vormen van flexibiliteit, zie Bijlage b: Beknopt overzicht van de Europese elektriciteitssector.

De waarde van congestiemanagement wordt uitvoerig beschreven en berekend in het rapport *Waarde van Congestiemanagement*, door Ecofys [10] in opdracht van Netbeheer Nederland. Het rapport verdisconteert de waarde van congestiemanagement op meerdere niveaus. Het toont de jaarlijkse kosten per huishouden tot 2050 voor 3 scenario's (Figuur 27). Voor alledrie wordt het effect bekeken van congestiemanagement.

Congestiemanagement met de geselecteerde flexibiliteitsopties levert, met meenemen van de kosten voor het beschikbaar maken van de flexibiliteit, in de middenspanningsnetwerken een kostenbesparing op van €20 tot €120 /jaar per aansluiting.



Figuur 27 Jaarlijkse additionele kosten per huishouden zonder en met congestiemanagement per dominant scenario (Bron: Ecofys, *Waarde van Congestiemanagement* [X])

Relevante conclusies uit het rapport:

1. "Investerings in systemen die congestiemanagement in distributienetten mogelijk maken dragen bij aan een kostenefficiënt netbeheer.
2. Congestiemanagement met de geselecteerde flexibiliteitsopties levert, met meenemen van de kosten voor het beschikbaar maken van de flexibiliteit, in de middenspanningsnetwerken een kostenbesparing op van 20 tot 120 €/jaar per aansluiting. Deze kostenbesparing is het grootst in het scenario waarin het aantal elektrische auto's sterk toeneemt. Verdere optimalisatie in de keuze en inzet van flexibiliteitsopties kunnen mogelijk leiden tot grotere

besparingen. Flexibiliteitsopties die wisselen van energiedrager, zoals hybride warmtepompen, zijn in deze studie bijvoorbeeld niet onderzocht.

- 3. In onze scenario's is de besparing in het laagspanningsnetwerk beperkt, want de beschikbare flexibiliteitsopties zijn niet voldoende om netverzwaring geheel overbodig te maken. In specifieke gevallen is wel besparing te verwachten, bijvoorbeeld als netverzwaring enige jaren uitgesteld kan worden.*
- 4. Inzet van flexibiliteit voor congestiemanagement beperkt ook de toename in de piekvraag in de transmissienetten, en leidt ook daar tot lagere kosten. In onze scenario's dalen de additionele jaarlijkse kosten van €136 miljoen naar €16 miljoen. Die conclusie hangt mede af van de ontwikkeling van de vraag in de overige sectoren; wij nemen aan dat de piekvraag daar niet sterk verandert.*
- 5. Congestiemanagement door flexibiliteitsopties in het distributienetwerk besparen significant op de benodigde centrale opwekcapaciteit, omdat de inzet van flexibiliteitsopties voor congestiemanagement in veel gevallen direct de landelijke piekvraag omlaag brengt. Een lagere benodigde (back-up) opwekcapaciteit bespaart ongeveer €50 per aansluiting per jaar."*

Een voorbeeld van congestiemanagement met Ecovat:

Ecovat kan kiezen wanneer het elektrische vermogen aan staat op basis van de beschikbare netcapaciteit van ieder moment. WKO kan dit niet en moet haar elektrische vermogen inschakelen op het moment dat er vraag naar warmte is. WKO heeft dus een risico voor hogere capaciteit en transporttarieven.

3.7 Benutting van restwarmte

De mogelijkheden van restwarmte benutting zijn zeer afhankelijk van de locatie. Afhankelijk van de grootte van de restwarmtestroom, het temperatuurniveau, de afstand tot de gebruiker en het productieprofiel, kan restwarmte benut worden.

Eén van de redenen waarom restwarmte momenteel niet gebruikt wordt is omdat de partij die evt. restwarmte beschikbaar heeft, zich niet voor de lange termijn wil verbinden aan een leveringscontract. Vanwege interne procesoptimalisatie of onverwachte ontwikkelingen, zou deze partij zijn warmteleveringsverplichting niet na kunnen komen. Met Ecovat kan een groot deel van dit bezwaar worden weggenomen. Ten eerste, omdat incidentele momenten waarop niet aan de warmtevraag kan worden voldaan, opgevangen kunnen worden door Ecovat. Ten tweede, wanneer structureel niet meer aan de warmtevraag kan worden voldaan, kan Ecovat overschakelen van restwarmte als bron naar bijv. power-to-heat. Deze barrière voor restwarmteprojecten kan dus worden geëlimineerd met Ecovat.

Een tweede reden is dat de restwarmte vaak een typisch productieprofiel heeft dat niet overeenkomt met het profiel van de warmtevraag. Vanzelfsprekend kan Ecovat dit overbruggen, waardoor de restwarmte beter benut kan worden.

3.8 Slimme hybride infrastructuur elektra en warmte

Het Ecovat verbindt het elektriciteitsnetwerk met het warmtenetwerk waardoor een hybride infrastructuur ontstaat. Naast de voordelen die het Ecovat biedt door warmte op te slaan, biedt de hybride infrastructuur die door het Ecovat gerealiseerd wordt nog een aantal andere voordelen.

Ten eerste voorkomt de koppeling van de verschillende netwerken het afschakelen van hernieuwbare bronnen (windturbines, pv-panelen). Immers, het elektrisch vermogen dat door deze bronnen opgewekt wordt, moet op exact hetzelfde moment verbruikt worden. Indien dat onmogelijk is, wordt afschakeling onvermijdelijk en dat leidt tot beperking van hernieuwbare energie productie. Een hybride infrastructuur maakt een uitwisseling tussen verschillende energiedragers mogelijk. Dat betekent dat een overschot aan elektrische energie omgezet kan worden in warmte. Deze warmte kan onmiddellijk gebruikt worden, maar kan ook opgeslagen worden in het Ecovat voor een later moment.

Ten tweede maakt een koppeling het mogelijk om gebruik te maken van lage en zelfs negatieve prijzen op elektriciteitsmarkten. Door te acteren op deze markten en te anticiperen op de toekomstige warmtevraag kan tegen relatief lage kosten voldaan worden aan die vraag.

Er zal altijd een afweging gemaakt moeten worden tussen verschillende, vaak contrasterende belangen; afschakeling moet voorkomen worden, er moet gehandeld worden naar aanleiding van ontwikkelingen op de energiemarkt, er moet voldaan worden aan de warmtevraag, congestie op het distributienet moet worden voorkomen, enzovoort. Het aantal belangen en dus het aantal afwegingen wordt vergroot door het koppelen van verschillende netwerken en dat aantal zal in de toekomst alleen maar toenemen. Daarom is het van belang de besluitvorming omtrent de energiesturing te automatiseren, oftewel systemen en omringende infrastructuur slim te maken. Het Ecovat energie opslagsysteem is een totaaloplossing en biedt ook deze automatisering aan.

3.9 Piekreductie voor warmtenet

De meeste warmtenetaansluitingen in Nederland worden vanuit een centrale gevoed wordt met warmte. Dit betekent dat het warmtenet is gedimensioneerd op piekvermogen. Door lokaal de piekvraag te leveren met het Ecovat, kan een primair warmtenet op dat moment worden ontzien en kan daardoor beter worden benut. Een voorwaarde is uiteraard wel dat het Ecovat systeem dan die piek kan leveren en op dat moment niet afhankelijk is van het primaire net.

Om twee aantal redenen is het interessant om de piek te reduceren bij de dimensionering van het warmtenet. Ten eerste vanwege de investering in het net zelf. Een grotere capaciteit betekent een grotere diameter en dus een grotere investering. Ten tweede warmteverlies in het net, aangezien de oppervlakte van een grotere diameter ook groter is een daardoor meer warmteverlies heeft.

Bij een bestaand net is het nog interessanter om de piek te reduceren aangezien dan de bestaande infrastructuur gebruikt kan worden en deze niet vervangen hoeft te worden.

3.10 Leveringsgarantie

Het Ecovat wordt voor iedere toepassing dusdanig gedimensioneerd dat aan de maximale vermogensvraag kan worden voldaan (indien dat gewenst is). Het Ecovat kan stand-alone opereren, wat betekent dat wanneer het elektriciteitsnetwerk uitvalt of de warmte-opwekkers uitvallen, het Ecovat nog warmte en koude kan leveren. De enige benodigde back-up is een batterij die de circulatiepompen van het warmtenet in bedrijf houden.

3.11 Ecovat vs. Collectieve WKO

Hoe verhoudt het Ecovat zich t.o.v. andere energiesystemen? Voor iedere toepassing en locatie is het alternatief anders. De voordelen van Ecovat t.o.v. het alternatief variëren hierdoor sterk. Aardgas voor verwarming wordt niet als alternatief beschouwd. In de uitgewerkte case voor de Trekvlizzone in Den Haag heeft de gemeente aangegeven geen gasaansluiting te willen realiseren. Ook voor systemen in andere gemeentes, is het uitgangspunt dat er de wens is voor een duurzamer systeem dan aardgas. Een aantal mogelijke alternatieven:

- Collectief lage temperatuur warmtenet met WKO (warmte-koudeopslag) en warmtepomp;
- Individuele lucht warmtepomp;
- Stadswarmte, vaak hoge temperatuur en vaak fossiele warmtebron.

Van alle alternatieven is de vergelijking in de meeste nieuwbouwtoeepassingen het beste te maken met de collectieve WKO met warmtepomp. Een groot deel van het systeem is hetzelfde als bij Ecovat, namelijk het warmtenet en het afgifte systeem. Het verschil in de hardware zit hem vooral in de opslag en de opwekkers.



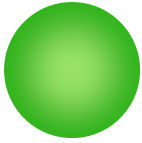



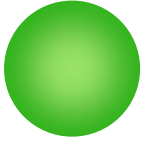













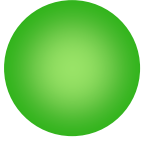





Individuele warmtepompen zijn minder duurzaam dan collectieve WKO (lagere COP) en veel minder duurzaam dan Ecovat.

Het ontwerp van stadswarmte kan erg variëren. Veelgebruikte warmtebronnen voor stadswarmte (zie Figuur 18) hebben nog een relatief hoge CO₂ ketenemissie. Daarnaast heeft Eneco (eigenaar van het warmtenet in Den Haag) aangegeven (zie randvoorwaarden hoofdstuk 4) dat ze het hoge temperatuur net het liefst alleen gebruiken voor de bestaande bebouwing en de nieuwbouw hier liefst niet op aansluiten.

WKO is een methode om energie in de vorm van warmte of koude op te slaan in twee bronnen in de bodem. De bronnen staan in open verbinding met watervoerende pakketten en gebruiken grondwater dat via een beperkt aantal buizen wordt onttrokken en geïnfiltreerd. Het grondwater wordt via een warmtewisselaar geleid om daarna weer in de bodem te worden geïnfiltreerd. Het onttrekken en infiltreren gebeurt op enkele tientallen tot ruim tweehonderd meter diepte, afhankelijk van waar zich een geschikt watervoerend pakket bevindt. Bij doubletten worden twee bronnen op enige afstand (ca. 100 meter) geboord en worden filters in beide bronnen afgesteld. Het water wordt in de zomer uit de zogenaamde koude bron opgepompt, de kou wordt aan het gebouw. Het opgewarmde water wordt daarna in de andere bron (de warme) ingebracht. In de winter wordt het warme water opgepompt en

wordt de warmte afgegeven aan een warmtepomp. Deze warmtepomp verhoogt het temperatuurniveau dat naar de gebouwen gaat. Het hierdoor afgekoelde water van de bron wordt daarna weer in de koude bron opgeslagen.

Hieronder zijn Ecovat en WKO kwalitatief met elkaar vergeleken. Voor een kwantitatieve vergelijking verwijzen we u naar de financiële case uitwerking in hoofdstuk 6.

	Ecovat + LT warmtenet	Collectieve WKO + LT warmtenet
1. 100% duurzame warmte en koude		
2. Vermeden CO2 uitstoot		
3. Energieprijs		
4. Maximale benutting van duurzame energie zowel lokaal als nationaal		
5. Frequentieregeling / balanshandhaving		
6. Congestie management		
7. Benutting van restwarmte		
8. Slimme hybride infrastructuur elektra en warmte		
9. Piekreductie voor warmtenet		
10. Leveringsgarantie		
11. Levensverwachting		
12. Milieu impact		
13. Toekomstbestendig		

3.11.1 Ecovat vs. WKO: 100% duurzame warmte & koude

Doordat WKO in de winter de warmtepompen aan heeft staan, veelal op de momenten dat er geen duurzame elektra op het net beschikbaar is, kan deze niet duurzaam warmte opwekken. Zoals toegelicht in hoofdstuk 3.1 kan Ecovat wel 100% duurzame warmte en koude leveren. Om uiteindelijk 100% duurzaam te laden zal WKO lokaal of indirect ergens anders een vorm van elektrische seizoensopslag moeten realiseren.

3.11.2 Ecovat vs. WKO: Vermeden CO2 uitstoot

De CO2 uitstoot bij het Ecovat beperkt zich tot de uitstoot die komt uit de realisatie van het systeem. Na realisatie is de CO2 uitstoot van het systeem 0. Dit is uiteraard ook afhankelijk van de doelstelling van de klant.

WKO heeft wel CO2 uitstoot. Juist omdat de elektriciteit voor de warmtepompen verbruikt wordt op de momenten dat er geen duurzame energie beschikbaar is. Deze elektriciteit komt dus van fossiele energiecentrales. Tenzij, ergens een vorm van elektrische seizoensopslag wordt geïnstalleerd. Echter, dit is niet realiseerbaar. Op dit moment is er voor elektrische opslag (Li-ion batterijen, red.) alleen een business case wanneer deze voor korte termijn opslag (dag/nacht) gebruikt wordt i.c.m. andere functionaliteiten zoals netbalancing.

Onderstaande tabel (bron CE Delft) geeft een inzicht in de CO2 uitstoot van de warmtebronnen die voornamelijk bij stadswarmte gebruikt worden. Deze ligt wel lager dan een HR-ketel (zie ook onderstaande figuur) maar de meeste bronnen stoten toch nog een aanzienlijke hoeveelheid CO2 uit.

	Totale CO2 ketenemissies per geleverde GJ warmte (in kg/GJth)
Bron: CE Delft 2016 / CO2 Emissiefactoren, geraadpleegd op 3 april 2017: https://co2emissiefactoren.nl/lijst-emissiefactoren/#totale_lijst	
	Stoom- gascentrale (STEG) 36,0
	Biomassa afkomstig uit Canada 34,2
	Afvalverbrandingsinstallatie (AVI) 26,5
	Biomassa afkomstig uit Nederland 25,8
	Geothermie 25,1*
	Restwarmte met bijstook 21,5
	Restwarmte zonder bijstook 8,8
	Warmtepomp met WKO met stroom uit net 34,6**
	Warmtepomp met WKO met 100% duurzame stroom 0,0*
	Referentie: HR-ketel 66,4
	Op de volgende pagina's worden vier veelbelovende technieken individueel uitgelicht: biomassa, restwarmte, geothermie en Warmte-koude opslag (WKO). Hierbij zal ingegaan worden op de kenmerken, de business case en de mogelijkheden voor de toekomst.

* Indien 100% groene stroom (uit bijvoorbeeld windenergie of zonnestroom) wordt gebruikt voor de aandrijving en energielevering van de (warmte)pompen voor WKO en geothermie, zal de CO2-emissie hiervoor direct teruglopen naar nul.

** In het onderzoek van CE Delft en in de CO2-emissiefactorenlijst is de WKO met warmtepompen niet meegenomen. Voor het berekenen van de CO2-uitstoot per GJ van de WKO met warmtepomp is Bas de Zwart van IF Technology geraadpleegd. De uitstoot van 34,6 kg per GJ is tot stand gekomen op basis van de huidige elektriciteitsmix. De hoge uitstoot wordt veroorzaakt doordat veruit het grootste deel van de huidige elektriciteitsproductie wordt geproduceerd met het verbranden van aardgas en steenkool. Wanneer de warmtepomp door 100% duurzame elektriciteit wordt aangedreven, gaat de CO2-emissie terug naar nul.

Figuur 28 Totale CO2 ketenemissies per geleverde GJ warmte (in kg/GJth).

Bron: Nationaal Warmtenet Trendrapport 2017.

3.11.3 Ecovat vs. WKO: Energieprijs

Ecovat kan maximaal lokaal opgewekte energie oogsten en deze is in de meeste gevallen gratis (vraagt voornamelijk een investering en onderhoud). Daarnaast wordt alleen energie ingekocht op de energiemarkt wanneer deze duurzaam is en dit betekent ook dat de prijzen op dat moment lager dan gemiddeld zijn. Naarmate het aandeel duurzame energie in Nederland stijgt, zal dit steeds meer met elkaar correleren. De Duitse energiemarkt, waar het aandeel duurzaam veel groter is, toont dit al aan.

Zoals aangegeven koopt een WKO installatie de elektra in wanneer deze nodig is en de prijs van energie op die momenten gaat steeds hoger worden, t.o.v. de gemiddelde marktprijs.

3.11.4 Ecovat vs. WKO: Congestie management

Ecovat bezit maximale flexibiliteit. Voor een uitgebreide memo over de energiemarkten en flexibiliteit zie Bijlage b: Beknopt overzicht van de Europese elektriciteitssector. Het systeem is dusdanig ontworpen dat het a) een grote opslagcapaciteit heeft waardoor het systeem lange periodes zelfstandig kan opereren b) snel kan schakelen door het technisch ontwerp en de slimme sturingssoftware.

WKO heeft niet of nauwelijks flexibiliteit. De koeling kan vaak wel zelfstandig geleverd worden. Voor verwarming zal echter altijd de warmtepomp aan staan op de momenten dat er vraag is.

3.11.5 Ecovat vs. WKO: Frequentieregeling / balanshandhaving

Indien WKO zich ook wil richten op balanshandhaving, zal het op zijn minst een korte termijn buffer moeten installeren voor bijv. dag/nacht opslag.

3.11.6 Ecovat vs. WKO: Benutting van duurzame energie zowel lokaal als nationaal

Met Ecovat kan de meeste lokaal opgewekte energie benut worden. Immers, hoe meer lokale opslagcapaciteit hoe meer benutting.

Een deel van de lokaal opgewekte energie kan in het WKO systeem gestopt worden. WKO beperkt zich echter wel in de opslagtemperatuur van maximaal 25 graden waardoor de opslag beperkt is en waarbij de kwaliteit (temperatuur) altijd weer opgehoogd moet worden om deze bruikbaar te maken.

3.11.7 Ecovat vs. WKO: Levensverwachting

De levensduur van Ecovat is minimaal 50 jaar. Het vat heeft geen bewegende delen ondergronds en is robuust. De materialen zijn zorgvuldig geselecteerd op hoogwaardige kwaliteit en lange levensduur.

Een WKO dient om de 20 jaar vervangen te worden of er dient groot onderhoud te worden gepleegd.

3.11.8 Ecovat vs. WKO: Milieu impact (Excl. CO2)

De 3 meest significante materialen voor het Ecovat zijn beton, Foamglass isolatie en water. Dit brengt hierdoor een lage impact met zich mee. Daarnaast gaat het Ecovat niet door watervoerende lagen waardoor interferentie kan plaatsvinden. Ondergrondse waterstromen worden niet verhinderd en ook de ondergrond wordt niet meer dan 3 graden verwarmd (maximaal energiebehoud in het vat).

De impact van WKO verschilt per type WKO systeem. Open systemen kunnen voor bepaalde gebieden niet wenselijk zijn omdat de ondergrond dan ongewenst beïnvloed wordt of dat de WKO door watervoerende lagen moet. Daarnaast heeft de fossiele energie die nodig is voor de elektriciteit van WKO, naast CO₂ uitstoot ook een milieu impact. Het oppompen van aardgas in Nederland heeft als gevolg dat er aardbevingen ontstaan (Groningen) en dat natuurgebieden (waddengebieden) verzakken, vervuild raken en in gevaar komen. Daarnaast komt er bij de Nederlandse gasinfrastructuur nog veel methaan vrij die een nog sterker broeikaseffect oplevert dan CO₂.

3.11.9 Ecovat vs. WKO: Toekomstbestendig

Een systeem dat nu gerealiseerd wordt, moet de mogelijkheid hebben om uiteindelijk 100% duurzaam te worden. Indien nog niet duidelijk is of en hoe dat voor een systeem gerealiseerd zou moeten worden, is de kans op 'stranded assets' groot en zal opnieuw geïnvesteerd moeten worden. De toekomst is niet te voorspellen maar een systeem moet comfortabel, betrouwbaar en betaalbaar zijn zonder dat dit ten koste gaat van toekomstige generaties.

Een Ecovat systeem is toekomstbestendig aangezien het uitgaat van een 100% duurzaam energiesysteem. Risico's inherent aan systemen die niet 100% duurzaam zijn, zijn hierdoor gemitigeerd.

Een WKO systeem blijft afhankelijk van een vorm van seizoensopslag om 100% duurzaam te worden. Aangezien hier nog geen oplossing voor in beeld is, betekent dit dat een WKO systeem geen garanties kan bieden voor de levensvatbaarheid in de toekomst.

4 Randvoorwaarden stakeholders (Bureau Overmorgen)

Dit hoofdstuk is tot stand gekomen door de bijdrage van Bureau Overmorgen in dit haalbaarheidsonderzoek. www.overmorgen.nl.

Ecovat en de gemeente Den Haag zetten zich beiden in voor de ontwikkeling van een Ecovat in de Binckhorst in Den Haag. In dit hoofdstuk zoomen we in op het onderzoek naar de organisatorische randvoorwaarden benodigd voor de ontwikkeling van een Ecovat in de Binckhorst. Deze rapportage gaat in op de resultaten van het onderzoek en moet helpen om de juiste organisatorische randvoorwaarden te definiëren voor een succesvolle implementatie van het Ecovat in Den Haag.

In dit hoofdstuk beschrijven we:

- waarom focussen we op organisatorische randvoorwaarden?
- de werkwijze voor het ophalen van organisatorische randvoorwaarden;
- de opgehaalde resultaten van de werksessie;
- algemene conclusies en advies.

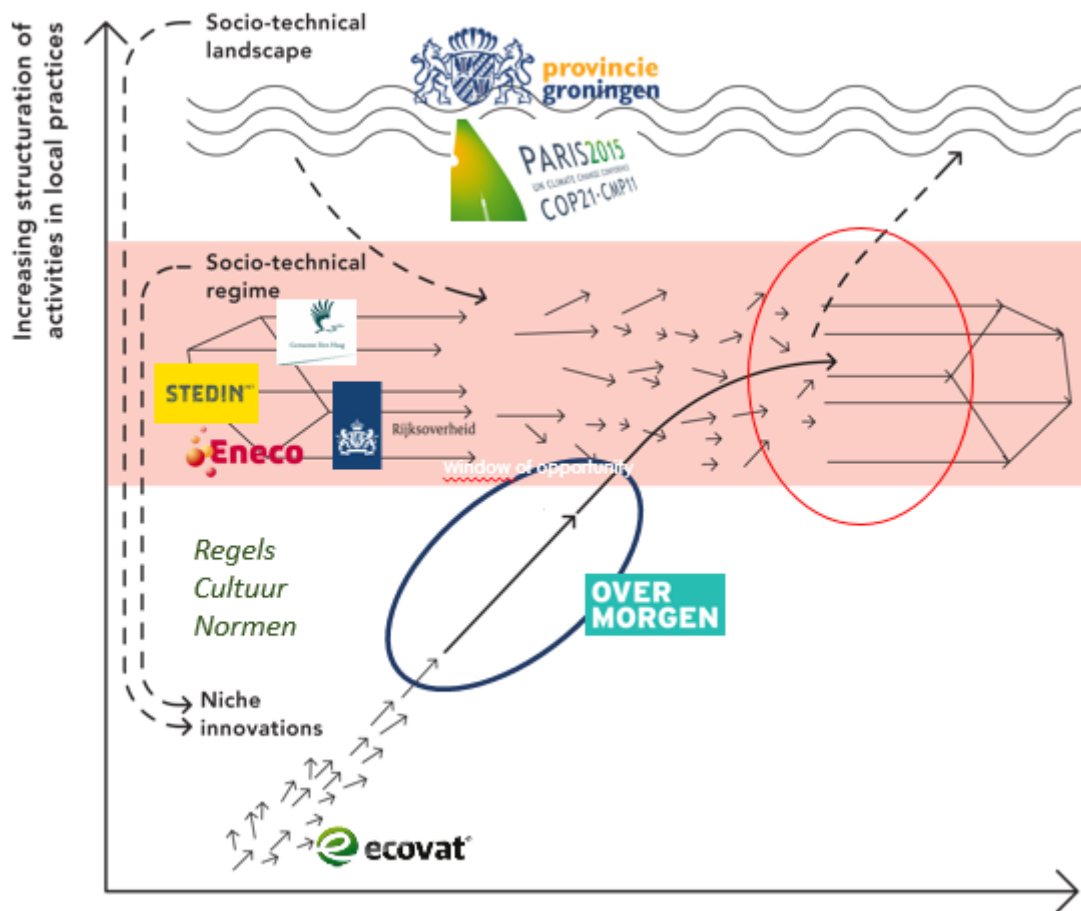
4.1 Waarom organisatorische randvoorwaarden?

Het Ecovat is een oplossing voor de opslag van energie en fungeert enkel wanneer deze is geconfigureerd als onderdeel van een energiesysteem. Dat betekent dat een Ecovat altijd ontwikkeld wordt in samenwerking met stakeholders. Het kan alleen maar succesvol worden gerealiseerd als de betrokken stakeholders hier gezamenlijk voor gaan. Dit idee steunt op bredere transitietheorie en technologische innovatie, die hieronder verder wordt toegelicht.

Het proces van maatschappelijke transitie staat al decennia lang op het wetenschappelijke netvlies. Het Dutch Research Institute For Transitions (DRIFT) verbindt wetenschappelijk transitieonderzoek aan de praktijk. Een voorbeeld hiervan is het Multi-level perspective. Dit perspectief gebruiken we om de ontwikkeling van het Ecovat in context te plaatsen van een maatschappelijke transitie. In Figuur 1 is dit perspectief schematisch weergegeven. Een verdere uitleg van dit perspectief volgt hieronder.

Het proces van een maatschappelijke transitie uit zich door veranderingen in drie conceptuele lagen en de verhouding tussen deze lagen. De drie lagen zijn te zien in Figuur 29:

1. Het socio-technologisch landschap;
2. Het socio-technologisch regime;
3. Niche innovaties.



Figuur 29 Het multi-level perspective (DRIFT)

4.1.1 Het socio-technologisch landschap

Deze laag kenmerkt zich door gebeurtenissen die op een hoger abstractieniveau zich afspelen. Het zijn ontwikkelingen die impact hebben op ons doen en denken en voor een langere tijd deze invloed uitoefenen. Voorbeelden hiervan zijn het klimaatakkoord gesloten in Parijs, het laatste energieakkoord en de aardbevingen in Groningen. Het heeft invloed op het onderliggende socio-technologische regime. Het is bijvoorbeeld aanleiding voor veranderend beleid van gemeentes of bedrijven. Het kan zorgen voor de vraag naar nieuw onderzoek of ontstaan van nieuwe klantvragen.

4.1.2 Socio-technologisch regime

Het socio-technologisch regime is wat we kennen als de relatief stabiele context waarin wij leven. Het komt tot uiting in onze cultuur, beleid, technologieën, onderzoek en consumptiepatronen. De meer gevestigde organisaties en bedrijven zoals Eneco, Stedin en de gemeente Den Haag acteren volgens (maar definiëren ook) de kaders van het socio-technologisch regime. Echter, door de drukkende krachten van een veranderend landschap kan het regime verstoord worden. Het regime wordt op onderdelen onderbroken en zogenaamde "windows of opportunity" ontstaan. Het zijn momenten waarop wordt gereflecteerd op zaken als beleid, cultuur of nagedacht wordt over nieuwe technologieën.

4.1.3 Niche innovaties

Innovaties zoals nieuwe opslagtechnieken voor energie worden vaak in een “niche” omgeving ontwikkeld. Dit zijn omgevingen die afgeschermd zijn van de cultuur, regels of beleid van het socio-technologisch regime. Vaak is zo’n omgeving nodig, omdat nieuwe technologieën eerst een bepaalde ontwikkeling doormaken van prototype tot robuust product en nog niet passen in het heersende socio-technologische regime.

Wanneer de technologie doorontwikkeld is, is het zaak dat deze plaats kan nemen in het regime. Dit is wat de implementatie van nieuwe technologieën gecompliceerd maakt: een technologie werkt, maar past nog niet in de culturele kaders van het socio-technologisch regime. Daar is in eerste instantie een ‘window of opportunity’ voor nodig, waardoor het regime zich vervolgens kan ‘her-orderen’. Dit kan gebeuren door het aanpassen van beleid, maar bijvoorbeeld ook door aanpassing van gedrag, waardoor de cultuur in bijvoorbeeld een organisatie of sector kan veranderen. Een voorbeeld van een geslaagde integratie van een niche innovatie in het socio-technologische regime is de smartphone. Slechts 10 jaar gelden werd de eerste smartphone geïntroduceerd en nu is deze al niet meer weg te denken in het dagelijks leven en bepaalt ook onze culturele normen.

De energietransitie en de vraag naar duurzame alternatieven voor aardgasverwarming kan worden gezien als een ‘window of opportunity’ in het socio-technologisch regime. De problematiek rondom aardgaswinning in Groningen en de afspraken in het klimaatakkoord van Parijs zijn belangrijke drijvers vanuit het socio-technologisch landschap. Het Ecovat is een niche-innovatie die via het ‘window of opportunity’ onderdeel kan worden van het sociaal-technologisch regime. Om het Ecovat te ontwikkelen moet het echter wel voldoen aan de regels van een duurzaam energiesysteem. In feite gaat het om het ophalen van de eigenschappen van het socio-technologisch regime, zodat het Ecovat weet binnen welke kaders de technologie geïmplementeerd moet worden.

4.2 Werkwijze

Vanuit de transitietheorie hebben we beredeneerd dat een zogeheten ‘window of opportunity’ benut kan worden om een niche innovatie op het niveau van het socio-technologisch regime te brengen. Dat betekent wel dat we de randvoorwaarden vanuit het socio-technologisch regime op moeten halen. Daarvoor is de werksessie bedoeld. De sessie is georganiseerd aan de hand van de volgende structuur:

1. Ophalen algemene randvoorwaarden

Aan de stakeholders is voorafgaand aan de workshop de volgende vraag gesteld:

“Welke randvoorwaarden zijn belangrijk voor jou als stakeholder bij de ontwikkeling van een duurzaam energiesysteem op de Binckhorst?”

2. Verifiëren algemene randvoorwaarden

De randvoorwaarden zijn bij aanvang van de werksessie geverifieerd door de deelnemers van de werksessie. Hiermee zijn direct de meest voor de hand liggende randvoorwaarden geïdentificeerd.



3. Interactieve discussie over de randvoorwaarden

Tijdens de workshop hebben we de vraag samen met de stakeholders verder uitgediept door discussie te faciliteren, maar ook door de stakeholders elkaars rol te laten aannemen. Dat wil zeggen: Eneco is gevraagd om vanuit het perspectief van het Haags Warmte Initiatief na te denken over een duurzaam energiesysteem.

4. Komen tot gezamenlijke randvoorwaarden betreffende voor het proces waarbinnen het Ecovat ontwikkeld moet worden;

De discussie over de algemene randvoorwaarden vloeide automatisch door in het definiëren van randvoorwaarden gericht op het ontwikkelen van een Ecovat specifiek.

5. Verkennen van eerste vervolgstappen voor Ecovat.

Voordat de ontwikkeling van een Ecovat van start kan gaan, is nog een eerste stap nodig. De kern van deze stap is het ontwerpen en in het licht zetten van een heldere propositie voor zowel de aanbod als vraagzijde voor een duurzaam energiesysteem in de Binckhorst.

De volgende stakeholders zijn gevraagd om mee te werken aan dit onderdeel van de haalbaarheidsstudie:

- het Haags Warmte Initiatief, van de gemeente Den Haag;
- de projectverantwoordelijke voor de nieuwbouwwontwikkeling op de Binckhorst, van de gemeente Den Haag;
- de gebiedsmanager van de Binckhorst, van de gemeente;
- de netbeheerder van gas- en elektriciteitsnetten in het gebied, Stedin;
- een bestaande energieleverancier van warmte in het gebied, Eneco.



Figuur 30 Delen van kennis en inzichten tijdens de stakeholder workshop d.d. 03-05-2017



Figuur 31 Categoriseren van de randvoorwaarden tijdens de stakeholder workshop d.d. 03-05-2017

4.3 Opgehaalde randvoorwaarden stakeholders

We hebben de hierboven opgesomde stakeholders gevraagd wat voor hen de belangrijkste randvoorwaarden zijn bij de ontwikkeling van een duurzaam energiesysteem op de Binckhorst. De resultaten van deze uitvraag zijn in de onderstaande te zien.

Stakeholder	Vooraf opgehaalde randvoorwaarden
Haags Warmte Initiatief	<ul style="list-style-type: none"> • Een duurzame, betrouwbare en veilige warmtevoorziening; • In 2040 klimaatneutraal; • Start inzet op collectieve voorziening, verduurzaming bronnen volgt; • Binckhorst aardgasvrij.
Vastgoedontwikkeling Binckhorst	<ul style="list-style-type: none"> • Op tijd opleveren vastgoed van groot belang; • De opgave word minder complex wanneer: <ul style="list-style-type: none"> ◦ De ontwikkeling van een gebied in korte tijdsspanne verloopt; ◦ Het aantal betrokken ontwikkelaars laag is.
Eneco	<ul style="list-style-type: none"> • Verduurzaming bronnen net van belang; • 'merit-order' voor warmte (gebouw->lokaal->regionaal); • Ecovat als alternatief voor netverzwaring interessant; • Reëel financieel voordeel Ecovat moet meer zijn dan alleen piekopvang; • Leveringszekerheid voor afnemers garanderen; • Rol in aanleg distributienet.
Stedin	<ul style="list-style-type: none"> • Maatschappelijke kosten beperkt houden; • Liever niet investeren in aardgas infra.
Bewoners en gebruikers	<ul style="list-style-type: none"> • Zekerheid over energierekening; • Een comfortabele woning; • Heldere communicatie over techniek.

Tabel 1 Vooraf opgehaalde randvoorwaarden

Uit de eerste inventarisatie worden een aantal zaken duidelijk. De gemeente wil aan de ene kant inzetten op de verduurzaming van de stad, via het Haags Warmte Initiatief, maar heeft in de Binckhorst ook een grote bouwopgave van te realiseren woningen. Deze opgave mag niet vertraagd worden, dit zou namelijk financiële consequenties tot gevolg hebben. De twee belangen (duurzame stad en vastgoedontwikkeling) kunnen elkaar nog wel eens in de weg zitten. Zowel op deze locatie, als op andere locaties in de stad. Daarnaast stellen meerdere partijen een randvoorwaarde dat nieuwbouwwontwikkelingen aardgasvrij zouden moeten zijn. Het alternatief hoeft nog niet meteen 100% duurzaam te zijn, maar wel een te verduurzamen, liefst lokale, bron hebben.

4.4 Uitkomsten uit de workshop

Tijdens de workshop hebben we in eerste instantie stakeholders opnieuw gevraagd randvoorwaarden voor de succesvolle realisatie van een duurzaam energiesysteem in de Binckhorst te definiëren. Nu hebben we de stakeholders echter ook gevraagd om in de rol van een andere stakeholder te stappen en vanuit dat perspectief een randvoorwaarde te noemen. Aanvullende randvoorwaarden worden hieronder in tabel 2 genoemd.



Figuur 32 Overzicht van de benoemde randvoorwaarden. Uitgewerkt in onderstaande tabel.

Stakeholder	In de workshop opgehaalde en geverifieerde randvoorwaarden
Haags Warmte Initiatief	<ul style="list-style-type: none"> Het energiesysteem moet te vatten zijn in een duidelijk verhaal; Transparant werken binnen de gemeente en het betrekken van de gemeenschap van de Binckhorst; Gemeente draait niet alleen op voor onrendabele top.
Vastgoedontwikkeling Binckhorst	<ul style="list-style-type: none"> Ontwikkeling energiesysteem passend in planologische ontwikkeling en tijd; Op tijd opleveren vastgoed van groot belang.
Eneco	<ul style="list-style-type: none"> Synergie met bestaande energiesysteem; Lange termijn zekerheid over rollen in samenwerking; Businesscase met herkenbare uitgangspunten; Projectontwikkelaars zijn betrokken en randvoorwaarden zijn duidelijk.
Stedin	<ul style="list-style-type: none"> Plannen moeten bekend zijn en er moet werk-met-werk gemaakt worden, dus op tijd betrokken worden; Geen negatieve effecten op het bestaande netwerk.
Bewoners en gebruikers	<ul style="list-style-type: none"> Zekerheid over het aanbod van warmte en de energierekening; Comfortabele woning; Heldere communicatie over de techniek; Beperkte meerkosten;

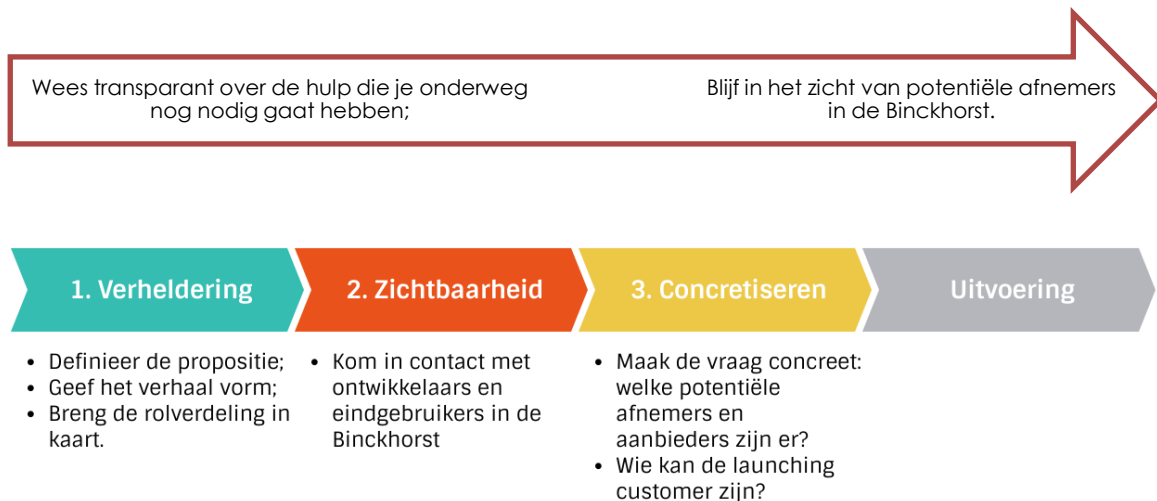
	<ul style="list-style-type: none"> Betrokken worden bij de ontwikkeling en de mogelijkheid om daarin een rol te spelen.
Ecovat	<ul style="list-style-type: none"> Helder voordeel ten opzichte van concurrerende technieken in kaart brengen; De gestelde lange termijn visie vanuit de gemeente; Een 'launching customer' voor het concept; Een gebundelde vraag vanuit eindgebruikers; Een postieve total cost of ownership (TCO); Benutten van een energiebron in de buurt.
Algemeen, gezamenlijk opgehaalde randvoorwaarden	<ul style="list-style-type: none"> Er moet een trekker zijn van de samenwerking, de andere rollen moeten ook duidelijk zijn; Verschillende stakeholders moeten voldoende capaciteit en prioriteit geven aan de ontwikkelingen van duurzame energiesystemen en specifiek de ontwikkeling in de Binckhorst; Het vertrouwen van alle betrokkenen in de ontwikkeling van een Ecovat neemt toe als de ontwikkelaars van het systeem (Ecovat) ook na oplevering betrokken blijven; Het succes van de realisatie wordt groter als er, naast energie, andere thema's kunnen worden ingevuld. Dit verbetert ook de financiële haalbaarheid en meerdere belangen kunnen daardoor ingevuld worden met de ontwikkeling van een Ecovat.

Tabel 2 In de workshop opgehaalde en geverifieerde randvoorwaarden

Bij het opnoemen van de randvoorwaarden per stakeholder, ontdekten we dat er ook een heel aantal randvoorwaarden zijn die voor het gehele proces en dus alle stakeholders belangrijk zijn. Die staan in de laatste rij van de tabel opgenomen.

4.5 Algemene conclusies workshop en advies

Ter afsluiting van de workshop hebben we bij de aanwezige stakeholders opgehaald wat zij vanuit hun optiek zouden adviseren aan Ecovat om als eerstvolgende stappen te nemen. Dit is gedaan op basis van de opgehaalde randvoorwaarden die passen bij het socio-technologisch regime (figuur 1). Deze zijn gecombineerd met onze eigen kennis en ervaring om te komen tot een advies voor Ecovat. Dit advies is specifiek gericht op de situatie van de Binckhorst, maar kan ook toegepast worden op andere plekken in Den Haag. Het advies bestaat uit verschillende stappen en dient om de kans van slagen te vergroten vanuit een organisatorisch perspectief. Het volgende figuur (figuur 2) is een verbeelding van de stappen.



Figuur 33 Verbeelding van de te ondernemen stappen voor Ecovat vanuit een organisatorisch perspectief

4.5.1 Verheldering van het verhaal

Voor de beslissers over het energieconcept op de Binckhorst is het van belang dat er een helder verhaal is rondom de toepassing van het Ecovat, zodat ze voor zichzelf de juiste afwegingen kunnen maken. Het concept is relatief nieuw en daarom zijn de voordelen ook niet altijd helder. Het heldere verhaal zou die voordelen inzichtelijk moeten maken en in ieder geval moeten bestaan uit de volgende punten:

- een omschrijving van de werking van het Ecovat en de onderscheidende waarde ten opzichte van concurrerende systemen. Hierin is ook een rolverdeling opgenomen tussen verschillende partijen, eventueel verwijzend naar vergelijkbare trajecten;
- een inzicht in een eerste business case;
- een beschrijving van de manier waarop Ecovat betrokken blijft bij het concept na oplevering, om ook de garantie te geven dat het systeem blijft werken;
- het verhaal wordt sterker naarmate het Ecovat niet alleen een functie heeft in het energiesysteem, maar ook voordelen biedt op andere vlakken. Zo kun je bijvoorbeeld de plaatsing van het Ecovat combineren met het creëren van extra groen in de wijk.

4.5.2 Zichtbaarheid. Het Ecovat moet in beeld komen bij eindgebruikers en eindgebruikers moeten in beeld komen bij Ecovat

Met een helder verhaal kan Ecovat naar mogelijke ontwikkelpartners en eindgebruikers stappen. Specifiek zijn er de volgende platforms waar Ecovat het verhaal zou kunnen presenteren:

- de ontwikkelaars van de eerste percelen zijn bekend. De gemeente Den Haag kan Ecovat in contact brengen met de juiste partijen. Voor ontwikkelaars is het van belang dat ze snel kunnen beslissen. Het verhaal moet dus sterk en compleet zijn;
- er worden regelmatig gebiedstafels georganiseerd over de ontwikkelingen in de Binckhorst. Hier schuiven allerlei partijen aan, zowel bestaande als nieuwe 'bewoners' (van woningen en

utiliteitsgebouwen). Via de gemeente Den Haag kan Ecovat tijdens deze tafels aanschuiven om het verhaal te vertellen;

- er worden ook bouwprojecten uitgevoerd onder collectief particulier opdrachtgeverschap (CPO). De gemeente heeft deze groep inzichtelijk en kan Ecovat met hen in contact brengen;
- de gemeente Den Haag heeft zelf ook vastgoed op de Binckhorst. Zij zijn een potentiële klant voor het Ecovat. Ook voor hen is het heldere verhaal noodzakelijk.

4.5.3 Maak de energievraag concreet en bundel deze.

Na de ronde bij de beslissers is er de kans voor Ecovat om de vraagkant concreet te maken. Dus welke partijen zouden in zee willen met het Ecovat en waar bevinden deze zich? Door dit concreet te maken ontstaat een idee van de omvang van de warmtevraag.

Onze ervaring is dat het belangrijk is om één eerste grote klant te hebben, waarna andere sneller volgen. Die eerste klant zou een ontwikkelaar van nieuwbouw kunnen zijn, maar mogelijk dat het gemeentelijk vastgoed of een grote bestaande partij ook een goede 'launching customer' kan zijn.

4.5.4 Onderzoek onderweg welke hulp je nodig hebt

In dit proces zal Ecovat regelmatig andere stakeholders nodig hebben. Uit de workshop volgen in ieder geval de volgende voorstellen voor samenwerking;

- Eneco wil graag met Ecovat dieper het concept induiken om te ontdekken of er gezamenlijke voordelen te behalen zijn. Het ligt namelijk voor de hand dat de ontwikkelaars van de nieuwbouw Eneco zullen benaderen voor het aansluiten van hun vastgoed op het bestaande warmtenet van Eneco. Op deze manier kunnen ze namelijk eenvoudig invulling geven aan de eis voor aardgas-loze nieuwbouw. Tegelijkertijd heeft Eneco aangegeven dat het zomaar aansluiten van de nieuwbouw op het hoog temperatuur warmtenet niet de meest voor de hand liggende optie is voor hen. Eneco kan dus enerzijds helpen het concept verder te brengen en daar een rol in te spelen en anderzijds helpen om de vraag vanuit het gebied op te halen.
- De gemeente Den Haag kan Ecovat in contact brengen met de mogelijke afnemers in de Binckhorst, zoals onder stap 2 beschreven. Daarnaast kan de gemeente zelf, met haar eigen vastgoed, één van de eerste partijen zijn die aansluit op een Ecovat.

5 Technisch ontwerp

5.1 Ontwerpkaders technische installatie

Het ontwerp is in de volgende 3 stappen tot stand gekomen;

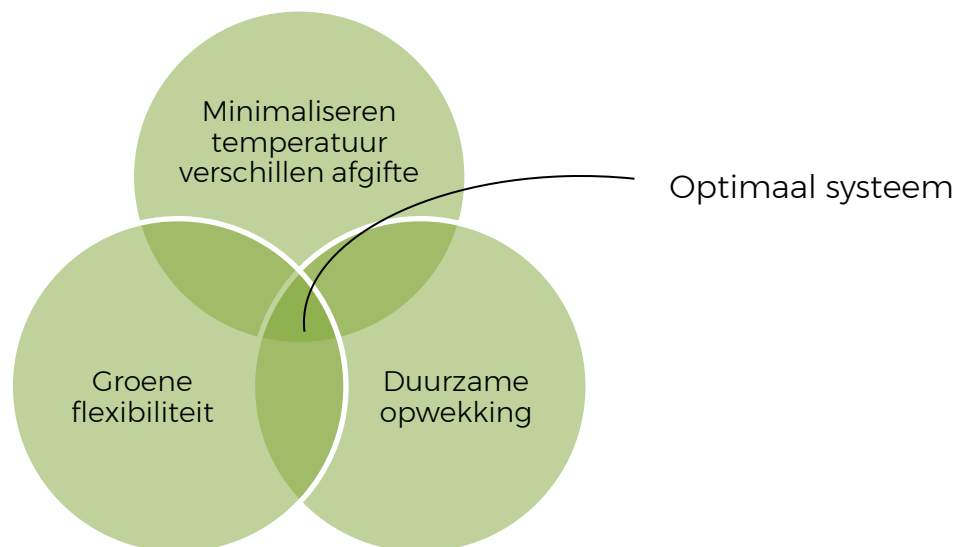
1. Hoofdstructuur energiesysteem: Bron → Opslag → Distributie → Afgifte
2. Optimalisatie
3. Redundantie

5.1.1 Hoofdstructuur



5.1.2 Optimalisatie

Vervolgens geoptimaliseerd door een balans te zoeken in de volgende aspecten:



Deze aanpak is bewust anders dan de traditionele *trias energetica* waarin flexibiliteit en exergie niet wordt meegenomen.

5.1.3 Redundantie

In de vorige stap is maatwerk geleverd vanuit de business case en vervolgens is er redundantie in het technisch ontwerp ingebouwd om risico's te reduceren.

5.2 Omschrijving Case

In Figuur 34 is het plangebied de “Trekvliztzone” omkaderd weergegeven. De openbare documenten van de gemeente zijn als uitgangspunt gehanteerd, zoals “projectdocument Trekvliztzone” en “Stedenbouwkundig Plan Trekvlizt”.



Figuur 34 Vogelvlucht perspectief van de projectlocatie de "Trekvliztzone" (bron: Google Maps)



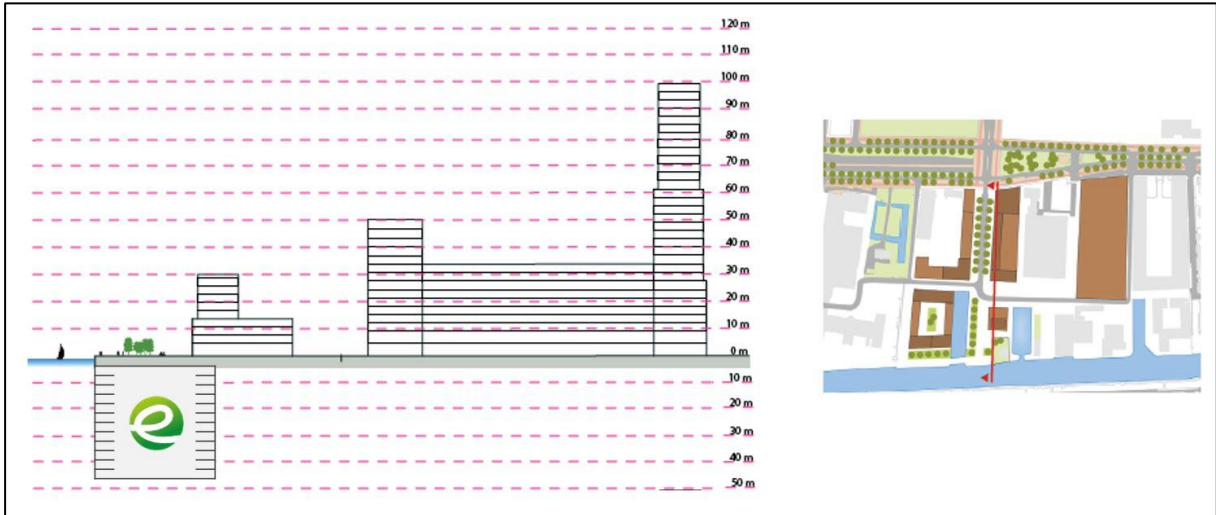
Figuur 35 Referentiebeeld voor de ontwikkeling van de Trekvliztzone uit het Stedenbouwkundig Plan.



Figuur 36 Referentiebeeld voor de ontwikkeling van de Trekvlizone uit het Stedenbouwkundig Plan.



Figuur 37 Voorbeelduitwerking van Trekvlizone (bron: RIS295889 Projectdocument Trekvlizone)



Figuur 38 Hoogteverloop profiel van de voorbeelduitwerking uit het Stedenbouwkundig Plan. Met op schaal het ondergrondse profiel van het Ecovat aan het kanaal.



“Versterken groene parels, versterken identiteit: rauw industrieel, stoer.”



Figuur 39 Beelden van de Trekvlietzone uit het document “Ambitie Buitenruimte Binckhorst”

Programma van de Trekvlietzone uit het projectdocument:

Kavel	Aantal woningen / overige	Kantoor m ²
1	265	3.500
2	40	750
3a	100	
3b	80	200
4	80	800
5	240	3.125
6		Bestaand: Fokkerterminal, roeivereniging De Laak, jachtwerf de Haas, Café Capriole.
		Nieuw: 250 (inschatting)
7		Bestaand: Kasteel Binckhorst
Totaal	805	8625

5.3 Ontwerp Ecovat Energiesysteem

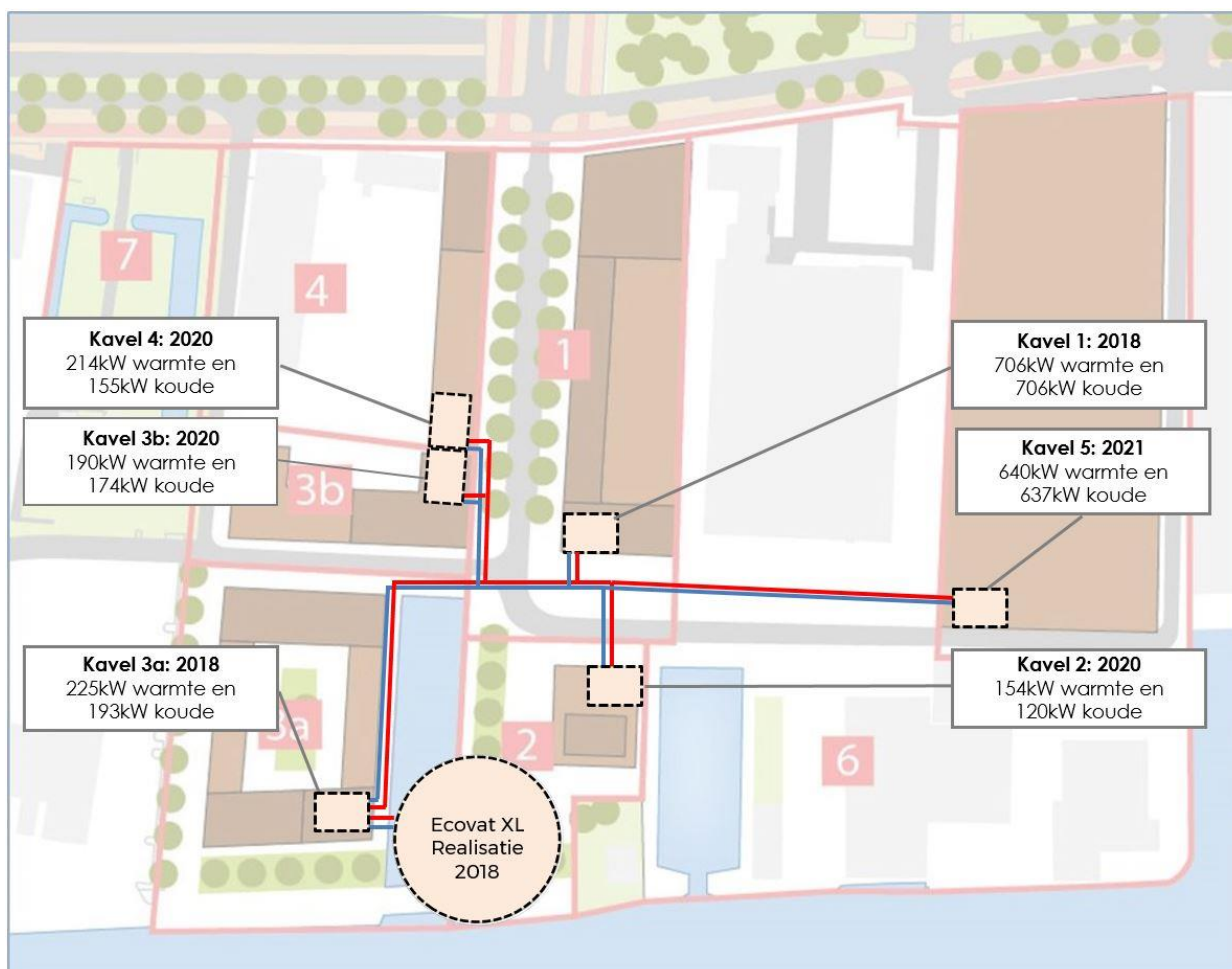
In dit hoofdstuk wordt op hoofdlijn het ontwerp van het Ecovat energie systeem voor de Trekvlietzone toegelicht. Voor een uitgebreide toelichting en argumentatie van de ontwerpkeuzes, zie *Bijlage c: Toelichting ontwerpkeuzes technisch ontwerp*.

Bij het ontwerp zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

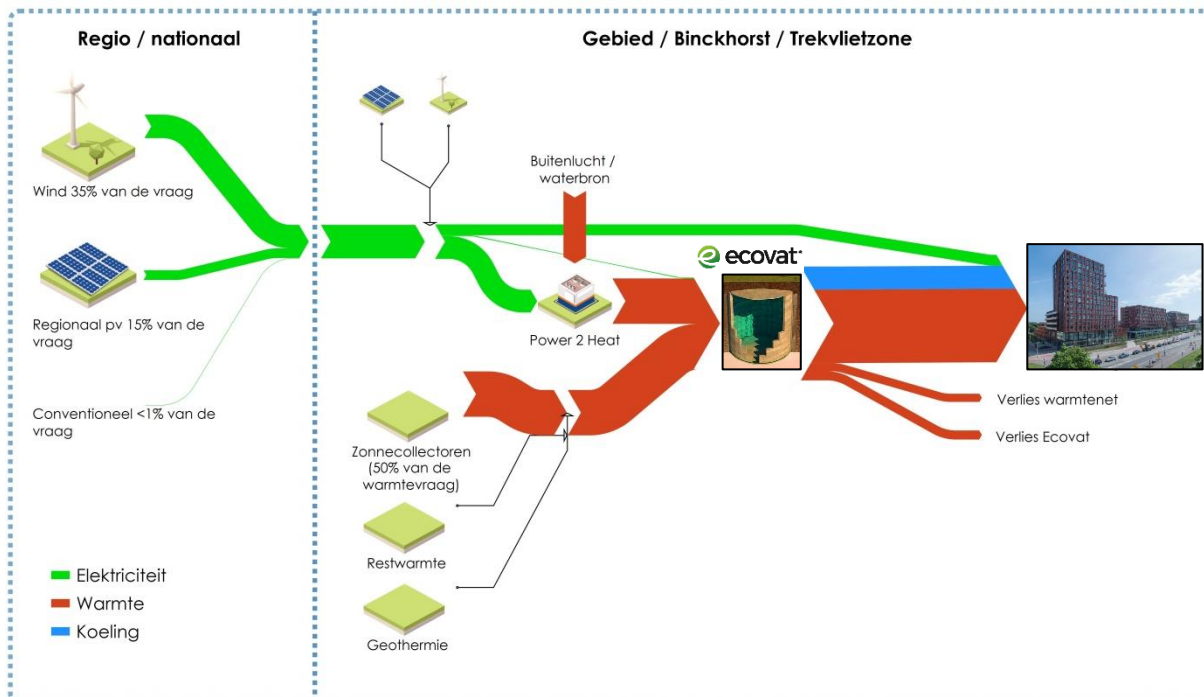
- 100% duurzame warmte en koude voorziening;
- *RIS295889 Projectdocument Trekvlietzone & RIS295889_Bijlage_Stedenbouwkundig_Plan_Trekvliet* (https://denhaag.raadsinformatie.nl/modules/13/overige_bestuurlijke_stukken/343676);
- *Beoogd leidingtracé op basis van Klic melding*;
- *Laag temperatuur afgiftesysteem ruimteverwarming (vloerverwarming)*;
- *10% verlies op het warmtenet (op jaarbasis over gehele warmtevraag)*;
- *10% verlies in het Ecovat (op jaarbasis over gehele warmtevraag)*;
- *Locatie van technische ruimte bij naastgelegen deelgebied 3a*;
- *Maximale benutting beschikbare dakoppervlakte van deelgebieden voor duurzame opwekking. Hoge zonnefractie van >50% van de warmtevraag t.b.v. grootschalige financiering*;
- *Technische ruimte per deelgebied*.



Figuur 40 Inpassing van het Ecovatsysteem



Figuur 41 Voorstel principe ontwerp leiding tracé warmte- koudenet.

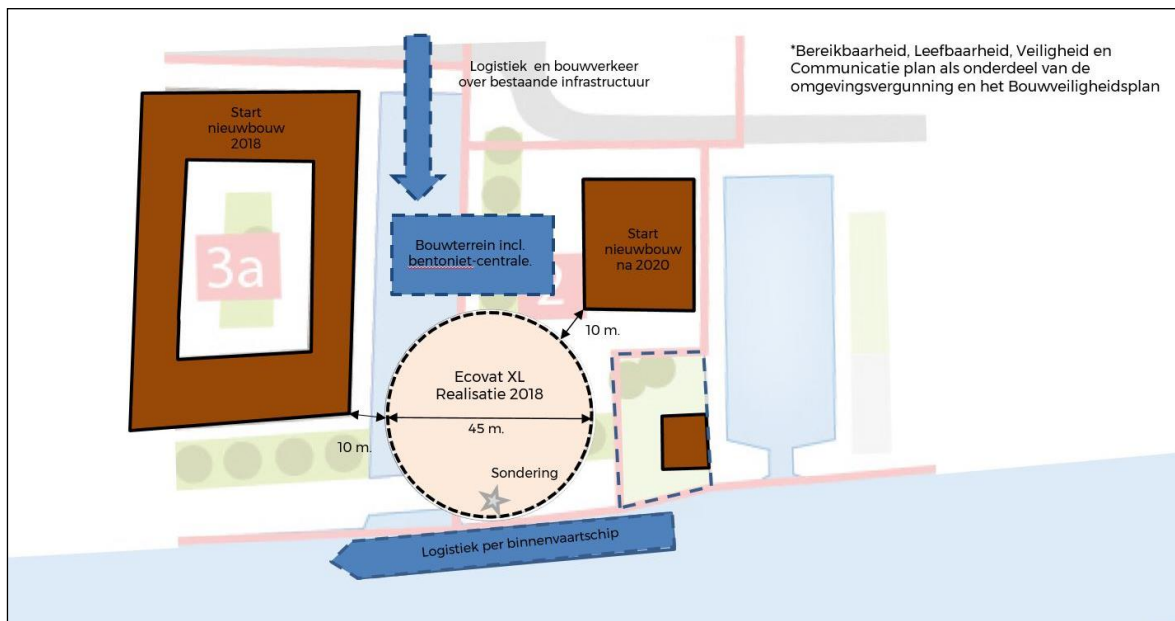


Figuur 42 Sankey diagram van de energiestromen (elektriciteit, warmte en koeling)

Toelichting op het energiediagram:

- Totale warmtevraag ca. 15.000 GJ;
- Hoge zonnefractie (aandeel zonnewarmte) >50% t.b.v. duurzaamheid en grootschalige projectfinanciering via Europese Investeringsbank;
- Overige 50% wordt opgewerkt met warmtepompen en weerstandsverwarming;
- De warmtepompen en weerstandsverwarming draaien gelijktijdig met de beschikbaarheid van duurzame energie op het net.
- Hiermee is de totale warmtevoorziening 100% duurzaam.

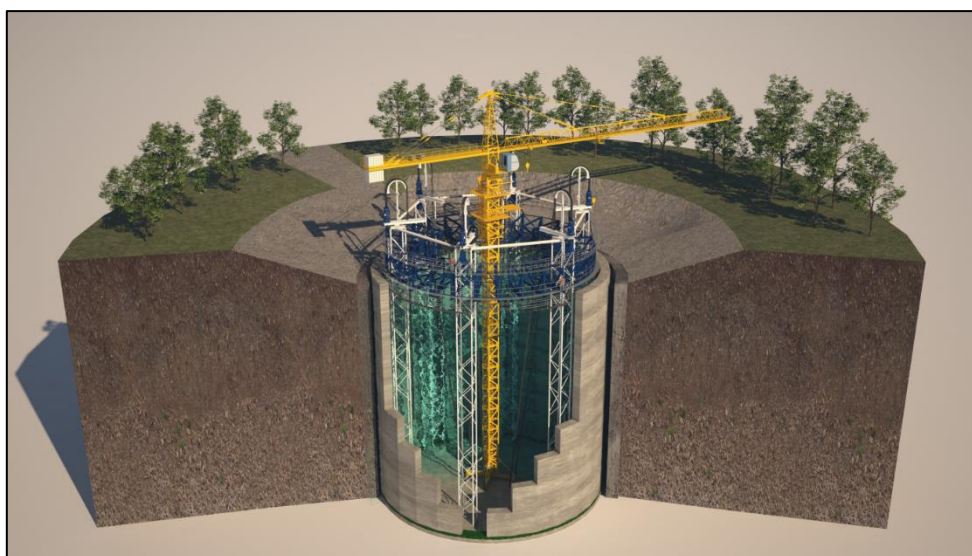
Door zoveel mogelijk warmte lokaal op te wekken op de beschikbare oppervlaktes met zonnecollectoren kan zowaar de hoogste duurzaamheid worden bereikt. Projecten met een hoge zonnefractie >50% van de warmtevraag hebben een veel grotere kans op grootschalige projectfinanciering van de Europese Investeringsbank. Het warmtenet krijgt hierdoor haar hoogst mogelijke duurzaamheid (gecertificeerd met een EMG verklaring inclusief een zogenaamd Energetisch Opwekendement). Dit betekent een lagere EPC waarde voor alle aangesloten woningen.



Figuur 43 Inpassing Ecovat in het stedenbouwkundige plan Trekvlizetzone

“Het ontwerp van het Ecovat is 45 meter diameter en 43 meter diep.

Op basis van geotechnisch onderzoek kan deze op locatie gebouwd worden. Ecovat kan deze bouwen met dezelfde modulaire bouwelementen als waarmee kleinere systemen gebouwd worden. Dit resulteert in 45 elementen per laag en 12 lagen diep. De ligging aan het kanaal biedt economisch en ecologisch potentie voor de logistiek tijdens de bouw.“



Figuur 44 Voorbeeld van bouw van een Ecovat L met een doorsnede van 30 meter.

6 Financieel ontwerp

6.1 Aanpak: Terugverdientijd of financieel rendement?

Bij de aankoop van een Ecovat door een systeemafnemer wordt steevast gesproken over “wat is de terugverdientermijn” van het Ecovat, terwijl bij rendement wordt gedacht aan “hoeveel rendement levert mijn systeem ten opzichte van andere systemen”.

Door de term “terugverdientijd” te gebruiken wordt de nadruk op de korte termijn gelegd. Als ik mijn aankoopsom maar terugverdiend heb, is het goed. Dit terwijl het Ecovat zijn rendement ook op lange termijn kan leveren, zowel financieel als maatschappelijk. Het kopen van een Ecovat is een investering in de toekomst.

Bij investeringen wordt gesproken over rendement. Hoeveel rendement levert de verhuur van onroerend goed op? Wat is het rendement op mijn spaargeld? Dit doen we ook bij het Ecovat. Wat is het financieel rendement van Ecovat?

Het rendement voor de eindgebruiker/eigenaar van de woningen is het realiseren van een 100% duurzaam, toekomstbestendig en betrouwbaar binnencomfort in de aangesloten panden tegen betaalbare prijzen.

Het rendement vanuit het oogpunt van de investeerder/financier is te meten in een Internal Rate of Return (IRR) Passend bij de financiering van een dergelijk infrastructureel project.

6.2 Voorstel projectontwikkelaar

Om tot realisatie te komen van een 100% duurzaam systeem biedt de DDE BV:

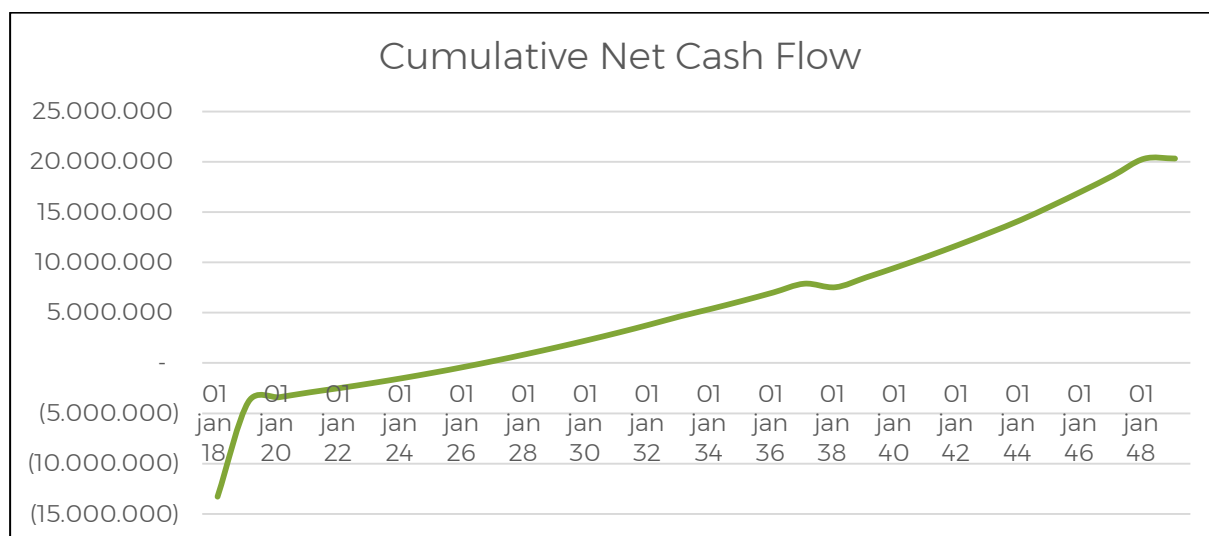
- Volledige ontzorging van het energiesysteem;
- Vermeden investeringskosten in energievoorziening;
- Vermeden investeringskosten voor behalen EPC norm met EMG verklaring⁵;
- Zeer duurzame, waardevolle en toekomstbestendige gebiedsontwikkeling.

Om tot realisatie te komen van een 100% duurzaam systeem vraagt de DDE BV:

- Aansluitbijdrage van € 10.500 / woning;
- Technische ruimte beschikbaar per deelgebied;
- Dakoppervlak beschikbaar voor maximale opwekking van lokale duurzame warmte.

6.3 Voorstel investeerder

- Netto investering ca. € 4,1 mio;
- IRR > 6% (post tax);
- Laag risico, en veel upside opties naar de toekomst.



⁵ Investeringskosten voor gestapelde bouw van EPC 0,4 naar BENG varieert van €107 tot €126 per m². Zie "BENG gestapelde bouw - Nieman Raadgevende Ingenieurs B.V., 2017".

6.4 Investeringsoverzicht

Systeem	Jaar	Afschrijvings- termijn	Ecovat	WKO
WKO installatie (bronnen + regeneratie)	2019	20		€ 2.624.600
Herinvestering WKO	2039	20		€ 1.950.000
Zonnecollectoren	2019	30	€ 2.664.000	
Ecovat XL (+/- 20%)	2019	30	€ 6.000.000	
Warmtenet	2019	30	€ 600.000	€ 600.000
Weerstandsverwarming	2019	20	€ 101.000	
Her. Weerstandsverwarming	2039	20	€ 111.000	
Warmtepompen	2019	20	€ 593.930	
Her. Warmtepompen	2039	20	€ 441.275	
Installatie	2019	20	€ 989.220	
Her. Installatie	2039	20	€ 735.000	
Afleverzet + booster WP	2019	30	€ 2.312.000	€ 2.312.000
Onvoorzien	2019	30	€ 28.000	€ 28.000
Totaal	2019		€ 13.288.000	€ 5.565.000
Aansluitbijdrage	2019		€ 9.187.500	€ 2.625.000
Evt. Subsidie opslag	2019		-	-
Netto investering	2019		€ 4.100.650	€ 2.940.000

6.5 OpEx

6.5.1 Variabelen

Variabelen	Beginjaar	Eenheid	Ecovat	WKO
Elektriciteit verbruik	2019	MWh	887	2.273
Elektriciteit inkoop	2019	€ / MWh	€ 26,41	€ 40,00
Elektriciteit netwerkkosten	2019	€ / MWh	€ 26,00	€ 26,00
Elektriciteit belastingen	2019	€ / MWh	€ 14,00	€ 14,00
CO2 uitstoot	2019	ton / jaar	0	837
CO2 belasting	2020	€ / ton	€ 22,00	€ 22,00

6.5.2 OpEx 2019

	Jaar	Opex Ecovat	Opex WKO
Energie:			
Elektriciteit voor warmtepompen en boilers	2019	€ 59.403,33	€ 187.322,67
Elektriciteit voor pompenergie	2019	€ 1.206,00	€ 1.236,00
CO2 uitstoot	2019	€ -	€ -
Klantservice:			
Facturatie	2019	€ 24.062,50	€ 24.062,50
Datacollectie	2019	€ 4.375,00	€ 4.375,00
Incasso en administratie	2019	€ 13.125,00	€ 13.125,00
Organisatie:			
Exploitiemanagement	2019	€ 43.750,00	€ 43.750,00
Management DDE BV	2019	€ 15.000,00	€ 15.000,00
Ecovat slimme sturing	2019	€ 20.000,00	€ -
Diversen:			
Verzekeringen (% van investeringen)	2019	€ 27.370,26	€ 8.061,48
Leges	2019	€ 2.500,00	€ 2.500,00
Telecom	2019	€ 2.000,00	€ 2.000,00
Accountant	2019	€ 2.000,00	€ 2.000,00
Onderhoud:			
Onderhoud	2019	€ 123.064,78	€ 100.234,54
Totaal	2019	€ 337.856,87	€ 403.667,18

6.5.3 OpEx 2034

	Jaar	Opex Ecovat	Opex WKO
Energie:			
Elektriciteit voor warmtepompen en boilers	2034	€ 68.678,21	€ 295.148,41
Elektriciteit voor pompenergie	2034	€ 1.334,55	€ 1.947,46
CO2 uitstoot	2034	€ -	€ 63.088,42
Klantservice:			
Facturatie	2034	€ 32.384,96	€ 32.384,96
Datacollectie	2034	€ 5.888,17	€ 5.888,17
Incasso en administratie	2034	€ 17.664,52	€ 17.664,52
Organisatie:			
Exploitiemanagement	2034	€ 58.881,74	€ 58.881,74
Management DDE BV	2034	€ 20.188,03	€ 20.188,03
Ecovat slimme sturing	2034	€ 26.917,37	€ -
Diversen:			
Verzekeringen (% van investeringen)	2034	€ 36.836,76	€ 10.849,69
Leges	2034	€ 3.364,67	€ 3.364,67
Telecom	2034	€ 2.691,74	€ 2.691,74
Accountant	2034	€ 2.691,74	€ 2.691,74
Onderhoud:			
Onderhoud	2034	€ 165.628,99	€ 134.902,49
Totaal	2034	€ 443.151,43	€ 649.692,03

6.6 Inkomsten

6.6.1 Variabelen

Inkomsten	Beginjaar	Eenheid	Ecovat	WKO
Verkoop warmte	2019	GJ	15.840	15.840
Verkoop warmte prijs	2019	€ / GJ	€ 18,75	€ 18,75
Verkoop koude	2019	GJ	5.145	5.145
Verkoop koude prijs	2019	€ / GJ	€ 9,00	€ 9,00
Vastrechtaansluitingen	2019	Aantal	875	875
Vastrecht warmte + koude + meten	2019	€ / jaar	€ 398,85	€ 398,85
SDE+ zonnecollectoren	2019	€ / jaar	€ 118.353	€ 0,00
Congestiemangement	2025	€ / jaar	€ 4.614	€ 0,00
Onbalansmarkt	2019	€ / jaar	€ 4.687	€ 0,00

6.6.2 Inkomsten 2019

	Jaar	Inkomsten Ecovat	Inkomsten WKO
Levering warmte	2019	€ 310.068,00	€ 310.068,00
Levering koude	2019	€ 48.342,42	€ 48.342,42
Vastrecht warmte + koude + meten	2019	€ 364.349,48	€ 364.349,48
SDE+ zonnecollectoren	2019	€ 118.352,64	€ -
Congestiemangement	2019	€ -	€ -
Onbalansmarkt	2019	€ 4.686,89	€ -
Totaal	2019	€ 845.799,43	€ 722.759,90

6.6.3 Inkomsten 2034

	Jaar	Inkomsten Ecovat		Inkomsten WKO	
Levering warmte	2034	€	591.513,18	€	591.513,18
Levering koude	2034	€	92.222,28	€	92.222,28
Vastrecht warmte + koude + meten	2034	€	695.065,33	€	695.065,33
SDE+ zonnecollectoren	2034	€	-	€	-
Congestiemangement	2034	€	6.210,02	€	-
Onbalansmarkt	2034	€	6.307,94	€	-
Totaal	2034	€	1.391.318,76	€	1.378.800,80

6.7 Indexaties

Indexatie	Beginjaar	Ecovat % p.a.	WKO % p.a.
Inflatie	2019	2,00	2,00
Elektriciteit inkoop	2019	-1,00	4,00
Elektriciteit netwerkkosten	2019	2,00	2,00
Elektriciteit belastingen	2019	2,00	2,00
Warmte prijs	2019	4,40	4,40
Koude prijs	2019	4,40	4,40
Vastrecht warmte & koude	2019	4,40	4,40
CO2 belasting	2020	8,00	8,00

6.8 Toelichting kosten, inkomsten en trends

De verschillen tussen Ecovat en WKO zitten in de CapEx, Opex en inkomsten. De CapEx is vandaag al bekend maar de trend van veel van de Opex en inkomsten zijn nog gedeeltelijk onduidelijk voor de toekomst. Samen met DNV-GL kijken we in detail naar toekomstverwachtingen met modellen en rapporten.

6.8.1 Elektriciteit inkoop

Rond 50% van de warmte wordt opgewekt door de zonnecollectoren. De kosten voor deze warmte zit in de investering en een deel in de onderhoudskosten. De overige 50% van de warmtebehoefte wordt opgewekt door de warmtepompen. Deze zijn bij het Ecovat systeem gedimensioneerd op minder dan 2000 vollasturen. Zoals toegelicht in 3.3 kan Ecovat goedkoop energie inkopen door de 2000 uren met

de laagste prijs in het jaar te nemen. WKO moet laden wanneer en behoefte is aan warmte en heeft dus niet de vrijheid om goedkoper in te kopen. Op basis van de elektriciteitsprijzen van 2015 had Ecovat elektra in kunnen kopen voor € 26,41 per MWh. De gemiddelde prijs van dat jaar was €40,00 per MWh dus dat is voor WKO aangenomen. Waarschijnlijk zal de prijs voor WKO nog iets hoger liggen, aangezien WKO haar energie met name in koude periodes van het net betreft.

Ten gevolge van de toename van zon en wind en de afname van het aandeel fossiel in de markt, zal de volatiliteit alleen maar toenemen. Demand response van andere marktpartijen zal groeien maar dit zal het effect maar deels mitigeren.

Door seizoensinvloeden zal de prijs bij de voortgaande energietransitie in de zomer extreem gaan dalen en in de winter extreem gaan stijgen, door de lagere benutting van de fossiele centrales of kosten van andere opslagsystemen.

6.8.2 *Stijgen verkoopprijs warmte*

In Nederland hebben we de warmtewet. Hierin is de warmteprijs vastgelegd. Deze prijs is gebaseerd op wat men normaliter zou betalen met een gasverwarming. De verwachting is dat deze wet aangepast zal worden. Vooral wanneer een steeds groter deel van Nederland geen gasverwarming meer heeft, zal dit niet meer de benchmark blijven.

De overheid heeft de verwachte kosten voor huishoudens ingeschat op deze website <http://energiekostenprognose.nl>. Op basis van deze verwachtingen kan worden berekend dat een gemiddelde woning met een B-label een kostenstijging kan verwachten van 4,4% per jaar (inclusief inflatie). De business case rekent daarom met de prijs uit de warmtenet met een stijging van 4,4%. Deze inkomsten zijn hetzelfde bij de WKO variant.

6.8.3 *Inkomsten congestiemanagement*

Congestiemanagement is nu nog niet in de markt aanwezig. De netwerkbeheerders zijn echter wel op zoek naar het mogelijk maken van congestiemanagement. Ecovat verwacht hier een korting op de transportkosten te kunnen realiseren van 20% (dus 20% van ca. € 26 per MWh) vanaf 2025. Dit heeft geen grote impact op de business case maar wel een mooie potentiële upside voor de aandeelhouder.

6.8.4 *Inkomsten onbalansmarkt*

Ecovat koopt elektra in op de APX markt (day-ahead). Op het moment van de levering van deze elektra kan Ecovat een keuze maken:

1. De ingekochte elektra omzetten in warmte en/of koude;
2. De ingekochte elektra doorverkopen op de onbalansmarkt wanneer de prijs op dat moment hoger is en daardoor een marge realiseren. Berekeningen op basis van 2015 laten zien dat Ecovat hierdoor een extra korting van 20% op de inkoopprijs kan realiseren.

6.8.5 Inkomsten aansluitbijdrage

De aansluitbijdrage van € 10.500 per woning levert direct een grote korting op de investering. In de huidige warmtenetten wordt een gemiddelde prijs van € 3.000 per woning gerekend. Dit zijn kosten die normaliter gemaakt zouden worden door een ontwikkelaar voor bijv. een gasaansluiting en gasketel.

Voor een aansluiting op het Ecovat komt hier tussen de € 5.000 en € 10.000 per woning bij. Dit is de spreiding van de waarde van de inkomsten en vermeden kosten van de ontwikkelaar.

Namelijk, door een aansluiting op de 100% duurzame warmte en koude voorziening kan een investering in het gebouw vermeden worden om de BENG norm te halen. Het warmtenet heeft namelijk een hoog Energetisch Opwekkendement met een EMG verklaring. Investeringskosten voor gestapelde bouw van EPC 0,4 naar BENG varieert van €107 tot €126 per m². Zie "BENG gestapelde bouw - Nieman Raadgevende Ingenieurs B.V., 2017".

Daarnaast heeft het vastgoed met een hoog duurzaamheidsprofiel een hogere marktwaarde, behoudt deze beter zijn waarde en is deze aantrekkelijker financieerbaar (hypotheekverstrekker).

De exacte waarde van de vermeden kosten en extra inkomsten verschilt per vastgoedontwikkeling. Vandaar de spreiding van € 5.000 en € 10.000. In dit rapport is het gemiddelde van € 7.500 aangenomen.

6.8.6 Mogelijke subsidie energieopslag

In de case is nog geen subsidie meegenomen voor energieopslag. Samen met EnergyStorageNL wordt in samenspraak met EZ gesproken over mogelijke "SDE subsidie voor opslag". Dit is dus nog een mogelijke upside.

7 Organisatie: Dienstverlening Duurzame Energie BV

In dit hoofdstuk is de visie beschreven van de organisatie van comfortleverantie van de Trekvlietzone in Den Haag via een 100% duurzaam energiesysteem.

De consument van de warmte en koude is meestal niet geïnteresseerd in de techniek maar in de effecten van de techniek. De inwoners van de Trekvlietzone willen een duurzaam en comfortabel binnenklimaat. Daarom ontzorgt DDE BV de klant en levert gewoon “Energy as a Service”. Een klein deel van de klanten zal geïnteresseerd zijn in de techniek of zelfs aandeelhouder van het systeem willen worden. Dit is ook mogelijk in DDE BV.

7.1 Inleiding

In dit Pre-Engineering proces worden een aantal aspecten van het beoogde duurzame energiesysteem naast elkaar ontworpen.

Uiteraard in de eerste plaats de technische aspecten. Maar met alleen techniek verwachten we echter niet een doorbraak te kunnen bewerkstelligen in de groei van 100% duurzame woonwijken. Even belangrijk is de leveringszekerheid van de warmte, koude en warm tapwater. En om die leveringszekerheid te kunnen waarborgen komen er aspecten van organisatorische aard en ook risicobeheersing en financiering om de hoek kijken.

Ten slotte: in belang boven de technische en organisatorische aspecten, staat de betrokkenheid van de eindgebruiker/bewoner van de wijk, voor wie het comfort in de woning voor een betaalbare prijs op de eerste plaats komt. De juiste mix tussen betaalbaarheid, leveringszekerheid, individuele comfortwensen, individuele invloed en betrokkenheid is de belangrijkste.

Duurzaam comfort via een Ecovat komt letterlijk de woonkamer in van de bewoner/eindgebruiker. Dit maakt dat het realiseren zijn/haar positieve betrokkenheid en invloed, cruciaal zijn.

Indien het gevoel ontstaat dat “de grote goede vader alles regelt en dat je daar blij om moet zijn”, is dat funest voor de acceptatie van iedere duurzame ontwikkeling en van de gasloze woonwijk in het bijzonder omdat comfort de persoonlijke levenssfeer direct raakt.

Uitgangspunten:

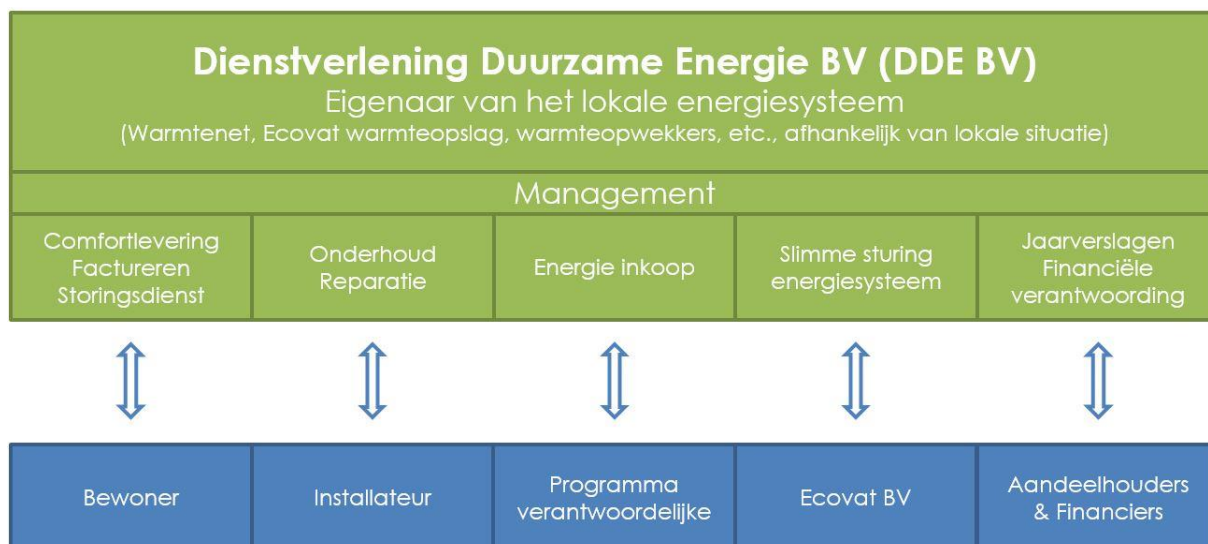
- Een 100% duurzaam energiesysteem voor de stadswijk “Trekvlizone”, voor zowel ruimteverwarming, ruimtekoeling en tapwater. Het systeem levert comfort (warmte, koude en tapwater), afgestemd op de individuele behoefte van de diverse bewoners;
- De comfortleveranties dienen zeker gesteld te zijn. Technische storingen dienen tot een minimum beperkt te zijn en zullen minder frequent zijn dan in bestaande systemen voor

warmte, koude en tapwater. Voor zover er storingen zijn, dienen deze door een vast technisch team snel te worden opgelost. Het technisch team dient daartoe 24 uur per dag bereikbaar te zijn, 365 dagen per jaar;

- Comfortleverantie mag niet in gevaar komen door economische en financiële risico's van de eigenaar van het systeem (DDE BV, zie onder structuur) of van de bestuurder van het systeem (Ecovat BV);
- Levering van warmte en koude wordt per individuele afnemer vastgelegd in "Service Level Agreements".

7.2 Structuur

Het gehele systeem, dat wil zeggen de warmte/koude -opwek apparatuur, het Ecovat thermisch opslagvat en het lokale warmtenet/koudenet zullen eigendom zijn van Dienstverlening Duurzame Energie BV (DDE BV), zie Figuur 45. Vanuit compliance en risico management wordt techniek geborgd door DNV-GL en de financiering door Rebel Group.



Figuur 45 Structuur van de DDE BV

7.3 Mogelijke eigendomsconstructies

Wij zien diverse mogelijkheden voor eigendomsconstructies:

1. De woningeigenaren in het gebied worden gezamenlijk eigenaar van de DDE BV. Groot voordeel van een dergelijke eigendomsstructuur is de betrokkenheid die het creëert bij de bewoners. Zij krijgen comfort geleverd met prijzen, gebaseerd op de warmtewet (niet meer dan anders), maar als DDE BV winst maakt krijgen ze dat middels dividend uitgekeerd;
2. Een of meer institutionele investeerders krijgen de aandelen in bezit als een belegging. Voorbeelden van Institutionele investeerders, waarmee Ecovat momenteel in overleg is hierover

zijn: EIB / Innovfin, Samag/Sweco, Stichting Doen, SUSI, Europese Investeringsbank, Nederland Investerings Agentschap (NIA), Provinciale energiefondsen, Bank Nederlandse Gemeenten, Energie Transitiefonds, etc.;

3. Een combinatie van 1 en 2. Bijvoorbeeld: de bewoners krijgen het eerste recht op de aandelen, waarbij degenen die daar liever van af zien, niet verplicht worden. Om te voorkomen dat een kleine groep bewoners een onevenredig groot deel van de investering moet doen wordt een combinatie gemaakt met institutionele investeerders.

7.4 Financiering

Bij de vraag om externe financiering (achtergestelde leningen (junior debt) of normale leningen (Senior debt) zijn een aantal criteria van belang:

1. **Solvabiliteit:** Een te financieren onderneming moet voldoende eigen vermogen hebben om eventuele financiële tegenvallers zelf op te kunnen vangen. De solvabiliteit is de verhouding tussen het aansprakelijk vermogen (aandeelhouders/junior debt) en vreemd vermogen (senior debt). Een BV in een infrastructurele omgeving, zoals DDE BV heeft in de huidige markt om extern financierbaar te zijn een aansprakelijk vermogen nodig van ca 20-30% van het balanstotaal;
2. **Cash-genererend vermogen:** De verwachting moet gerechtvaardigd zijn dat de te verstrekken leningen uit de normale bedrijfsvoering kunnen worden "geserviced" (rente betalen en leningen aflossen). Het voordeel van een onderneming als DDE BV is dat de afnemers bekend zijn en een redelijk voorspelbare behoefte aan warmte en koude hebben (kleine schommeling door een strenge of zachte winter). De energiekwaliteit van de aangesloten panden is bekend en de verwachte energie-afname eveneens. De toekomstige kasstroom is dus tot op zekere hoogte redelijk zeker;
3. **Kwaliteit van het management:** De externe financier zal zich ervan willen vergewissen dat het management van DDE BV, op grond van opleiding en ervaring in staat moet worden geacht het bedrijf goed te leiden. Het management dient dus zorgvuldig te worden uitgekozen (zie paragraaf over management);
4. **Zekerheden:** Als laatste zullen zekerheden een criterium zijn. Dit criterium komt overigens pas aan bod als de andere genoemde criteria positief zijn bevonden. Een extern financier van senior debt wil bij een onverhoopt financieel debacle niet achteraan, maar vooraan staan bij de verdeling van resterende waarden. Als een financieel debacle te verwachten is zal überhaupt geen financiering worden verstrekt, dus het is geen criterium om van te schrikken. Mogelijk zekerheden zijn bij DDE BV bijvoorbeeld een pandrecht op de vorderingen uit hoofde van facturen voor comfortleveranties aan de bewoners.

Ecovat is ook over externe financiering van dit soort projecten in overleg met deels dezelfde partijen als genoemd bij het eigen vermogen: Samag/Sweco, Stichting Doen, SUSI, Europese Investeringsbank, Nederland Investerings Agentschap (NIA), Provinciale energiefondsen, Bank Nederlandse Gemeenten,

Energie Transitiefonds, diverse handelsbanken etc. Daarnaast liggen er, zeker in deze duurzame energiesector ook uitstekende mogelijkheden op het vlak van crowd funding.

7.5 Management

DDE BV dient een adequaat management te hebben. Taken voor dit management zijn bijvoorbeeld:

1. Communicatie met de eindgebruikers/bewoners;
2. Het afsluiten van een passend besturingscontract met Ecovat voor het slim sturen van het energiesysteem;
3. Het afsluiten van service level agreements met de bewoners/afnemers van comfort;
4. Energie inkoop dient te geschieden via een programmaverantwoordelijke;
5. Facturering. Het versturen van facturen voor geleverde comfort aan de bewoners;
6. Debiteurenbeleid. Inning van de facturen;
7. Technisch onderhoud. Het technisch werkbaar houden en/of repareren van de apparatuur bij storingen. Hiervoor zullen afspraken worden gemaakt met lokale installatiebedrijven en met de onderhoudsploeg van Ecovat;
8. Het opstellen van jaarverslagen en afleggen van financiële verantwoording aan de aandeelhouders. Bijvoorbeeld het houden van jaarvergaderingen;
9. Contact met financiers, afsluiten van financieringscontracten en het nakomen van de verplichtingen daaruit.

In de markt zijn diverse professionele partijen actief op het gebied van management voor Energie Service Companies. Zie bijvoorbeeld <http://www.esconetwerk.nl>. Deze partijen zijn in staat prima managementdiensten te verlenen. Zij beschikken over gekwalificeerde mensen en over de benodigde software om alle taken uit te voeren. Aangezien zij met een beperkte mankracht vele Energie Service Companies parallel kunnen bedienen, blijft de betaalbaarheid binnen de perken.

7.6 Technische risico's

Het systeem is ontworpen om warmte, koude en warm tapwater te leveren naar behoefte per individuele bewoner. Uiteraard is er een risico op storing op het elektrisch net of technisch haperen van apparatuur (warmtepomp, circulatiepompen, kleppen etc.) Dit risico is echter beduidend lager dan bij individuele (of blok-) systemen. Immers in geval van storing aan de warmtepomp wordt deze voor de reparatieperiode buitenwerking gesteld, terwijl de warmte en koude leverantie gewoon kan worden voortgezet, aangezien het Ecovat opslagvat voldoende voorraad heeft. Bij storing aan circulatiepompen of kleppen zal wellicht een kleine hapering in de leverantie optreden, maar gezien de 24 uren service van het technisch team binnen het management van DDE BV zal het snel zijn verholpen. Circulatiepompen, kleppen en dergelijke betreffen standaard materialen, die bij elk installatiebedrijf op voorraad aanwezig zijn.

Bij externe storingen zal Ecovat gewoon kunnen doorgaan met leveren. Storing in de gasleverantie heeft geen invloed omdat gas geen energiebron is in het systeem, storing in het elektrisch net kan eenvoudig

worden opgelost door een elektrische opslag (batterij) of kleine generator in de investering mee te nemen. Tijdens een storing op het elektrisch net, zal geen warmte of koude worden opgewekt, maar met behulp van een batterij of kleine generator kan voldoende in eigen elektrische energie worden voorzien voor de circulatiepompen en kleppen. Met behulp van betrekkelijk weinig aandrijfenergie voor de circulatiepompen en kleppen, kan de levering van warmte en koude uit voorraad gewoon worden voortgezet.

7.7 Financiële risico's:

Financiële risico's kunnen zich zowel intern als extern voordoen:

Intern: DDE BV kan te hoge kosten maken in relatie tot de opbrengsten en uiteindelijk zelfs failliet gaan. In de eerste plaats is het de verantwoordelijkheid van het management van DDE BV dit te voorkomen door een verstandig beleid te voeren.

Extern: De slimme sturing van het energiesysteem middels een besturingscontract met Ecovat is een cruciaal element in de continuïteit van de comfortleveranties. Mocht Ecovat in financiële problemen komen, dan zou de besturing in het uiterste geval kunnen wegvallen en zal de leverantie van warmte koude en tapwater in gevaar kunnen komen.

Er zullen door Ecovat maatregelen worden genomen, die dit voorkomen. In overleg met externe juristen wordt gezocht naar de oplossing, waarbij momenteel wordt gedacht aan de volgende onderdelen:

1. Het besturingssysteem, de octrooien, de besturingscontracten worden ondergebracht in een speciale BV binnen het Ecovat concern, waarbij wordt vastgelegd en gegarandeerd, dat deze bv geen financiële risico's mag lopen (geen deelname aan handelsverkeer, geen aansprakelijkheidsmogelijkheden naar en van andere BV's uit het Ecovat Concern (ook geen fiscale eenheid);
2. Een overeenkomst zal worden gesloten met een derde partij (buiten het Ecovat concern), die zowel technisch als financieel in staat is de besturing van het lokale systeem op elk moment van Ecovat over te nemen. Zij moet daartoe kunnen beschikken over de juiste licenties, toestemming van alle partijen etc.

8 Resultaten en Next step

8.1 Resultaten

- ✓ Een 100%⁶ duurzame warmte en koude voorziening is nu mogelijk en financieerbaar voor de Trekvlietzone;
- ✓ Technisch ontwerp is geoptimaliseerd voor de gehele warmte en koudevoorziening: opwek, opslag, distributie en afgifte, zie hoofdstuk 5;
- ✓ Aantrekkelijk financieerbaar voor aandeelhouders, zie hoofdstuk 6;
- ✓ Opzet van DDE BV voor het ontzorgen van ontwikkelaars en gebruikers, zie hoofdstuk 7;
- ✓ Een zeer duurzaam warmtenet en dus een zeer lage EPC waarde voor het vastgoed, en dus zeer duurzame, waardeverste en toekomstbestendige gebiedsontwikkeling.

Het resultaat van de haalbaarheidsstudie voor de Gemeente Den Haag voor de toepassing van een Ecovat systeem is een ontwerp en routepad van een 100% duurzaam systeem dat realiseerbaar is, financieerbaar is en voldoet aan de randvoorwaarden van de betrokken stakeholders.



Figuur 46 Overzicht van de benoemde randvoorwaarden die opgehaald zijn in de workshop.

⁶ Zie hoofdstuk 3.1 voor de 100% duurzaamheidsdefinitie.

8.2 Propositie voor Ontwikkelaar

Om tot realisatie te komen van een 100% duurzaam systeem biedt de DDE BV:

- Volledige ontzorging van het energiesysteem;
- Vermeden investeringskosten in energievoorziening;
- Vermeden investeringskosten voor behalen EPC norm met EMG verklaring⁷;
- Zeer duurzame, waarde vaste en toekomstbestendige gebiedsontwikkeling.

Om tot realisatie te komen van een 100% duurzaam systeem vraagt de DDE BV:

- Aansluitbijdrage van € 10.500 / woning;
- Technische ruimte beschikbaar per deelgebied;
- Dakoppervlak beschikbaar voor maximale opwekking van lokale duurzame warmte.

8.3 Next step

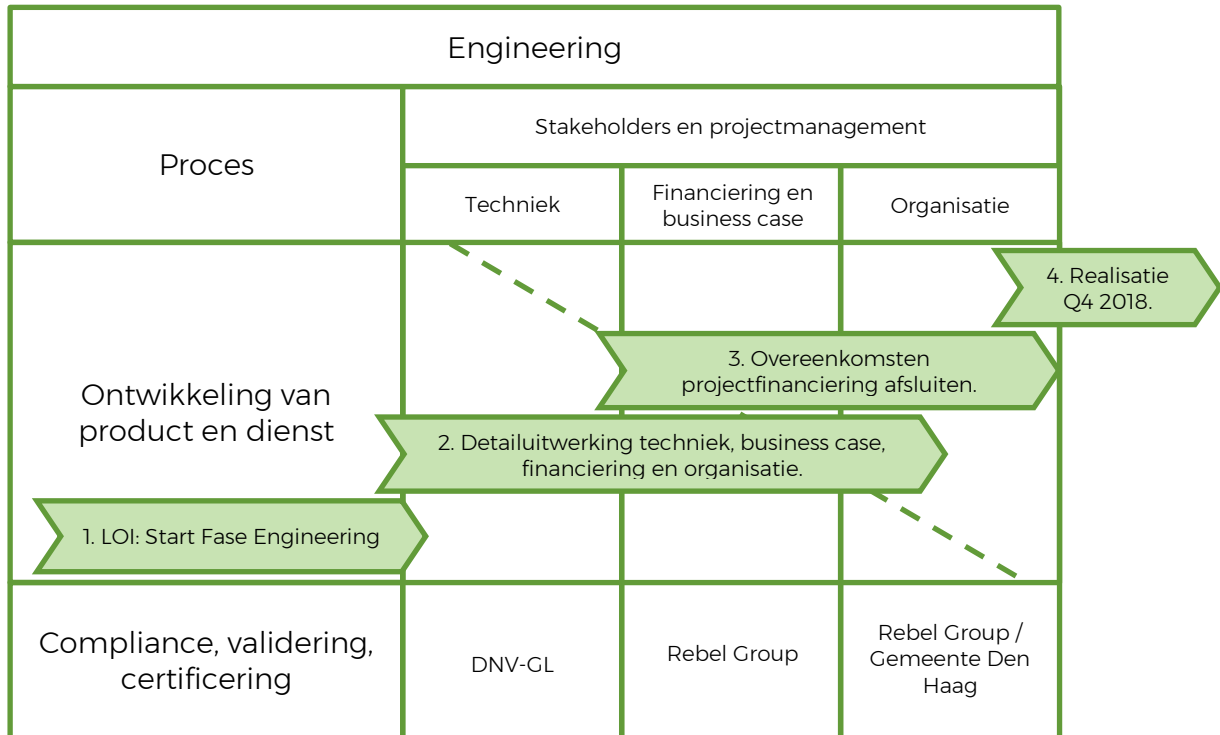
Om tot realisatie te komen stelt Ecovat voor om, net als in de andere lopende projecten, samen met de Gemeente Den Haag een Letter of Intent (LOI) op te stellen onder opschortende voorwaarden (zie bijlages voor reeds ondertekende LOI's voor een indruk van zulke voorwaarden). De opschortende voorwaarden kunnen geheel vrij door de Gemeente Den Haag worden opgesteld. Het doel is om vervolgens samen, stap voor stap met de overige stakeholders, aan deze opschortende voorwaarden te gaan voldoen en tot realisatie te komen.

De LOI is daarmee de start van de Engineeringsfase. In de Engineering zal Ecovat samen met de Gemeente Den Haag het Ecovat systeem toelichten aan de vastgoedontwikkelaars. Na de informatieoverdracht kan de unieke propositie voorgelegd worden voor een 100% duurzame warmte en koude voorziening, zodat de maximale duurzaamheidsprestatie behaald kan worden. Het doel is om zoveel mogelijk ontwikkelaars, zo niet alle, te laten participeren.

Het Engineeringsproces heeft 4 mijlpalen:

1. Letter of Intent: Start Fase Engineering;
2. Detailuitwerking techniek, business case, financiering en organisatie;
3. Overeenkomsten: techniek, financiering en organisatie. Definitief ontwerp DDE BV;
4. Realisatie: start bouwproces Q4 2018.

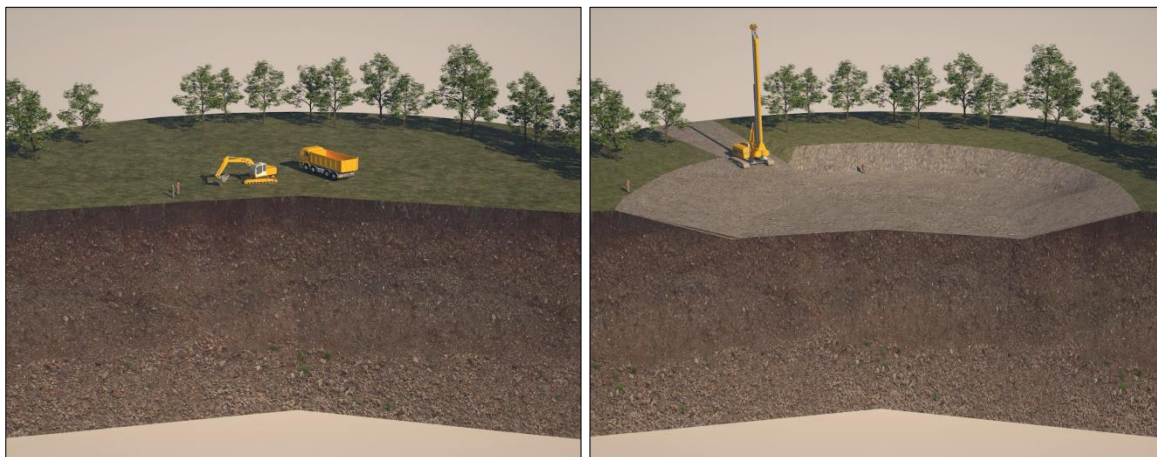
⁷ Investeringskosten voor gestapelde bouw van EPC 0,4 naar BENG varieert van €107 tot €126 per m². Zie "BENG gestapelde bouw - Nieman Raadgevende Ingenieurs B.V., 2017".



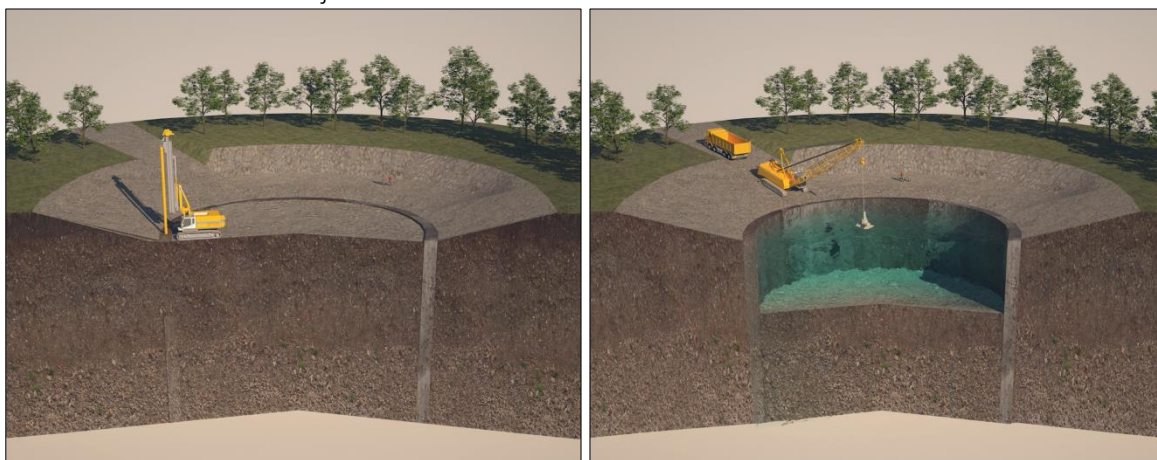
Figuur 47 Schematisch overzicht van de Next step: Het Engineeringsproces

9 Bijlage a: Toelichting op bouwmethode

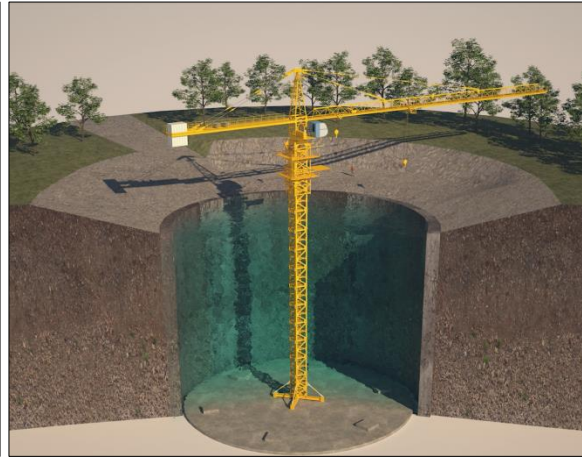
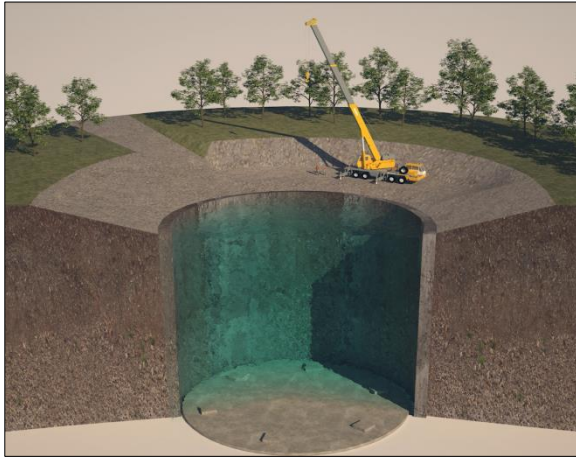
Door de ervaringen en kennis die opgedaan zijn in tijdens de realisatie van het Ecovat in Uden, is er een doorontwikkeling gemaakt in de bouwmethode. In onderstaande afbeeldingen is de nieuwe bouwmethode in stappen toegelicht. Een aantal stappen kunnen afhankelijk van de inpassing evt. afwijken. Zo kan de buitenwand (stap 3) ook met een andere methode gemaakt worden zoals met een diepwand. En het uitgraven (stap 4) kan ook door het zand er uit te zuigen i.p.v. te graven.



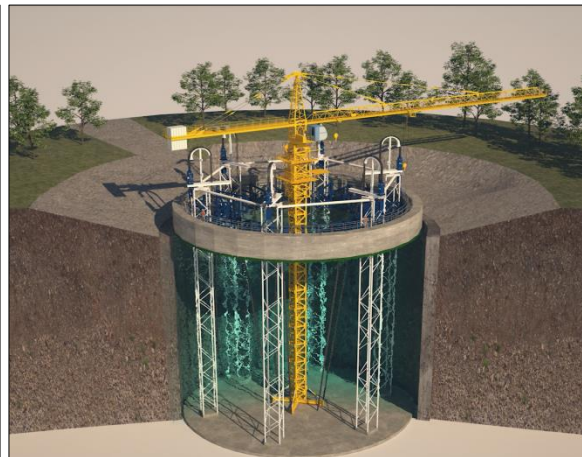
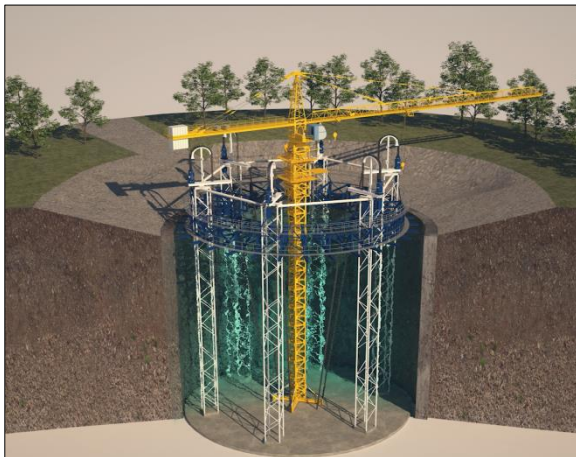
1. Bouwplaats wordt voorbereid.
2. De teelaarde wordt verwijderd.



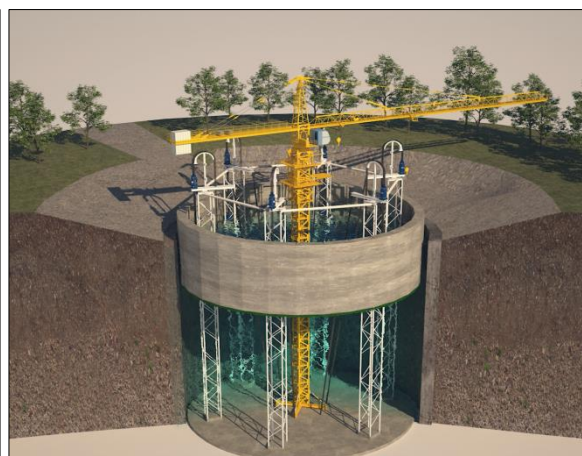
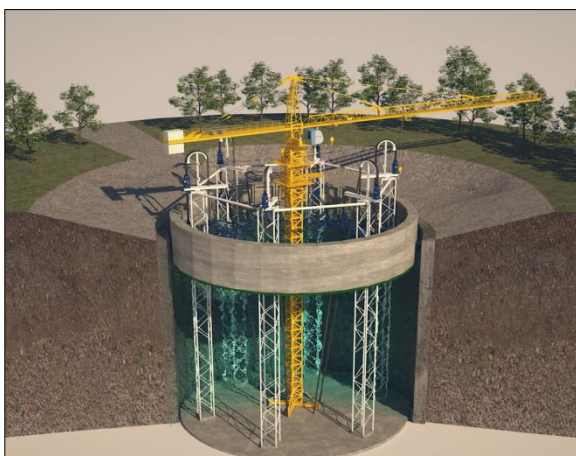
3. De ruwe constructieve buitenwand wordt met de soilmix methode in de grond aangebracht.
4. Het vat wordt uitgegraven waardoor het vat zich vanaf onderen vult met grondwater.



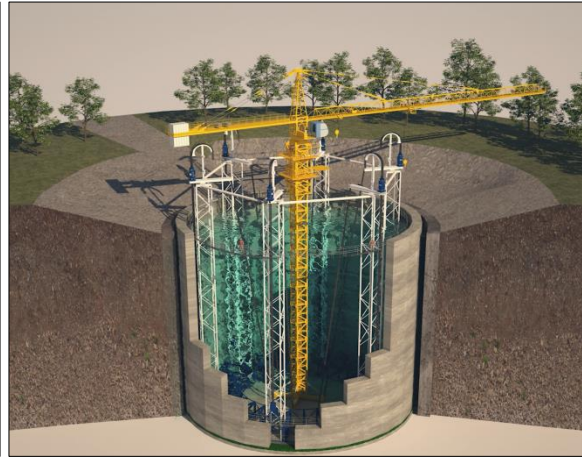
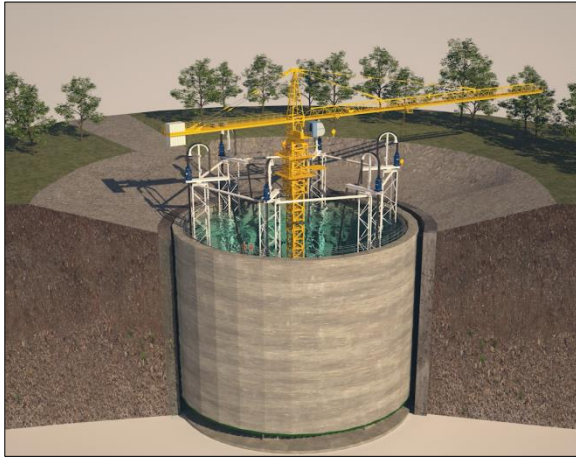
5. Wanneer het graven is voltooid, wordt er een bodem in het vat gestort. Het is nu een gesloten systeem.
 6. Een kraan wordt in het midden van het vat op de betonnen fundering geplaatst.



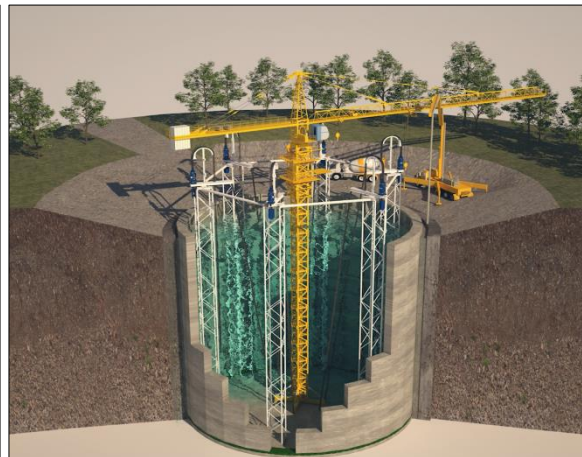
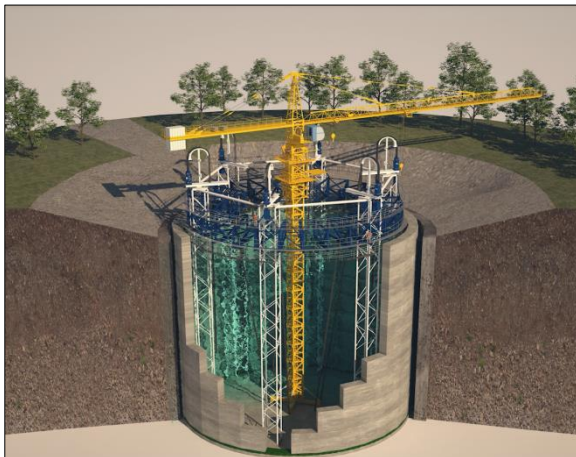
7. Een tweede constructie wordt gebruikt om de geprefabriceerde wandelementen te laten zakken. Dit is een zgn. strand jack system wat doorgaans ook in de offshore gebruikt wordt.
 8. De kraan plaatst de elementen op het strand jack system en een volledige ring wordt langzaam afgezonken in het water.



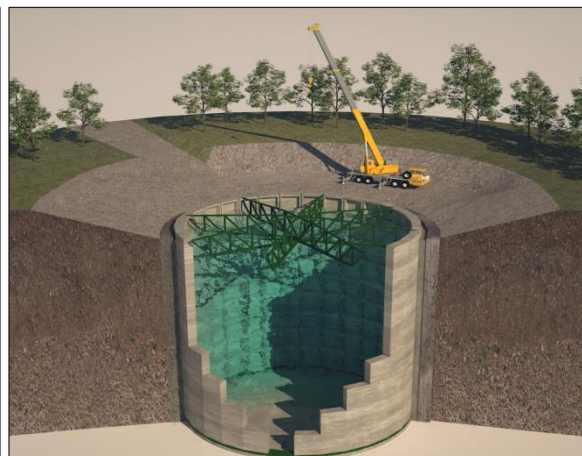
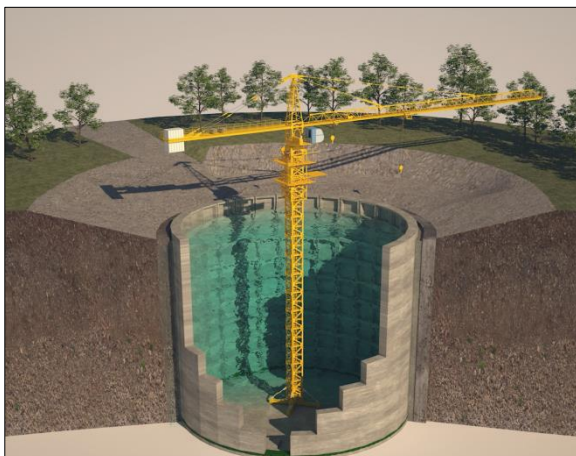
9. Nadat de eerste ring is afgezonken, wordt de volgende ring er door de kraan op geplaatst.
 10. De opwaartse kracht van het isolatiemateriaal (vast aan de betonnen elementen) reduceert de neerwaartse kracht van de elementen op het strand jack system.



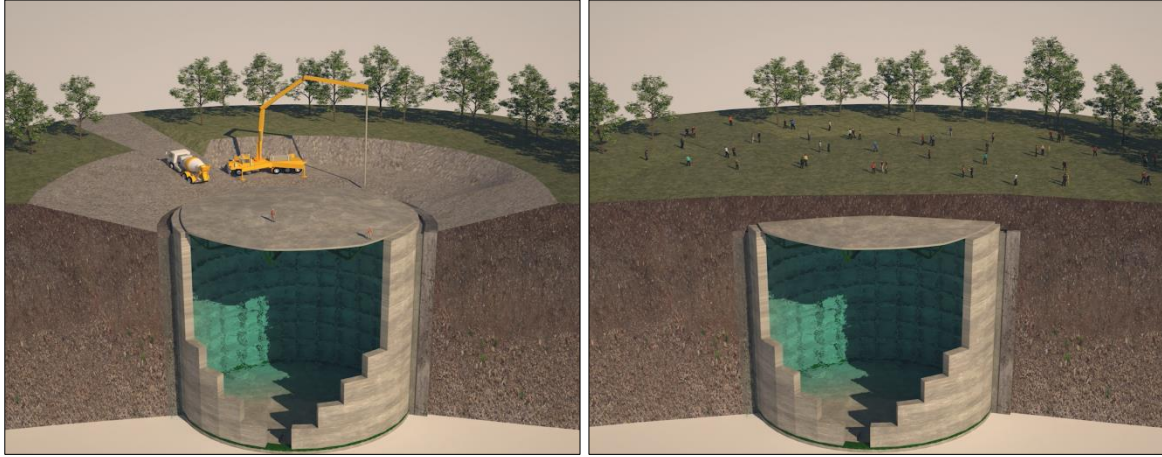
11. Deze bouwmethode zorgt er voor dat het ruimtegebruik om het vat minimaal is tijdens de bouw.
 12. Wanneer de laatste ring is toegevoegd, wordt de wand op de betonnen fundering geplaatst.



13. Het strand jack system wordt omhoog gehaald.
 14. Beton wordt in de spouw gestort tussen de buitenwand en de binnenwand. Hierdoor wordt de binnenwand gefixeerd.



15. De kraan wordt gedemonteerd.
 16. Een vakwerkconstructie wordt op de bovenste ring geplaatst.



17. De betonnen deksel elementen worden geplaatst en bevestigd.

18. Tot slot wordt de isolatie op het dak aangebracht en kan de grond afgewerkt worden. Het geheel kan worden aangeplant of bijv. bestraat worden voor een parkeerplaats.

10 Bijlage b: Beknopt overzicht van de Europese elektriciteitssector

Om een beknopt overzicht van de Europese elektriciteitssector te geven, worden een aantal onderdelen kort beschreven. Om te beginnen worden een aantal relevante actors en hun rollen uitgelegd. Daarna worden de elektriciteitsmarkten geïntroduceerd. Als derde zal het concept flexibiliteit uitgelegd worden, en tot slot wordt dit overzicht samengevat.

Het is zaak in het achterhoofd te houden dat elektriciteit, in tegenstelling tot andere goederen, niet opgeslagen kan worden. Daarnaast is het technisch niet eenvoudig om grote hoeveelheden elektriciteit in real-time om te zetten in alternatieve energievormen (bijvoorbeeld chemische of potentiële energie). Als een gevolg hierop, moet op het elektriciteitsnet te allen tijden een balans tussen vraag en aanbod bestaan [1].

10.1 Actors

De elektriciteitssector onderscheidt een aantal verschillende actors, ieder met hun eigen rol en verantwoordelijkheden. Om een beter begrip te krijgen in de opzet van de elektriciteitsmarkten, worden de vier belangrijkste actors omschreven.

Transmission system operators: Transmission system operators (TSOs) zijn verantwoordelijk voor de vermogensbalans binnen hun respectievelijk operationeel gebied. De Europese elektriciteitssector kent 41 TSOs, verspreid over 34 landen. Typisch zijn de TSOs verantwoordelijk door de hoogspanningsnetten binnen hun operationeel gebied. Voor Nederland zijn dit de 110kV, 150kV, 220kV en 380kV netten [2].

Er worden drie fases van bedrijfsvoering onderscheiden, namelijk operationele planning (voorafgaand aan real-time), bedrijfsvoering (real-time) en settlement (na real-time). Gedurende de operationele planning worden alle ingediende markttransacties (zie sectie over elektriciteitsmarkten) geanalyseerd en gecontroleerd op mogelijke schending van netwerkbeperkingen. In de real-time fase wordt de vermogensbalans tussen vraag en aanbod gehandhaafd, met daarin meegenomen de veiligheidsmarges van het transmissienet. In de settlement fase worden de afwijkingen tussen geplande en daadwerkelijke markttransacties afgehandeld [2].

Distribution network operators: Distribution network operators (DNOs) zijn de netbeheerders verantwoordelijk voor de regionale distributienetten. Typisch zijn dit in Nederland de elektriciteitsnetten met een spanning tussen de 0,4kV en 50kV [3]. DNOs zijn verantwoordelijk voor de veilige bedrijfsvoering van de distributienetten binnen de veiligheidsmarges, en voor het voorzien van voldoende spannings- en stroomkwaliteit richting aangeslotenen [4].

Programmaverantwoordelijke partijen: Balancing responsible parties, of programmaverantwoordelijke partijen (PV partijen) zijn de marktpartijen verantwoordelijk voor hun eigen energiebalans gedurende een programma-tijdseenheid (PTE) en binnen het operationeel gebied van hun respectievelijke TSO [5].

PV partijen voorzien hun TSO dagelijks van een energieprogramma, met daarin een specificatie van alle energietransacties gedurende een PTE. Gezien vraag en aanbod in balans dienen te zijn, moet de som van alle transacties nul zijn. Het indienen van deze energieprogramma's gebeurt voorafgaand aan real-time. Hierna wordt een PV partij afgerekend op basis van zijn ingediende programma. Gedurende de settlement zal een PV partij verantwoordelijk voor een onbalans worden gelinkt aan de kosten hiervan, resulterend in een financiële transactie [2].

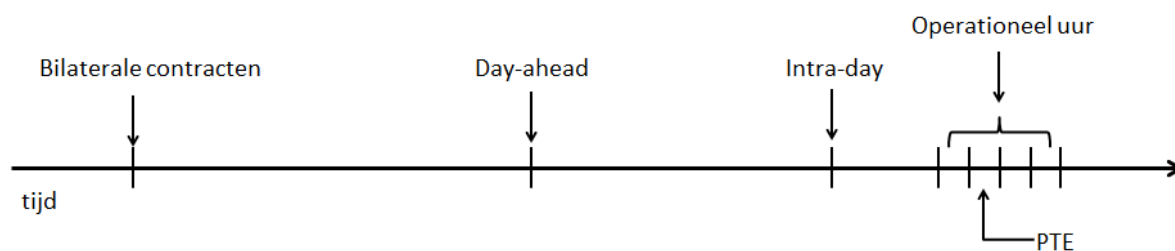
Aanbieders van systeemdiensten: Aanbieders van systeemdiensten zijn marktpartijen die actief systeemdiensten om de vermogensbalans te handhaven aan de TSO aanbieden. Deze diensten bestaan uit opties om reserves in te schakelen [5]. Indien een TSO een optie afroept, en de betreffende reserves activeert, zal de aanbieder van systeemdiensten actief bijdragen in het herstellen van de systeembalans [2], en hier de onbalansprijs voor ontvangen (zie sectie over balansmarkt).

10.2 Elektriciteitsmarkten

Momenteel kunnen er twee markten voor elektriciteit worden onderscheiden, namelijk de wholesale markt, en de balanceringsmarkt. Beide zullen in deze sectie kort worden uitgelegd.

10.2.1 Wholesale markt

Tegenwoordig zijn meer en meer Europese wholesale markten gekoppeld over verschillende gebieden en landen. Dit maakt grensoverschrijdende handel mogelijk. Voorbeelden van dergelijke markten zijn de Nord Pool Spot, APX Power Spot, en EPEX Spot markten [2]. Binnen Europa kunnen drie typische markten worden onderscheiden, namelijk (langlopende) bilaterale contracten, day-ahead markten, en intra-day markten. Elk van deze markten hebben een eigen typische tijdshorizon. Onderstaande figuur illustreert deze markten, uitgaand van het operationele uur waarop ze betrekking hebben. Dit operationeel uur, en de onderliggende PTEs worden uitgelegd onder het kopje 'balanceringsmarkt'.



Bilaterale contracten

Bilaterale contracten, ook bekend als 'over-the-counter trade', voorzien in het merendeel van de handel in elektrische energie. Twee partijen (ofwel direct, of anoniem via een intermediair) komen tot overeenstemming over hoeveelheid energie die wordt uitgewisseld, gedurende een vooraf bepaalde tijd, tegen een vooraf bepaalde prijs. Zowel hoeveelheid, tijd, en prijs zijn niet gelimiteerd bij regulering, en kunnen in principe vrij worden gekozen [1,2].

Day-ahead

Dichter bij het operationele uur worden voorspellingen van vraag en aanbod meer accuraat. Om in de korte termijn handelsbehoeften te voorzien, kunnen partijen een dag voorafgaand aan levering een bieding voor inkoop of verkoop van elektriciteit indienen op de day-ahead markt. Op basis van merit order worden prijzen en volumes voor iedere handelsblok vastgesteld [1,2]. Op de Europese day-ahead markten voor elektriciteit is dit handelsblok op een uur vastgesteld. De Nederlandse APX day-ahead markt sluit om 12:00 op de dag voorafgaand van levering, na welk de resultaten om 12:55 gepubliceerd worden. De minimale handelscapaciteit is vastgesteld op 100kW, en prijzen zijn begrenst tussen de -500€/MWh en 3000€/MWh [6].

Intra-day

Na sluiting van de day-ahead markt, maar nog voorafgaand aan het operationeel uur, hebben partijen de kans transacties te optimaliseren, tot vlak vóór real-time. Intra-day markten bieden partijen deze laatste kans om bijvoorbeeld als gevolg van een onvoorziene uitval, of weersomstandigheden, in deze handel te voorzien [2]. Op de Nederlandse APX intra-day markt kan energie tot 5 minuten voor levering worden verhandeld. Deze intra-day markt is gekoppeld met de Belgische doorlopende intra-day markt, en met de Nord Pool intra-day. Prijzen zijn hier begrensd tussen de -9999,90€/MWh en 9999,90€/MWh [7].

10.2.2 Balanceringsmarkt

Zoals in de introductie al gemeld, is elektriciteit een product anders dan vele. Elektriciteit kan niet worden opgeslagen, waardoor vraag en aanbod voortdurend in balans gehouden moet worden. De verantwoordelijke partijen voor de systeembalans in hun respectievelijke gebied zijn de TSOs. In Nederland is dit de nationale TSO, TenneT. Een dag voorafgaand aan het operationeel uur worden door alle PV partijen energieprogramma's bij de TSO ingediend, met daarin alle energiestromen binnen iedere PTE gespecificeerd (in Nederland is een PTE een blok van 15 minuten). Elk van deze energieprogramma's biedt een gebalanceerd overzicht van in- en uitgaande energiestromen aan. PV partijen worden vervolgens afgerekend op basis van hun bijdrage aan een mogelijke onbalans [1].

Of een PV partij bijdraagt in het veroorzaken of oplossen van een onbalans wordt bepaald op basis van de systeemtoestand. Hiervoor kunnen vier toestanden gedefinieerd worden [1]:

- **0:** Er is geen onbalans geweest gedurende de PTE. Deze toestand komt ongeveer 0,14% van alle PTEs voor.
- **-1:** Er is een overschot aan energie beschikbaar gedurende deze PTE. Dit komt in ongeveer 51,77% van alle PTEs voor.
- **1:** Er is een tekort aan energie beschikbaar gedurende de PTE. Deze situatie komt in ongeveer 38,25% van de tijd voor.
- **2:** Gedurende deze PTE is zowel een tekort als ook een overschot aan energie geweest. Er zijn zowel positieve als negatieve reserves geactiveerd. Ongeveer 9,85% van de tijd is het systeem in deze toestand.

Als een resultaat van de geliberaliseerde elektriciteitsmarkt, worden de voor balanceringsdoeleinden noodzakelijke reserves aangeboden op de balanceringsmarkt. Deze single-buyers markt biedt de TSOs voldoende kosten-efficiënte reserves. De exacte implementatie van deze markt verschilt van land tot land, als een gevolg van de verschillen in elektriciteitsmarkt opzet. De belangrijkste verschillen zijn

marktdeelname (verplicht tegen vrijwillig) en sluitingstijden (tijd voor wanneer de biedingen ingediend moeten zijn) [2].

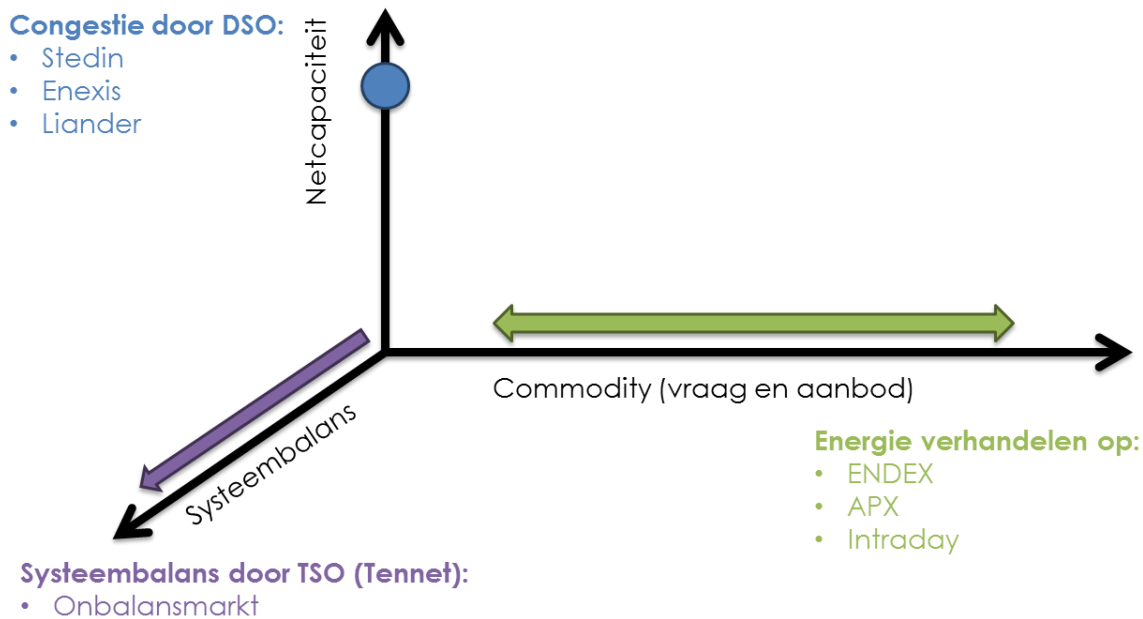
Daarnaast kunnen er twee typen bijdrages door PV partijen worden onderscheiden, namelijk actieve en passieve bijdrages. Actieve partijen bieden reservevermogen aan in de vorm van systeemdiensten. Dit zijn de partijen die ook de biedingen indienen op de onbalansmarkt. Deze biedingen werken als optie, de TSO beslist op basis van de noodzakelijke capaciteit en de prijs welke reserves worden geactiveerd. De Nederlandse onbalansprijs is gebaseerd op het marginaal prijszigs principe, waarbij iedere partij afgerekend wordt tegen de prijs van de hoogst geactiveerde bieding [1].

Passieve bijdrages worden gedaan door PV partijen die het herstel van de onbalans ondersteunen door bewust een onbalans te creëren in tegengestelde richting van de systeemontbalans. Om passieve markt bijdragen te stimuleren, publiceert de Nederlandse TSO TenneT bijvoorbeeld van minuut tot minuut prijssignalen voor de onbalans in het systeem. Op basis hiervan kan een PV partij besluiten een onbalans te creëren in tegengestelde richting, en hiervoor de heersende onbalansprijs als financiële compensatie te betalen/ontvangen.

10.3 Flexibiliteit

Duurzame energiebronnen met een volatiel en beperkt voorspelbaar gedrag hebben een toenemend aandeel in de energiemix. Hierdoor groeit de vraag naar flexibiliteit in het elektriciteitssysteem. Traditioneel wordt de noodzakelijke flexibiliteit om vraag en aanbod te matchen geleverd door grootschalige elektriciteitscentrales. Dit is voor de nabije toekomst echter niet langer voldoende. Door vraagsturing kunnen afnemers actief sturen op basis van de beschikbaarheid van elektrische energie (overschotten of tekorten), en hun afnameprofiel hierop aan laten sluiten. De waarde van deze flexibiliteit kan vervolgens afgerekend worden via een financiële transactie.

De waarde van flexibiliteit in het elektriciteitssysteem kan echter niet uitgedrukt worden in een enkele indicator, maar is in plaats daarvan afhankelijk van de functionele markt waarin het wordt gebruikt [8]. De financiële optimalisatie van aanbod, vraag, en flexibiliteit heeft een multi-dimensionele oplossing. Ecovat levert een controlealgoritme dat deze financiële optimalisatie over alle functionele markten benut.



Netcapaciteit (gridcapaciteit)

Investerings in de fysieke infrastructuur en capaciteit van het elektriciteitsnetwerk worden gebaseerd op de piekbelasting. Door flexibiliteit aan het elektriciteitssysteem toe te voegen kan deze piek, en daarmee de investeringskosten, gereduceerd worden.

In de huidige marktstructuur worden geen incentives gegeven om de piekbelasting te verplaatsen of reduceren. Netbeheerders vragen een vaste (financiële) compensatie voor het gebruik van de elektriciteitsnetten (capaciteits- en transporttarieven). Traditioneel komt een piekvraag maximaal 15% van de tijd voor [8], waardoor de capaciteit van het elektriciteitsnet voor het grootste deel van de tijd slechts beperkt benut wordt. Nieuwe technologieën (bijvoorbeeld warmtepompen, zonnecellen, elektrische auto's) introduceren nieuwe belastingen (met hogere gelijktijdigheden), potentieel met een piekbelasting die tot overbelasting van de elektriciteitsnetten leidt.

Doordat de piekbelasting van de netten slechts beperkt voorkomt, zijn investeringen in netverzwaringen kostbaar. Vraagflexibiliteit, bijvoorbeeld in de vorm van power-to-heat gecombineerd met opslag, kan dit voorkomen of uitstellen, en daarmee een kostenbesparing voor de netbeheerders opleveren [8].

Commodity (prijs van energie)

De prijs van elektriciteit wordt bepaald door de aanwezigheid van vraag en aanbod. Op day-ahead markten worden biedingen geplaatst om een bepaalde hoeveelheid energie tegen een bepaalde prijs te leveren of af te nemen. Dit wordt gedaan in handelsblokken van een uur. Afhankelijk van de tijd van de dag en de weersomstandigheden fluctueren de prijzen [8]. Gedurende periodes met een overvloed aan wind- en/of zonne-energie zijn prijzen relatief gezien laag (prijzen van nul euro, of zelfs negatieve prijzen komen voor). In periodes met een laag aanbod en hoge vraag zullen prijzen hoger liggen. Als een

gevolg van het toenemend aandeel duurzame energiebronnen wordt een hogere prijs volatiliteit verwacht richting de toekomst [8].

Door gebruik te maken van flexibiliteit, en alleen te laden in tijden van lage prijzen, kan Ecovat optimaal gebruik maken van de in overvloed beschikbare duurzame energie tegen lage prijzen, en dit opslaan om voldoende warmte beschikbaar te hebben in tijden dat de prijzen hoog liggen.

Systeembalans

Zoals gezegd dienen vraag en aanbod in continue balans te zijn. Er is een balanceringsmarkt opgezet om marktpartijen een incentive te geven om bij te dragen aan het behoud van deze balans. Door de flexibiliteit van het Ecovat te benutten kan een surplus met een negatieve prijs op de balanceringsmarkt snel omgezet worden in warmte. Omgekeerd, in het geval van een tekort kan elektriciteit gekocht op de day-ahead markt virtueel worden doorgeleverd. Op deze manier kan Ecovat optimaal een (passieve) bijdrage leveren aan het balanceren van het elektriciteitssysteem en gelijktijdig de kosten van het laden van het Ecovat minimaliseren.

10.4 Samengevat

Zoals dit overzicht laat zien is de elektriciteitssector een gevarieerde sector, met een aantal key actors, markten en rollen. Door de drie dimensies van flexibiliteit te benutten kan Ecovat thermische energieopslag toepassen, terwijl de kosten van de gebruikte

11 Bijlage c: Toelichting ontwerpkeuzes technisch ontwerp

Het ontwerp bestaat op hoofdlijn uit de volgende systemen: Afgifte, warmtenet (& koudenet), warmteopwekkers & opslag. In onderstaande 11 stappen is naar het uiteindelijke ontwerp toegewerkt. Dit is geen lineair ontwerpproces maar onderstaande volgorde geeft wel inzicht in de mogelijkheden en overwegingen per stap.

1. Analyse van het gebied
2. Analyse geotechnisch onderzoek deel 1
3. Bepaling locatie en stedenbouwkundige inpassing
4. Analyse geotechnisch onderzoek deel 2
5. Ontwerp afgiftesysteem
6. Bepaling warmte/koude vraag/vermogens
7. Bepaling warm tapwater oplossing
8. Ontwerp warmtenet & koudenet
9. Ontwerp warmteopwekkers
10. Bepaling opslagcapaciteit & ontwerp dimensies Ecovat
11. Ontwerp technische ruimte

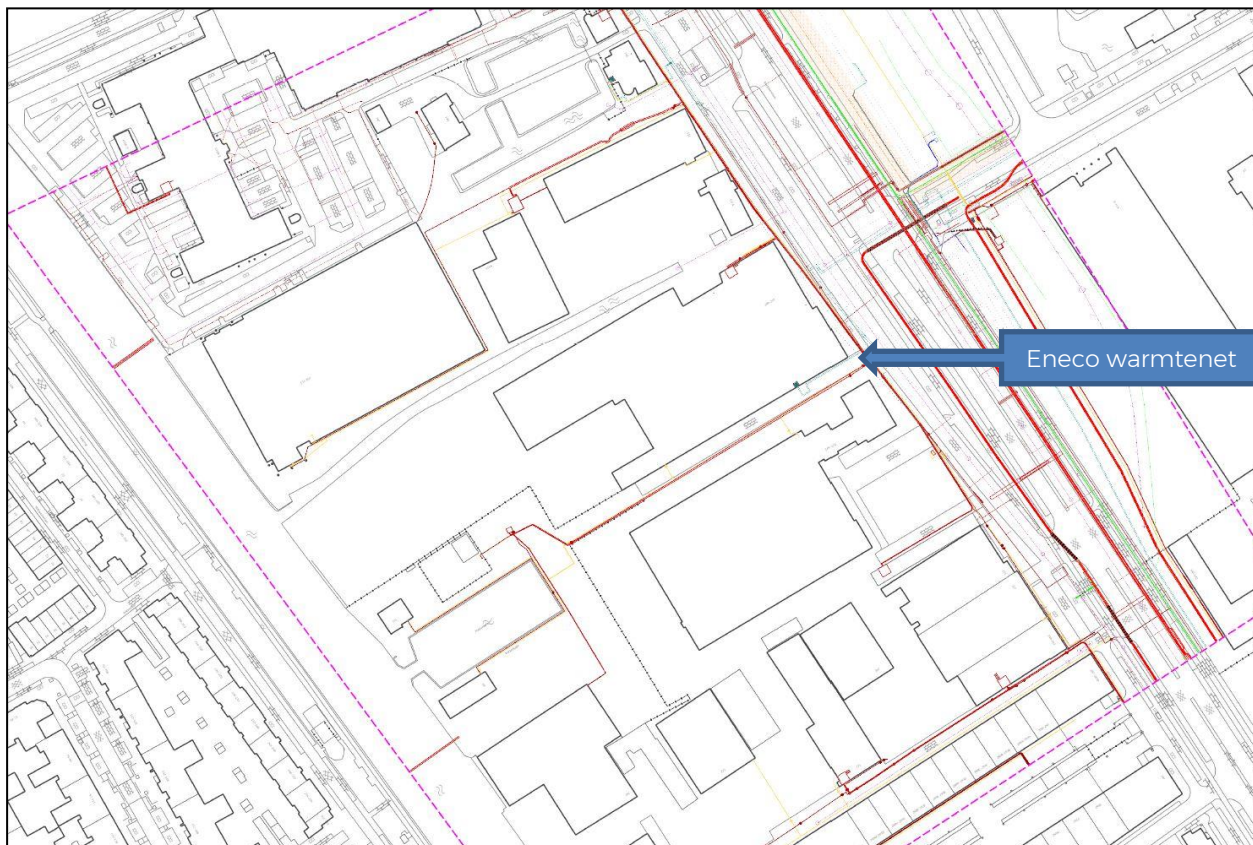
11.1 Analyse van het gebied

11.1.1 *Huidig ondergrondse infrastructuur*

Bij het kadaster is de bestaande ondergrondse infrastructuur opgevraagd via een KLIC-melding. Zie onderstaande afbeelding. Voor de leesbaarheid is de infrastructuur van data en dunea (water) onzichtbaar gemaakt. Over de Binckhorstlaan aan de noordoostzijde van de Trekvlietzone loopt veel infrastructuur.

Binnen de trekvlietzone bevindt zich de volgende relevante energie infrastructuur:

- Stedin laag- en midden spanning elektra (rode lijnen);
- Stedin gas lage druk (gele lijnen);
- Het Eneco primaire warmtenet loopt over de Binckhorstlaan en takt af naar de trekvlietzone aan de Binckhorstlaan 209-219. Dit is een primaire leiding die verjongt tot DN100.



Figuur 48 KLIC-melding ondergrondse infrastructuur Trekvlizone

11.1.2 **Mogelijke duurzame opwekkers**

Voor de trekvlizone zijn de volgende mogelijke duurzame opwekkers gedefinieerd:

- Zonne-energie
 - Vlakke plaat collectoren
 - Vacuüm buis collectoren
 - PVT-panelen
- Wind
- Warmtepompen lucht/water en water/water (mits gevoed door duurzame elektra)
- Weerstandsverwarming(en) (mits gevoed door duurzame elektra)
- Restwarmte
- Geothermie

Onderstaand word per duurzame opwekker omschreven wat de potentie is voor de trekvlizone.

11.1.2.1 Zonne-energie potentieel

Onderstaande tabel geeft de verschillende eigenschappen van de potentiële zonne-energieopwekkers weer.

Aspect	Vlakke plaat collector	Vacuüm buis collector	PVT-collector
Efficiëntie (%)	20-50	30-80	20-40
Gem. Jaarlijkse opbrengst (GJ/m ²)	1,3	1,8	1,2
Gem. Opbrengst in winter (GJ/m ²)	0,09	0,18	0,06
Uitgaande temperatuur (°C)	40-80	60-130	30-50
Kostprijs/m ²	200	300	900

Wat de beste keuze is voor de opwek van zone-energie hangt af van meerdere factoren. In de tabel hieronder is een beoordeling gemaakt van de technieken op basis van bovenstaande aspecten. Hieruit kunnen we concluderen dat de vacuüm buis collector voor dit systeem de meest voordelige keuze is.

Aspect	Weging	Vlakke plaat collector	Vacuüm buis collector	PVT-collector
Efficiëntie	3	2	4	2
Gem. Jaarlijkse opbrengst	2	2	3	2
Gem. Opbrengst in winter	2	1	2	1
Uitgaande temperatuur	2	2	3	1
Kostprijs	2	3	2	1
Volwassenheid techniek	1	3	3	1
Score		25	35	17

In onderstaande tabel zijn de beschikbare dakoppervlaktes weergegeven van de 7 deelgebieden op de trekvlizzone. In totaal is er ca. 15.000 m² beschikbaar op de nieuwbouw en ca. 6.600 m² op de bestaande bebouwing. Het potentieel is dus ca. 21.600 m². Echter, indien we de opwekking alleen plaats laten vinden op de nieuwbouw en we daarnaast kavel 5 buiten beschouwing laten (aangezien de exacte invulling daarvan nog niet bekend is), houden we ca. 7.400 m² over.

Deelgebied	Dakoppervlak (m2)		Toelichting
	Nieuwbouw	Bestaande bouw	
1	851		Noordoostzijde
1	393		Zuidwestzijde
1	1.178		Oostflank (laag en wellicht niet of nauwelijks zon)
1	524		Westflank
2	561		Gehele dakoppervlakte
3a	505		Noordoostzijde
3a	561		Zuidwestzijde
3a	299		Oostflank
3a	337		Westflank (weinig zon)
3b	622		West
3b	561		Oost
4	337		Noord
4	673		Zuid
4		972	Oud
5	7.658		Nog niet uitgewerkt in het projectplan
6		3.291	Fokkerterminal
6		1.589	Jachtwerf
6		785	Roeivereniging
7			-
Som	15.058	6.638	



Figuur 49 Voorbeelduitwerking van het gebied die is gebruikt voor de oppervlaktes in bovenstaande tabel.

Met de vastgestelde 7.400 m² beschikbare ruimte op de daken kan met vacuüm buis zonnecollectoren 10.656 GJ/jaar aan warmte opgewekt worden op basis van de volgende uitgangspunten:

- 80% benutting van de beschikbare ruimte op de daken (vuistregel van zonneboilerinstallateur voor vacuüm buis collectoren);
- Beschikbaar dakoppervlak 7.400 m²;
- Jaarlijkse opwekking 1,8 GJ/m²;
- Zuidelijk georiënteerd;
- Geen belemmering van de zoninstraling.

11.1.2.2 Wind

De potentie van wind energie op locatie wordt als niet significant beschouwd. Buiten locatie kan wel wind gecontracteerd waarvan de elektriciteit dan met warmtepompen en/of elektrische weerstanden op locatie in warmte omgezet kan worden.

11.1.2.3 Warmtepompen lucht/water en water/water (mits gevoed door duurzame elektra)

In feite zijn de warmtepompen geen warmteopwekkers maar gebruiken ze wel een warmtebron die hierin beschouwd kan worden. Namelijk de buitenlucht en een waterbron. Daarnaast zullen de warmtepompen aan gaan in functie van de beschikbaarheid van duurzame elektriciteit. Industriële warmtepompen maken het mogelijk om deze laagwaardige warmte om te zetten naar warmte van 70 tot zelfs 100°C dus hoge temperaturen kunnen worden gecreëerd voor opslag.

De warmtebron voor water/water warmtepompen kunnen bijv. zijn:

- Zonnecollectoren, of pvt-panelen;
- Trekvlriet zoals ook in het haagse project "warmterivier";
- De energiepotentie uit afvalwater, zowel de chemische energie die kan worden gewonnen uit rioolslib en zwart water, als de thermische energie die kan worden gewonnen door warmteterugwinning;
- Warmte uit asfalt.

De potentie van de warmtepompen is afhankelijk van de grootte van de elektra aansluiting, de maximale potentie van lucht als bron (akoestisch onderzoek), en de maximale potentie van water als bron (zie bovenstaande bullets). De grote van de elektrisch aansluiting die nodig is voor de collectieve warmtepompen en weerstanden zal mede bepaald worden door de al nodige aansluiting voor het gebied voor het overige elektraverbruik (gebruikersgebonden energie en bijv. elektrisch laden) zodat deze aansluiting flexibel en slim gebruikt kan worden.

11.1.2.4 Weerstandsverwarming (mits gevoed door duurzame elektra)

Net als voor de warmtepompen geldt voor de weerstandsverwarming dat deze duurzaam gevoed dienen te worden. Hoewel een warmtepomp efficiënter is dan een weerstandsverwarming heeft een weerstandsverwarming het grote voordeel t.o.v. warmtepompen dat deze snel kan schakelen (binnen seconde), hoge temperaturen (>95°C) kan maken, en de investering per kW laag is. De potentie is afhankelijk van de capaciteit van de elektra aansluiting.

11.1.2.5 Restwarmte

Op de kaart van het gebied is zichtbaar (Figuur 50) dat er geen restwarmte beschikbaar is op of rondom de trekvlrietzone. Deze informatie is beschikbaar op:

<https://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=66c1e94dd1764f3f9bf72e086dale780>



Figuur 50 Kaart van RVO met de restwarmte potentie van de projectlocatie.

Restwarmte van buiten de Trekvlietzone zou evt. via het warmtenet van Eneco geleverd kunnen worden. Momenteel wordt dit warmtenet echter nog voornamelijk gevoed door de STEG en is de mix van de warmte op het warmtenet nog grotendeels niet duurzaam.

11.1.2.6 Geothermie

Geothermie zou, net als restwarmte, geleverd kunnen worden via het warmtenet van Eneco.

11.2 Analyse geotechnisch onderzoek deel 1

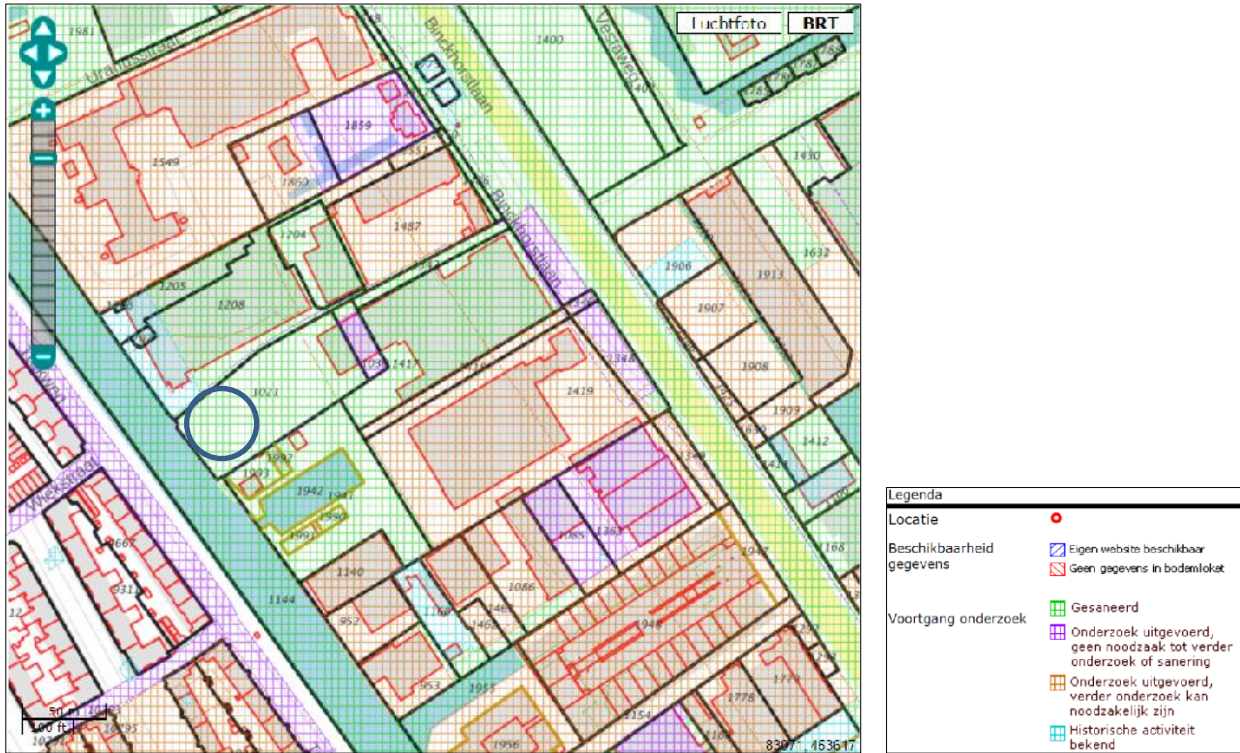
11.2.1 Inventarisatie sanering

De inventarisatie is middels een bureau studie uitgevoerd. Informatie is opgehaald van het bodemloket (www.bodemloket.nl) en ruimtelijk plannen (www.ruimtelijkeplannen.nl).

De aanwezige risico's in het te ontwikkelen gebied zijn in een 3-tal rapportages samengevat:

- Binckhorst openbare ruimte - wijk 39 Den Haag;
- Binckhorstlaan openbare weg (1820076) en Rotterdamse Baan;
- VERFFABR. B.H.LAAN (1820016).

Op de uiteindelijk gekozen locatie van het Ecovat is de grond al gesaneerd. In enkele delen van het gebied de Trekvlietzone dient rekening gehouden te worden verontreinigde grond. Gezien het gebruik van de Binckhorstlaan en naastgelegen (voormalige) bedrijfslocaties is het voorkomen van een diversiteit aan zowel mobiele als immobiele bodemverontreiniging geconstateerd. Voor delen van het gebied zijn reeds saneringsplannen uitgewerkt of inmiddels uitgevoerd. Er bestaan ook nog percelen welke in onderzoek zijn en gesaneerd dienen te worden.



Figuur 51. Bodeminformatie Trekvlizetzone (www.bodemloket.nl)

De meeste percelen zijn inmiddels gesaneerd op enkele percelen na. Risico's zijn beperkt ten aanzien van bodemverontreiniging. Aanbeveling is om de percelen welke zijn aangemerkt zijn als "verder onderzoek kan noodzakelijk zijn" dit onderzoek op te starten. Dit kan leiden tot vertragingen in het project.

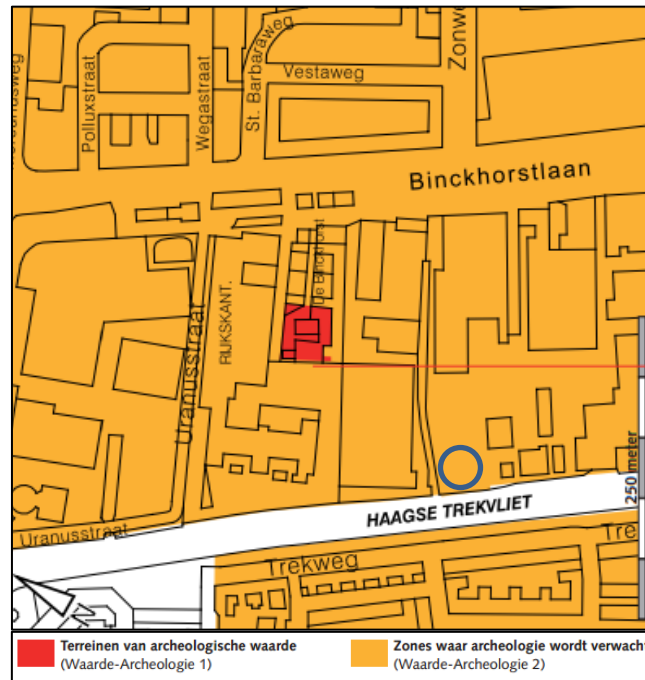
11.2.2 Inventarisatie archeologie

Het gebied Trekvlizetzone de Binckhorstlaan is aangemerkt als zone met archeologische verwachting, zie hiervoor RIS180680b.

Onderstaande informatie komt uit bijlage 1 van het OmgevingsEffectRapport welke beschikbaar is via ruimtelijke plannen.

Vanwege de kans op archeologisch waardevolle resten is archeologisch onderzoek noodzakelijk bij ingrepen waarbij de bodem wordt geroerd in de aangegeven gebieden. Vervolgens dient gehandeld te worden naar de uitkomsten van dat onderzoek conform de archeologische beleidscyclus. Waar archeologische waarden in de bodem aanwezig zijn (rondom Kasteel De Binckhorst), dient te worden aangetoond dat de werkzaamheden deze waarden niet aantasten. Bij voorkeur worden de resten in de bodem bewaard, indien dit niet mogelijk is moeten de resten onderzocht, bewaard en gedocumenteerd worden. Aangezien voor aanleg van de Rotterdamsebaan uitgebreid onderzoek wordt gedaan naar archeologische waarden kan dit enige handreiking bieden voor ontwikkeling.

Daarnaast is de toelichting op de Archeologische Waarden- en Verwachtingenkaart Den Haag (AWVK) duidelijk over de aanpak aangaande eisen archeologie.



Figuur 52 Archelologische waarde Trekvlizone

Ten aanzien van archeologische is het gehele gebied Trekvlizone aangewezen als een zone met archeologische verwachting. Bodemingreep dieper dan 50cm -mv is van toepassing en er zal een plan van aanpak opgesteld moeten worden op welke wijze de bodem onderzocht wordt op archeologische waarde en op welke wijze deze geborgd blijft in de grond of opgegraven en gedocumenteerd gaat worden.

11.2.3 **Cultuurhistorische waarde**

Er zijn enkele panden in de Trekvlizone aangemerkt als bijzondere panden. Daarnaast is er een pand dat status rijksmonument heeft.

Onderstaande informatie komt uit bijlage 5 van het OmgevingsEffectRapport welke beschikbaar is via ruimtelijke plannen.

Binckhorstlaan 149, Kasteel Binckhorst is aangewezen als rijksmonument.

Onderstaande gebouwen zijn in de categorie bijzondere panden:

- Binckhorstlaan 235 verffabriek Paulissen ;
- Binckhorstlaan 249-251, Bedrijfscomplex Anthony Fokkerschool;
- Binckhorstlaan 255-259, Bedrijfscomplex Auto Import Marten Rosier;

Ten aanzien van de cultuurhistorische waarde in het gebied zijn er niet direct risico's te benoemen.

11.3 Bepaling locatie en stedenbouwkundige inpassing

Onderstaande slides geven de volgende informatie weer:

1. Situatie Trekvlietzone (Google Maps 2017)
2. Situatie vogelvlucht (Google Maps 2017)
3. Foto's bouwlocatie: Parkeerplaats Fokkerterminal
4. Stedenbouwkundige context (Trekvlizone RIS295889)
5. Locatie en inpassing Ecovat
6. Logistiek en bouw + BLVC plan
7. Visualisatie na realisatie



Toelichting: Het projectgebied de Trekvlietzone is rood omkaderd.

Foto's bouwlocatie



Toelichting: Locatie van de 2 foto's, genomen via Google streetview.

Trekvlizone vogelvlucht



Toelichting: Google 3d vogelvluchtperspectief van de locatie van het Ecovat. Deze locatie is nu een parkeerplaats. Deze locatie wordt uiteindelijk openbare ruimte voor het gebied. Daarom is deze locatie geschikt voor de bouw van het Ecovat. Daarnaast ligt het vat aan de Trekvlizone. Dit betekent dat uitgekomen grond economisch en ecologisch voordelig afgevoerd kan worden. Ook is deze waterweg gunstig voor de aanvoer van prefab wand elementen.

Foto 1: Parkeerplaats Fokkerterminal



Foto 2: Parkeerplaats Fokkerterminal

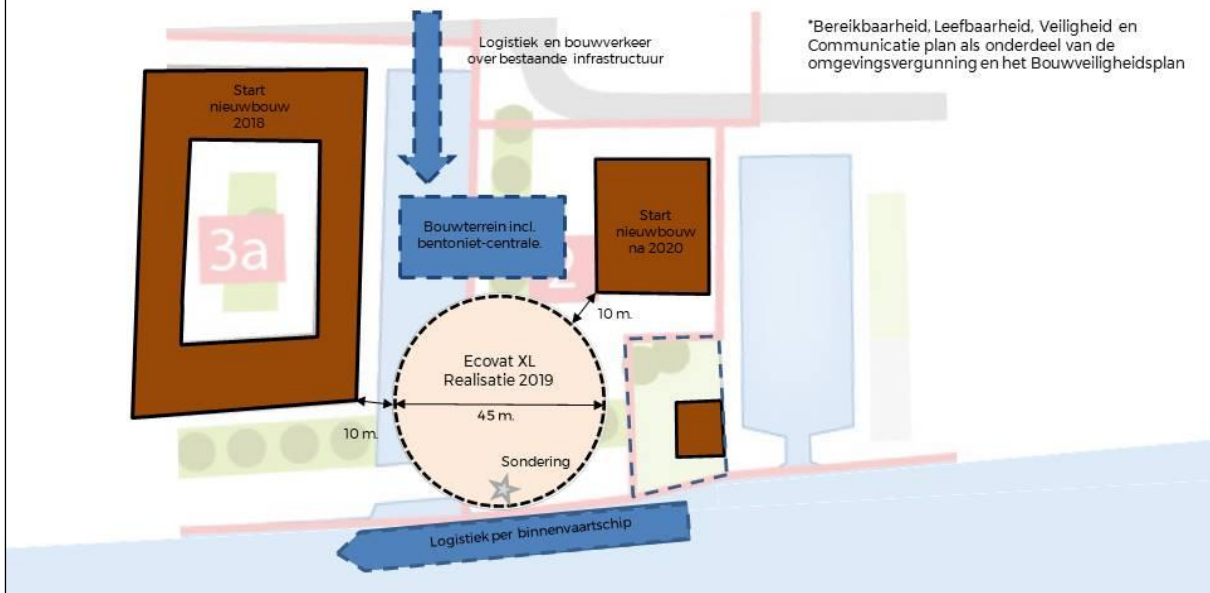


Stedenbouwkundige inpassing



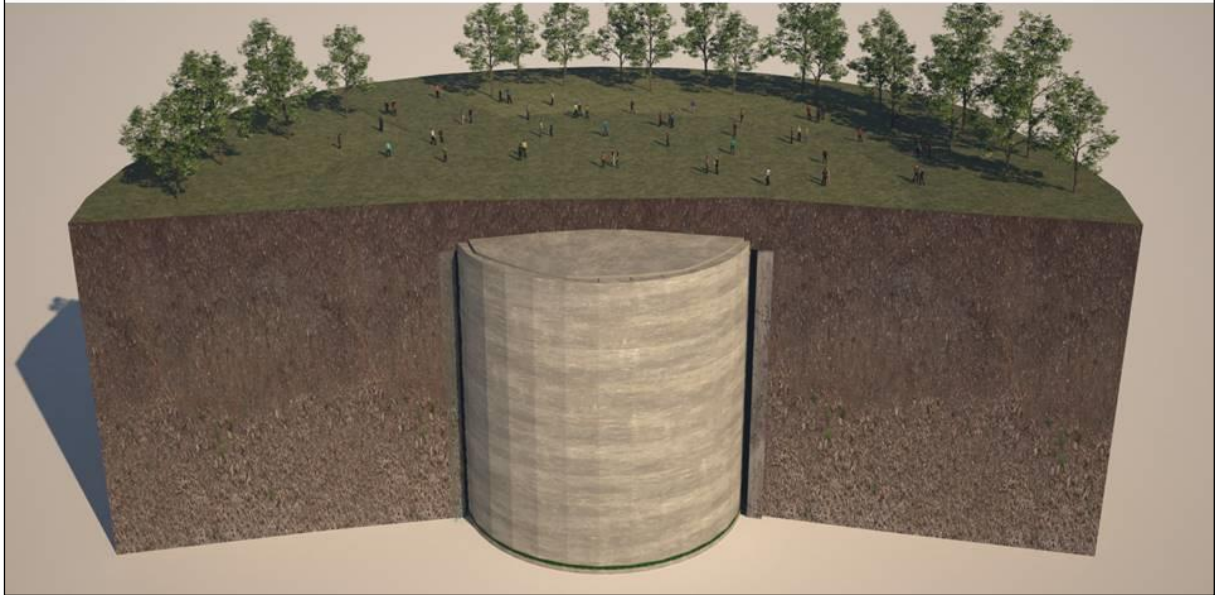
Toelichting: In bovenstaande afbeelding zijn de bouwprognoses van de naastgelegen deelgebieden weergegeven.

Locatie, logistiek en bouw + BLVC plan*



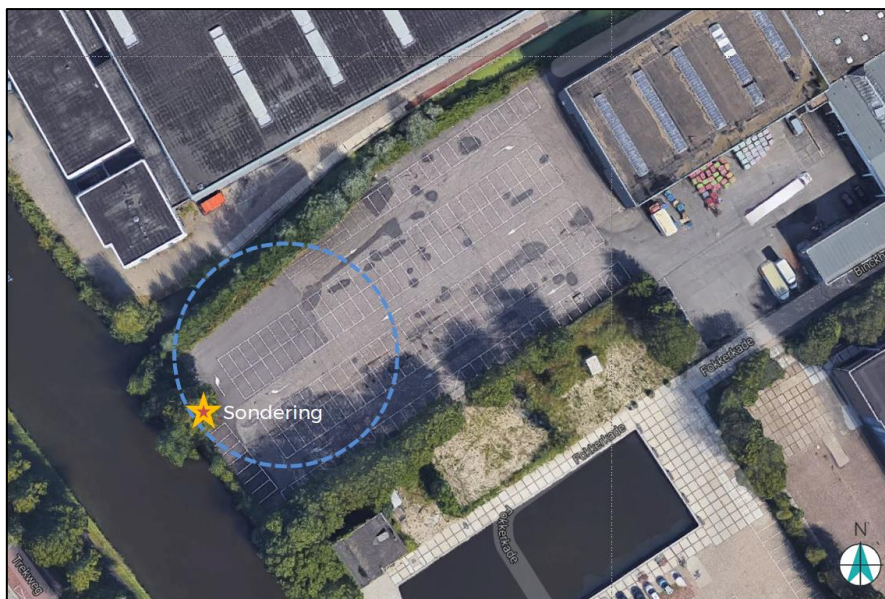
Toelichting: Blauwe elementen zijn tijdelijke logistiek voorzieningen of bouwterrein. Voor de bouw van de constructieve buitenwand van het Ecovat is een tijdelijke bentoniet-centrale voorzien. Op de plek van het Ecovat aan de trekvljet is een sondering uitgevoerd tot 45 meter diep (zie hoofdstuk 11.4). De dimensionering van het Ecovat is in de beginfase op hoofdlijn bepaald zodat de beste locatie bepaald kon worden. Hierna is het ontwerpproces in detail doorlopen en is de dimensie van het Ecovat voor het gehele gebied vastgesteld op een diameter van 45 meter (zie hoofdstuk 11.10).

Na realisatie aanplanting / bestrating



Toelichting: Bovenop het Ecovat kan een openbare groenvoorziening worden gerealiseerd.

11.4 Analyse geotechnisch onderzoek deel 2



Figuur 53 Locatie van uitgevoerde sondering

Er is 1 sondering gemaakt met een elektrische conus conform NEN-EN-ISO 22476-1. De sondering is uitgevoerd door een sondeertruck. Bij deze sondering is naast de conusweerstand tevens de plaatselijke wrijving gemeten en geregistreerd. De relatie tussen conusweerstand en plaatselijke wrijving, het wrijvingsgetal, geeft een indicatie van de verschillende grondsoorten onder het grondwater niveau.



Figuur 54 Sondeertruck op locatie

Een korte indicatieve beschrijving van de bodemopbouw.

Diepte [m- NAP]	Omschrijving
Maaiveld tot -1,0	Toplaag : vermoedelijk kleihouden en humeus zand
-1,0 tot -12,0	Zand, matig vast tot vast, doorsneden door dunne kleilaagjes
-12,0 tot -13,7	Klei, vermoedelijk siltig
-13,7 tot -16,6	Klei, vermoedelijk humeus
-16,6 tot -17,4	Basis veen
Vanaf -17,4	Zand, vast (doorgaand pakket)

Er is geprobeerd om handmatig een boring uit te voeren, maar vanwege de aanwezige puin en stenen was dat niet mogelijk. Daarom is er met de sondeertruck een peilbuis weg gedrukt. In het boorgat is naar de grondwaterstand gepeild. Deze is -0,66 m. t.o.v. NAP, en het maaiveld is 0,39 m. t.o.v. NAP. De waterstand is dus 1,05 m. onder maaiveld.

11.5 Ontwerp afgiftesysteem

De uitgangspunten van het afgiftesysteem zijn uiteindelijk bepalend voor de dimensionering en duurzaamheid van het gehele energiesysteem. Omdat het project een nieuwbouwtoepassing is, is het uitgangspunt dat de energetische prestatie op zijn minst voldoet aan EPC 0,4. Dit impliceert dat het gebouw goed genoeg geïsoleerd is dat het verwarmd kan worden met lage temperatuur verwarming. Hoe lager de maximale aanvoertemperatuur van het afgiftesysteem voor ruimteverwarming, hoe efficiënter de rest van het systeem kan werken en hoe lager de TCO (Total Cost of Ownership) van het totale energiesysteem.

Op basis van een referentiewoning van RVO met EPC 0,4 (zie link hieronder), is gekozen voor vloerverwarming systeem. Hiermee kan worden voorzien in ruimte verwarming en koeling. De ontwerpkeuzes van de ontwikkelaar van de woningen kunnen hier grote invloed op hebben.

Bijvoorbeeld: Een slim ontworpen woning heeft een minimale koelbehoefte door passieve zonwering. Hoe minder passieve zonwering, hoe meer koeling, hoe groter de dimensionering van het koelsysteem en hoe minder duurzaam het gehele energiesysteem wordt.

<http://www.rvo.nl/sites/default/files/2015/10/Appartementencomplex%20-%20referentiewoning.pdf>.

Voor warm tapwater zijn verschillende afgifte systemen mogelijk (zie hoofdstuk 11.6).

11.6 Bepaling warmte/koude vraag/vermogens

11.6.1 Vaststellen warmtevraag/vermogens

De warmtevraag/vermogens zijn bepaald op basis van het document: *RIS295889 Projectdocument Trekvlietzone, bijlage 1*.

Het te her ontwikkelen gebied is verdeeld in 8 kavels. De informatie uit hoofdstuk 4.3 Bouwvelden, verkaveling en voorbeelduitwerking is als uitgangspunt gehanteerd voor het aantal woningen/appartementen en bedrijfsruimte wat per kavel gerealiseerd kan worden.

Kavel	Aantal woningen / overige	Kantoor m ²
1	265	3.500
2	40	750
3a	100	
3b	80	200
4	80	800
5	240	3.125
6		Bestaand: Fokkerterminal, roeivereniging De Laak, jachtwerf de Haas, Café Capriole.
		Nieuw: 250 (inschatting)
7		Bestaand: Kasteel Binckhorst
Totaal	805	8625

Omdat er nog geen concrete plannen bekend zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd voor het bepalen van de warmtevraag.

Woningsoort / utiliteitsoort	Vermogen warmte	Verbruik warmte (GJ)	Tapwater klasse	Vermogen WtpW (kW)	Verbruik WtpW (GJ)
Appartement	2,5 kW	12 GJ ⁸	CW 4	20	6,1 ⁹
Kantoor	0,05 kW/m ²	0,15 GJ/m ²	-	-	-

⁸ Het vermogen van 12 GJ is bepaald op basis van onderstaande bronnen van RVO en het CBS; eerste betreft het document referentiewoning EPC 0,4 Appartementencomplex (<http://www.rvo.nl/sites/default/files/2015/10/Appartementencomplex%20-%20referentiewoning.pdf>). Daarnaast is het gemiddelde vloeroppervlakte van een appartement in Zuid-Holland bepaald op 75 m² middels beschikbare informatie op CBS (<https://www.cbs.nl/nl-nl/achtergrond/2013/04/twee-derde-van-alle-woningen-eengezinswoning>).

⁹ Het vermogen voor warm tapwater wordt geleverd door basiswarmte vanuit het warmtenet tot max. 45°C en vervolgens elektrisch na-verwarmen tot 55-60°C. Referentiewaarden voor warm tap water variëren tussen de 8,5 en 10 GJ. In deze rapportage is uitgegaan van 9 GJ op jaar basis.

De temperatuurtrajecten voor leveren van warmte voor ruimteverwarming en warmtapwater gedurende het jaar.

Omschrijving	Waarde	Eenheid
Te leveren temperatuurtraject warmte winter	45-30	°C
Te leveren temperatuurtraject warmte zomer	40-30	°C

Op basis van bovenstaande uitgangspunten zijn de te leveren vermogens en verbruiken voor het gebied:

Kavel	Piekvermogen warmte	Jaarlijkverbruik warmte
1	706 kW	5.327 GJ
2	154 kW	837 GJ
3a	225 kW	1.811 GJ
3b	190 kW	1.478 GJ
4	214 kW	1.569 GJ
5	640 kW	4.818 GJ
6	-	-
7	-	-
Totaal	2.129 kW	15.840 GJ

11.6.2 Vaststellen koudevraag/vermogens

Omdat er nog geen concrete plannen bekend zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd voor het bepalen van de koudevraag.

Woningsoort / utiliteitsoort	Vermogen koude	Verbruik koude (GJ)
Appartement	2,0 kW	5 GJ
Kantoor	0,07 kW/m ²	0,11 GJ/m ²

De temperatuurtrajecten voor leveren van koude voor koeling gedurende het jaar.

Omschrijving	Waarde	Eenheid
Te leveren temperatuurtraject koude	11-18	°C

Op basis van bovenstaande uitgangspunten zijn de te leveren vermogens en verbruiken voor het gebied:

Kavel	Piekvermogen koude	Jaarverbruik koude
1	706 kW	1.791 GJ
2	120 kW	300 GJ
3a	193 kW	504 GJ
3b	166 kW	429 GJ
4	200 kW	507 GJ
5	637 kW	1.616 GJ
6	-	-
7	-	-
Totaal	2.022 kW	5.145 GJ

11.7 Bepaling warm tapwater oplossing

Ten aanzien van warmtapwater (WtpW) levering heeft men te maken met de wet en regelgeving legionellapreventie. Dit heeft alles te maken met de zorg voor een goede kwaliteit van het drinkwater en warm tapwater. In de Drinkwaterregelgeving, het Bouwbesluit en bijbehorende normen en werkbladen zijn de belangrijkste voorwaarden opgenomen die er voor moeten zorgen dat er goed en gezond drinkwater uit de kraan komt en dat het openbare drinkwaternet niet verontreinigd raakt.

Met een laag temperatuur warmtenet waar de aanvoertemperatuur maximaal 45°C is kan niet voldaan worden aan de ontwerpisen voor warmtapwaterinstallaties. In geval van circulatiesystemen dient temperatuur voor het WtpW toestel tenminste 60°C te zijn. Voor woningen zonder circulatiesysteem moet dit ten minste 55°C zijn.

Om de 55°C te kunnen garanderen in de woningen dienen er individuele voorzieningen getroffen te worden die ervoor zorgen dat op de tappunten 55°C geleverd kan worden.

In een appartementencomplex zijn verschillende varianten mogelijk om in de levering van WtpW te voorzien, waarbij de basis voor WtpW vanuit het warmtenet gevoed wordt:

- Individueel middels een warm tapwater boosterwarmtepomp + buffervat;
- Individueel middels een indirecte boiler + buffervat;
- Collectieve tapwater levering vanuit een centraal systeem op gebouwniveau.

Variante 1: Individueel middels booster warmtepomp + buffervat

De water/water booster warmtepomp biedt een decentrale all-electric warm tapwater bereiding met een eigen warmteopwekker en een buffervat met een inhoud van 120 of 200 liter. Het CV-water levert

met een relatief lage aanvoertemperatuur zijn warmte aan de booster. De geïntegreerde water/water warmtepomp verwarmt vervolgens het tapwater in het buffervat tot maximaal +65°C, daar waar het water gebruikt wordt. Met een COP van 3,8 (bij W40 / W65) wordt het warm tapwater efficiënt en milieubewust bereid. Dit toestel kan op grond van de lage geluidsemissie (37 dB(A)) binnenshuis in bedrijf genomen worden. Door de wandmontage is een opstelling in kleine ruimten (1250x1500mm) mogelijk.

Variante 2: Individueel middels een indirecte boiler + buffervat

Een indirecte boiler biedt een mogelijkheid om warm tapwater van 43-45°C met een elektrische weerstand van 2,2 kW na te verwarmen tot 55°C. Op de primaire aansluitingen wordt het warmtenet aangesloten en deze zal de temperatuur in het buffervat van 100 tot 240 liter op maximaal 43-45°C brengen. De elektrische weerstand, gestuurd door een thermostaat kan de temperatuur van het tapwater in het buffervat tot 60-80°C verhogen. Opstelling in kleine ruimten (1000x1200mm) mogelijk.

Variante 3: Collectief tapwater levering vanuit een centraal systeem op gebouwniveau

De laatste variant is om warm tapwater te leveren vanuit een centraal systeem per gebouw. Primair wordt het warmtenet aangesloten op een wisselaar die warm tapwater op een temperatuur van 43-45°C brengt. Vervolgens wordt de installatie met elektrische energie in temperatuur verhoogt en van het centrale systeem in het gebouw naar de individuele woningen gestuurd. Omdat het een collectief systeem betreft is dient een legionella risicoanalyse opgesteld te worden. Daarnaast is een beheersplan noodzakelijk. In het beheersplan moeten de periodieke maatregelen worden beschreven, zoals het doorspoelen van leidingen met water boven de 60°C. Dit soort maatregelen moet in een logboek worden bijgehouden voor de toezichthouder. Er is in het gebouw opstellingsruimte nodig voor de centrale tapwater installatie. Daarnaast dient een apart leidingnet aangelegd te worden voor levering van tapwater.

Voor- en nadelen variant 1 t/m 3

Variant	Voordelen	Nadelen
1: Booster warmtepomp	<ul style="list-style-type: none"> + lage aanvoertemperatuur 20°C mogelijk + lage distributieverliezen + alleen CV-leidingen door gebouw + geen legionella beheersplan + ISDE subsidie 	<ul style="list-style-type: none"> - benodigde opstellingsruimte - grote investering per woning
2: Indirecte boiler	<ul style="list-style-type: none"> + alleen CV-leidingen door gebouw + geen legionella beheersplan 	<ul style="list-style-type: none"> - benodigde opstellingsruimte - elektrisch naverwarmen
3: Collectief systeem	<ul style="list-style-type: none"> + geen installatie in woning benodigd 	<ul style="list-style-type: none"> - legionella beheersplan benodigd - apart distributienet tapwater - hoge energieverliezen - opstellingsruimte voor collectief systeem

Alle varianten kunnen nog worden gecombineerd met tijdelijke hoge temperatuur aanvoer op het moment dat lokale zonnecollectoren op het bestaande gebouw hoge temperatuur warmte leveren. In alle varianten is de warm tapwater installatie eigendom van de DDE BV (zie hoofdstuk 7).

In het ontwerp is variant 1 gekozen. Vanwege de ISDE subsidie op booster warmtepompen is het investeringsverschil tussen variant 2 minimaal maar deze is wel energiezuiniger. Variant 3 heeft te hoge verliezen en biedt ook weinig flexibiliteit.

11.8 Ontwerp warmtenet & koudenet

11.8.1 Warmtenet principe

Het ontwerp is gebaseerd op een traditioneel vertakkend netwerk voor warmte en koude.

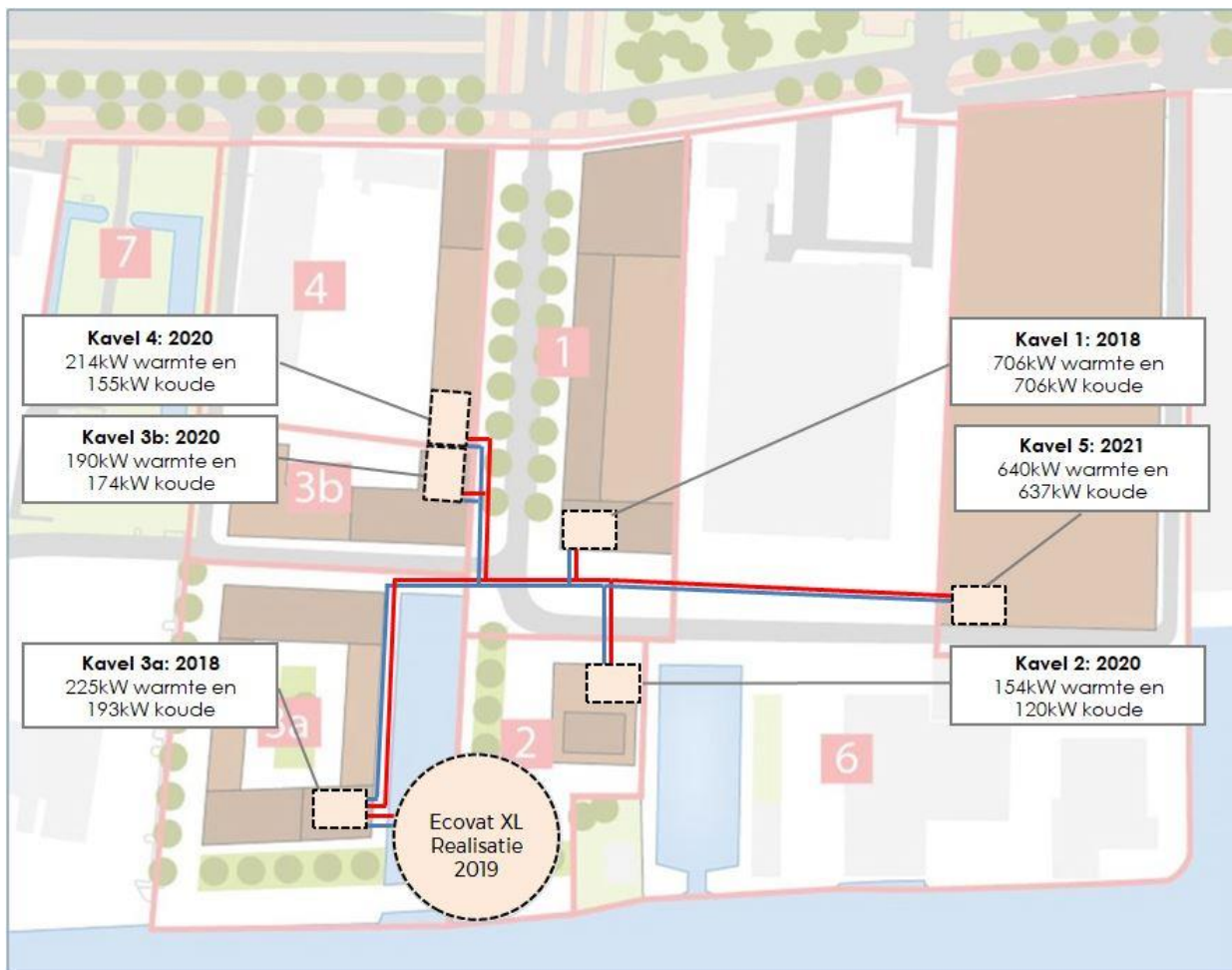
In deze fase is van een 4-pijps leidingsysteem uitgegaan waarbij distributie van warmte en koude beide via een apart netwerk gedistribueerd worden.

Het betreft een laagtemperatuur warmtenet van aanvoer 45 °C en retour 30 °C. Diameters die gelegd dienen te worden variëren tussen Ø150 en Ø65mm voor het warmtedistributienet en Ø225 en Ø90mm voor het koude distributienet.

11.8.2 Voorgestelde leidingtracé

Zie Figuur 41 voor het voorgestelde leidingtracé. Vanuit de technische ruimte bij het Ecovat wordt warmte en koude gedistribueerd naar de diverse kavels. De technische installatie van het Ecovat is voorzien in kavel 3a. Van hieruit loopt de “back-bone” naar alle andere kavels in het gebied. Vanaf de back-bone worden de overige kavels aangesloten. Omdat de realisatieplanning van de verschillende kavels gefaseerd uitgevoerd wordt zal het warmte- en koudenet voorzien worden van afsluiters om kavels later aan te kunnen sluiten zonder het warmte- en koudenet uit bedrijf te nemen.

De technische ruimte op kavel 3a dient voorzien te worden van een elektra aansluiting, koudwater aansluiting, afvoerpunt aangesloten op het riool,



Figuur 55 Voorstel principe ontwerp leiding tracé warmte- koudenet.

Er is een KLIC-melding gemaakt voor het gebied, zie bijlage KLIC-melding. Momenteel is er beperkte ondergrondse infrastructuur aanwezig op het beoogde tracé. De ondergrondse infrastructuur wordt als licht stedelijk geïnclassificeerd.

In de ontwerpfase van de nieuw te leggen ondergrondse infrastructuur dient er rekening gehouden worden met 2mtr tracé breedte voor het warmte- en koude distributienet. Er zijn relatief grote diameters nodig waardoor deze ruimte nodig is.

11.8.3 Knelpunten leidingtracé

Op basis van de KLIC-melding zijn er geen knelpunten, enkel een aantal aandachtspunten ten aanzien van de te leggen distributienetten.

- Waterleiding is niet juist in kadaster KLIC verwerkt. Het café Capriole heeft meest waarschijnlijk ook een water aansluiting.
- Trafo station met 10kV voedingskabels. De 10kV voedingskabels dienen gekruist te worden om kavel 5 aan te sluiten. Diepte profiel ondergrondse infra vastleggen in ontwerpfase.
- Lage druk gasleiding dient gekruist te worden om kavel 5 aan te sluiten. Diepte profiel ondergrondse infra vastleggen in ontwerpfase.

- Bestaande infra (laagspanning, data, gas lage druk en water) aanwezig Binckhorstlaan 153-161, niet bekend of dit gehandhaafd blijft om kavel 3a aan te sluiten.

11.8.4 Aanbeveling

Het ondergrondse infraprofiel uitwerken op basis van liggingen en dieptes. Gemeente Den Haag heeft waarschijnlijk een standaard infra-profiel beschikbaar. Koelleidingen zullen hieraan toegevoegd moeten worden. Vervolgens infraprofiel definitief vastleggen voor de verdere ontwikkeling van de Trekvlietzone.

11.9 Ontwerp warmteopwekkers

In hoofdstuk 11.1.2 zijn de mogelijke duurzame warmteopwekkers bepaald en de potentie van ieder, namelijk:

- Zonne-energie
 - Vlakke plaat collectoren
 - Vacuüm buis collectoren
 - PVT-panelen
- Wind
- Warmtepompen lucht/water en water/water (mits gevoed door duurzame elektra)
- Weerstandsverwarming(en) (mits gevoed door duurzame elektra)
- Restwarmte
- Geothermie

In het ontwerp voor de warmteopwekkers zijn de volgende uitgangspunten meegenomen:

- Zoveel mogelijk warmte lokaal duurzaam opwekken. D.w.z. proberen de hoeveelheid warmte/energie die van buiten het gebied ingekocht dient te worden dient te worden geminimaliseerd;
- Zeer waarschijnlijk kan niet alle warmtebehoefte lokaal worden geproduceerd dus zal de resterende energie duurzaam ingekocht moeten worden.

Uit de gebiedsscan in hoofdstuk 11.1.2 volgt dat vacuümbuis zonnecollectoren op alle daken voor dit gebied het meeste opleveren, namelijk ca. 50% van de warmtevraag.

Systeem	Vermogen (kWth)	m2	Vollasturen	Temperatuur max
Zonnecollectoren (vacuümbuis)	4.000	5.920	1000	95°C

De lokale wind energie potentie wordt beschouwd als niet significant en de restwarmte en geothermie is nog niet op locatie beschikbaar of nog niet duurzaam. De overige warmte zal daarom worden opgewekt met een combinatie van power-to-heat systemen namelijk:

Systeem	Vermogen/st. (kWel)	Aantal	Vollasturen	Temperatuur (min/max)
Warmtepomp water/water	415	2	1500 - 2000	85°C
Warmtepomp lucht/water	200	2	1500 - 2000	55°C
Weerstandsverwarming	300	4	800	>95°C

11.10 Bepaling opslagcapaciteit & ontwerp dimensies Ecovat

Op basis van de warmtevraag en de combinatie van warmteopwekkers is de capaciteit van Ecovat bepaald op 9.557 GJ (2.655 MWh). Vervolgens kunnen de dimensies bepaald worden van het Ecovat opslagsysteem. Iedere laag in het vat heeft een min en max temperatuurswaarde. Om vervolgens de benodigde capaciteit op te kunnen slaan, zijn de volgende dimensies voorgesteld:

**“Het ontwerp van het Ecovat heeft een diameter van 45 meter
en is 12 lagen diep oftewel 43,2 meter.”**

Enkele overwegingen in het ontwerp:

Voor de energetische efficiëntie van een uniform geladen vat is “diept=diameter” het meest voordelig. Echter, bovenin het vat is het langere tijd warmer dan onderin, wat er weer voor zorgt dat het energetisch voordeliger is om de diepte groter te maken dan de diameter. Aan de andere kant zorgt het vergroten van de diameter (het wandoppervlak) voor kwadratisch meer inhoud. Voor de bouw van het eerste Ecovat systeem in Arnhem heeft Ecovat BV geïnvesteerd in een bouwframe en werkplatform voor de realisatie. Dit systeem is geschikt voor de voorgestelde dimensies.

11.11 Ontwerp technische ruimte

Voor het gehele gebied onderscheiden we 3 typen technische ruimtes:

- Hoofd technische ruimte bij het Ecovat in gebouw 3a;
- Dak opstelling gebouw 3a;
- Technische ruimte voor ieder deelgebied.

De technische ruimtes zijn ontworpen met fasering en modulaire bouw. Deze worden hieronder verder toegelicht.

11.11.1 Fasering

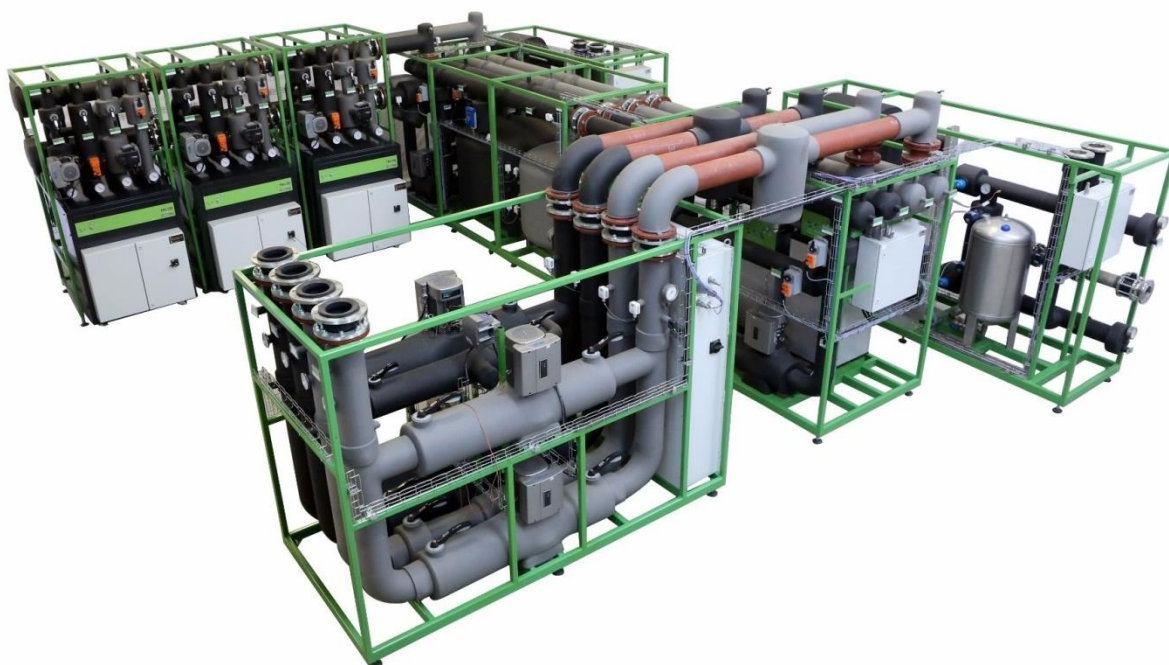
In realisatie is het uiteraard mogelijk dat nog niet de volledige installatie wordt gerealiseerd die uiteindelijk het hele gebied van 100% duurzame energie kan voorzien. Zo zijn 2 faseringsprincipes te onderscheiden. Enerzijds kan een kleinere installatie in de eerste fase voldoen wanneer nog niet het volledige gebied ontwikkeld is. Anderzijds kan, wanneer het hele gebied ontwikkeld is, er voor gekozen worden om pas op een later moment op te schalen naar 100% duurzaamheid (meer vermogen & minder

vollasturen, zie hoofdstuk 3.13.1 “100% duurzame warmte en koude voorziening”). In het ontwerp van de Hoofd technische ruimte (zie Figuur 59) is dit vertaald door het opgestelde vermogen van warmtepompen en elektrische weerstanden in 2 fases te realiseren.

11.11.2 *Modulaire bouw*

Alle systemen worden, zover dat mogelijk is, prefab geassembleerd in gestandaardiseerde skids. Een skid is een op een frame geïnstalleerde installatie. De componenten kunnen dan voorbereidend op de skid worden geïnstalleerd en de skid kan makkelijk en snel op locatie worden geïnstalleerd. Zodoende zijn alle technische ruimtes opgebouwd uit verschillende typen skids. In principe kunnen alle onderdelen van het systeem ingebouwd worden in skids, dus opwekkers, pompen, regeltechniek, etc.

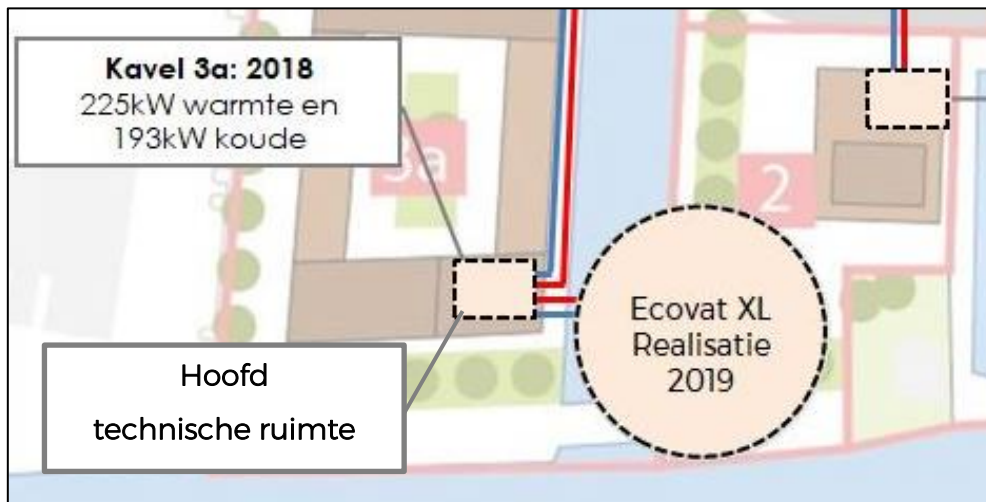
De Hoofd technische ruimte (zie Figuur 59) is ontworpen op basis van deze skids. Dus de afgebeelde vlakken in de plattegrond voor zijn de skids waarin de hoofdsystemen en subsystemen zijn geïntegreerd.



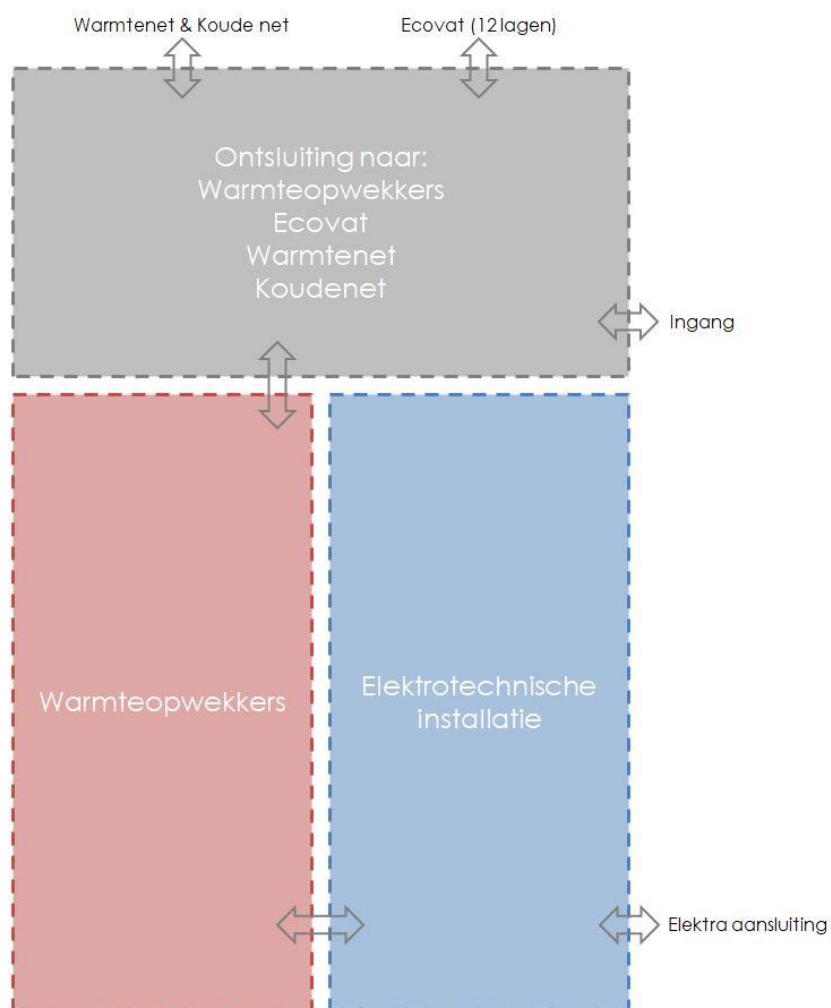
Figuur 56 Voorbeeld van systemen die ingebouwd zijn in skids

11.11.3 *Hoofd technische ruimte bij het Ecovat*

In het huidige ontwerp bevindt deze ruimte zich in gebouw 3a (zie Figuur 57). In Figuur 58 & Figuur 59 zijn de schematische indeling en plattegrond weergegeven.



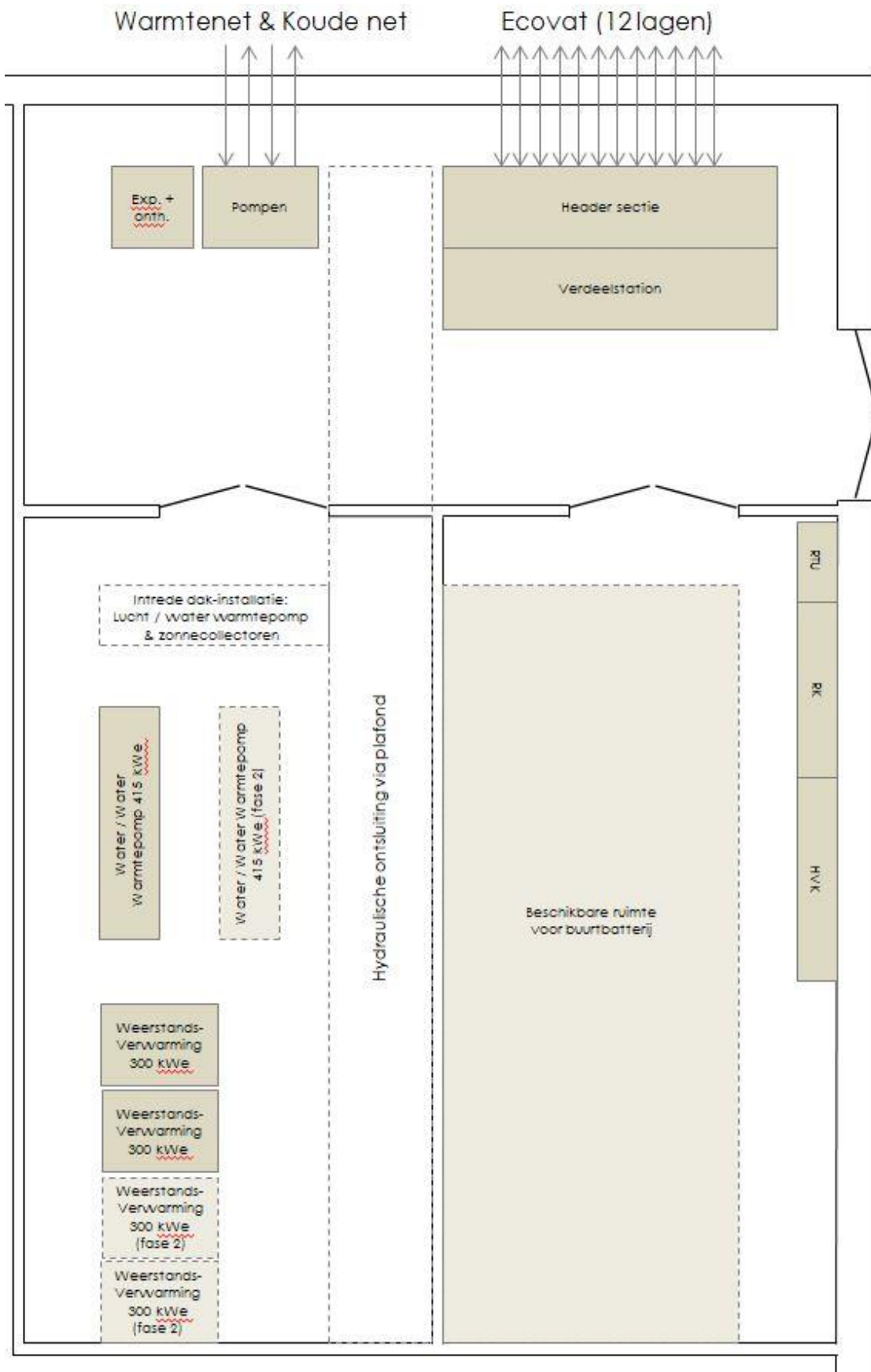
Figuur 57 Locatie van de hoofdtechnische ruimte in de zuid-oostelijke hoek van kavel 3a



Figuur 58 Schematische indeling van de TR: Ontsluiting, warmteopwekkers, elektra.

De hoofd technische ruimte bevat de volgende systemen:

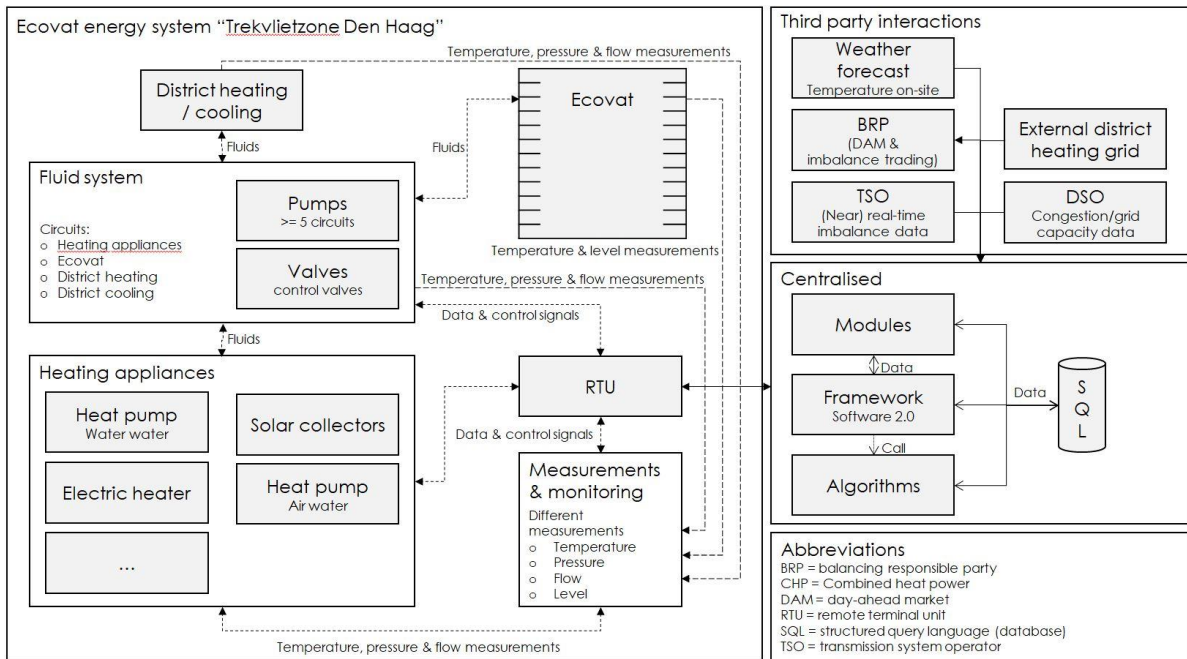
- 2 Water/water warmtepompen(2 x in skid);
- 4 Weerstandsverwarmingen (4 x in skid);
- Headersectie met regelkleppen. Dit is een verdeelsectie die bepaald welke energiestromen waar heen gaan (verbindingen tussen de verschillende lagen in het vat, het warmtenet, het koude net, en de opwekkers) (1 of meerdere skids);
- Expansie automaat + waterontharding / filtering (1 skid);
- Regeltechniek (kast)
- Hoofdschakel en verdeelinrichting (kast);
- 6 Distributiepompen (1 skid);
- Remote terminal unit (RTU met o.a. PC en interfase);
- Ruimte voor batterijsysteem. Deze batterij kan meerdere functies voor de buurt vervullen.



Figuur 59 Schematische plattegrond van technische ruimte

11.11.4 **Systemarchitectuur voor optimale sturing**

Om het systeem zo optimaal mogelijk te sturen is een architectuur ingericht waarin de verschillende stromen en relaties duidelijk worden. In Figuur 60 is de systeemarchitectuur schematisch weergegeven en zijn de relaties tussen de verschillende componenten van het systeem zichtbaar.



Figuur 60 Schematische plattegrond van technische ruimte

11.11.5 **Dak opstelling gebouw 3a**

In het huidige ontwerp bevindt deze "ruimte" zich op het dak en bevat de volgende systemen:

- 2 Lucht/water warmtepompen.

Deze 2 lucht/water warmtepompen zijn op het dak geplaatst om het effect van het geluid op het maaiveld te minimaliseren. Een akoestisch onderzoek is nodig om te bekijken over overige mitigatiemaatregelen nodig zijn om het geluid te beperken.

11.11.6 **Technische ruimte voor ieder deelgebied**

Ieder deelgebied heeft een technische ruimte waar het warmte- en koude net bij het gebouw binnen komt. Hier wordt de warmte en koude gedistribueerd naar het interne tracé, én hier wordt de warmte van de zonnecollectoren ingevoerd op het interne tracé of op het warmtenet.