

Bodemenergie Provinciehuis Utrecht

Haalbaarheid en varianten bodemenergie





Datum 9 november 2021
Referentie 71105/RoS/20211109
Betreft Bodemenergie Provinciehuis Utrecht
Behandeld door H. de Jonge en T. van der Velden
Gecontroleerd door S. Verplak
Versienummer 0.1

OPDRACHTGEVER

Provincie Utrecht
J. Daeij Ouwers
Archimedeslaan 6
Postbus 80300
T 030 258 91 11
E info@provincie-utrecht.nl

INHOUDSOPGAVE

1 Inleiding	4
2 Energetische uitgangspunten	5
2.1 Energetische uitgangspunten	5
3 Inventarisatie geschiktheid bodem	6
3.1 Bodemopbouw	6
3.2 Technische en juridische aspecten	6
4 Inventarisatie geschiktheid TEO	10
5 Afweging varianten	13
5.1 Mogelijke varianten	13
5.1.1 Monovalent WKO-systeem (variant 1)	13
5.1.2 Bivalent systeem met WKO en stadswarmte (variant 2)	14
5.2 Afweging tussen varianten	15
6 Technische haalbaarheid	17
6.1 Conceptkeuze	17
6.2 bronnen en bronleidingwerk	17
6.3 technische ruimte met warmtepompen	17
6.4 Principeschema en schetsontwerp	17
6.5 Energetische uitgangspunten	19
7 Financiële haalbaarheid	20
7.1 Uitgangspunten	20
7.2 Financiële rekenwaardes	20
7.3 Resultaten financiële vergelijking	22
7.3.1 Investeringskosten (CAPEX) en operationele kosten (OPEX)	22
7.3.2 Resultaten TCO berekeningen	23
8 Duurzaamheidsbijdrage	24
8.1 Uitgangspunten	24
8.2 Resultaten vergelijking	24
9 Conclusies en aanbevelingen	26
9.1 Conclusies	26
9.2 Aanbevelingen	26
Bijlage 1 Tarieven Eneco	28

1 Inleiding

De Nederlandse overheid wil in 2030 49% minder CO₂ uitstoten ten opzichte van 1990. In 2050 moet dat 95% minder zijn. Dit is nodig om de temperatuur op aarde niet verder te laten stijgen dan anderhalve graad. Bij deze temperatuurstijging lijken de gevolgen van klimaatverandering nog beheersbaar. Om de doelstelling te halen heeft de overheid samen met bedrijven en organisaties maatregelen afgesproken. Deze staan in het nationale Klimaatakkoord.

Als antwoord op het klimaatakkoord heeft de provincie Utrecht een duurzaamheidsambitie opgesteld. Onderdeel hiervan is het energieneutraal maken van hun eigen provinciehuis. Momenteel maakt het pand nog gebruik van stadswarmte en koelmachines, maar in de toekomst wil de provincie Utrecht graag duurzamere energie-installaties gebruiken. Daarom heeft de provincie Utrecht aan IF Technology gevraagd om de haalbaarheid van WKO te toetsen. Warmte en koudeopslagsystemen (WKO) maken gebruik van bodemenergie om het pand op een duurzame wijze van warmte en koude te voorzien. In het voorliggende rapport zijn de resultaten weergegeven van het onderzoek naar de haalbaarheid van WKO en zijn een aantal varianten met elkaar vergeleken. De variantenstudie maakt inzichtelijk wat de toepassingsmogelijkheden zijn van bodemenergie en in welke vorm bodemenergie de meeste voordelen biedt op financieel en milieutechnisch vlak.



Figuur 1.1 | Provinciehuis Utrecht.

Het onderzoek is als volgt opgebouwd: Hoofdstuk 2 fungeert als fundament van dit onderzoek. Zo zijn in dit hoofdstuk de verschillende uitgangspunten (rekenwaarden) en randvoorwaarden opgenomen. In hoofdstuk 3 ligt de focus op de potentie van de bodem. Vervolgens is in hoofdstuk 4 vastgesteld welke varianten toepasbaar zijn op de projectlocatie. De gekozen concepten worden vervolgens in de hoofdstukken 5 tot en met 7 beoordeeld op technische en financiële haalbaarheid en wordt de duurzaamheidsbijdrage inzichtelijk gemaakt. Het rapport wordt afgesloten met de conclusies en aanbevelingen. In de bijlage is extra informatie toegevoegd over de werking van verschillende regeneratietechnieken.

2 Energetische uitgangspunten

Dit hoofdstuk behandelt verschillende energetische uitgangspunten die samen met de opdrachtgever/projectpartners zijn opgesteld. De uitgangspunten in dit hoofdstuk zullen in de navolgende hoofdstukken worden gebruikt om berekeningen mee op te stellen.

2.1 ENERGETISCHE UITGANGSPUNTEN

In samenwerking met de betrokken partijen heeft IF Technology de energetische uitgangspunten voor het provinciehuis opgesteld. De volgende bronnen zijn gebruikt om de benodigde vermogens en de energievraag in kaart te brengen:

- Benodigd vermogen ruimteverwarming: facturen stadswarmte Eneco
- Energievraag ruimteverwarming: Verbruikscijfers (energiegegevens Eneco 2011 tot 2019)
- Benodigd vermogen koeling: Gebaseerd op aangeleverde informatie van VDL
- Energievraag koeling: Inschatting op basis van IF Technology kentallen.

De resultaten uit deze inventarisatie staan weergegeven in Tabel 2.1 en dienen in de volgende hoofdstukken als rekenwaardes. Deze koudevraag/-levering wordt momenteel niet gemonitord. Zodoende heeft IF Technology hiervoor een aanname gedaan. Voor de verdere uitwerking is uitgegaan van 700 vollasturen. Daarnaast is tevens omschreven wat de consequenties zijn indien de koudevraag op basis van 900 vollasturen bepaald zou worden.

Tabel 2.1 | Energie- en vermogensvraag provinciehuis Utrecht.

Project	Ruimteverwarming		Koeling	
	Vermogen [kW]	Warmtevraag [MWh/jaar]	Vermogen [kW]	Koudevraag [MWh/jaar]
Provinciehuis Utrecht	2.350	3.070	2.270	1.590

3 Inventarisatie geschiktheid bodem

3.1 BODEMOPBOUW

De bodemopbouw op de locatie en in de directe omgeving is beschreven op basis van de volgende gegevens:

- Grondwaterkaart van Nederland;
- Regionaal Geohydrologisch Informatie Systeem (REGIS);
- Boorbeschrijvingen uit het archief van TNO Bouw en Ondergrond via DINoloket;
- Boorbeschrijvingen van omliggende bodemenergiesystemen (ASR en Rijnsweerd).

De verwachte bodemopbouw op de locatie is weergegeven in Tabel 3.1.

Tabel 3.1 | Bodemopbouw

diepte [m-mv] *	lithologie	geohydrologie
0 - 3	klei en matig grof zand met leembrokjes	deklaag
3 - 22	zeer grof zand met plaatselijk kleibrokjes	1 ^e watervoerend pakket
22 - 25	klei en grof zand met kleibrokjes	lokale scheidende laag
25 - 50	zeer grof zand met plaatselijk kleibrokjes	1 ^e watervoerend pakket
50 - 70	klei, leem en zand	1 ^e scheidende laag
70 - 120	matig grof tot uiterst grof zand	2 ^e watervoerende pakket

* het maaiveld bevindt zich op circa 2,0 m NAP

Bodemgeschiktheid

Wegens gemeentelijk en provinciaal beleid is het toepassen van een open bodemenergiesysteem alleen in het eerste watervoerende pakket toegestaan. Op basis van ervaringen bij open bodemenergiesystemen in dit gebied wordt verwacht dat een broncapaciteit van rond de 65 m³/uur haalbaar is. Als gevolg van de aanwezige technische en juridische knelpunten, kan de maximaal haalbare capaciteit mogelijk nog lager liggen.

3.2 TECHNISCHE EN JURIDISCHE ASPECTEN

In Tabel 3.2 zijn de relevante technische en juridische aspecten opgenomen die van invloed zijn op de werking van een open bodemenergiesysteem in het eerste watervoerende pakket. In en onder de tabel zijn de aandachtspunten, risico's of belemmeringen nader toegelicht en is beschreven of aanvullend onderzoek noodzakelijk is.

Tabel 3.2 | Technische en juridische aspecten bodemenergiesysteem

onderwerp		toelichting
bodemopbouw		
doorlaatvermogen	✓	geschikt
dikte pakket	✓	voldoende dik
doorboren veenlagen/bruinkollagen	✓	niet aanwezig
opbarsten bron	⚠ 1	aanwezig, aandachtspunt bij ontwerp
grondwater		
grondwaterstand	✓	1,3 m-mv (1,2 - 1,4 m-mv) (bron: peilen oppervlaktewater)
stijghoogte 1 ^e watervoerend pakket	✓	0,6 m NAP (0,4 - 0,8 m NAP) (bron: peilbuis B31H0577)
artesisch grondwater	✓	niet aanwezig
grondwaterstroming	✓	10 m/jaar in noordwestelijke richting
zoet-/brak/zout-overgangen	✓	zoet-/brakgrensvlak: circa 220 m-mv, brak-/zoutgrensvlak: > 220 m-mv, geen beïnvloeding
gas	✓	geen afwijkende gasdruk
deeltjes	✓	geen verhoogd risico op deeltjes
redox	⚠ 2	redoxovergang in eerste watervoerende pakket
temperatuur opslagpakket	✓	11 °C
belangen		
bodemenergieplan of interferentiegebied	✓	niet gelegen in bodemenergieplan of interferentiegebied
grondwateronttrekkingen	✓	geen grondwateronttrekkingen binnen 250 m
open bodemenergiesystemen	⚠ 3	diverse open bodemenergiesystemen in de omgeving
gesloten bodemenergiesystemen	✓	geen gesloten bodemenergiesystemen binnen 250 m
zettingen	✓	noemenswaardige zetting wordt niet verwacht
grondwaterbescherming	✓	niet gelegen in een boringsvrije zone of nabij een waterwingebied
natuurbelangen	⚠ 4	Park Bloeyendaal vormt aandachtspunt
archeologie	✓	niet gelegen in een aandachtsgebied voor archeologische waarden
aardkundig waardevol gebied	✓	niet gelegen in een aardkundig waardevol gebied
verontreinigingen	⚠ 5	verontreiniging aanwezig, locatie gelegen binnen de dynamische zone van het gebiedsgerichte grondwaterbeheer
waterkering	✓	geen waterkering aanwezig binnen circa 500 m
spoor	✓	geen spoor aanwezig binnen circa 500 m
begraafplaats	✓	geen begraafplaats aanwezig binnen circa 500 m
kabels en leidingen in de bodem	✓	geen risicovolle leidingen bekend, leidingen wel aandachtspunt bij realisatie
ondergrondse infrastructuur	⚠	parkeerkelder onder groot deel kavel, aandachtspunt bij plaatsing bronnen
✓ geschikt, geen belemmering of aandachtspunt ⚠ aandachtspunt of risico ✗ hoog risico of belemmering		

1. Opbarsten bron

Vanwege de ondiepe ligging van het opslagpakket vormt opbarsting van de bronnen een aandachtspunt. Opbarsting treedt op wanneer de injectiedruk groter is dan de tegendruk van de bodem. Indien dit optreedt, vindt grondontspanning plaats met het instorten van de bron tot gevolg. Om dit te voorkomen dient het bronfilter voldoende diep gerealiseerd te worden en/of de capaciteit van de bronnen beperkt te worden. Mogelijk dient hier rekening mee te houden bij het aanvullen van het boorgat.

Indien in het ontwerp hier rekening mee gehouden wordt, vormt dit in de praktijk geen risico.

2. Redox

In ondiepe watervoerende pakketten waar een deklaag ontbreekt of slecht ontwikkeld is, kan zuurstofrijk grondwater diep in de bodem doordringen. De overgang van zuurstofrijk naar ijzerrijk grondwater wordt een redoxgrens genoemd. Mengen van grondwater met verschillende waterkwaliteiten kan bronverstopping tot gevolg hebben. Op basis van kleurovergangen in boorbeschrijvingen zou er een overgang boven in het eerste watervoerende pakket aanwezig kunnen zijn. Door de bronfilters voldoende diep te plaatsen kan het aantrekken van een eventuele redoxgrens voorkomen worden. Geadviseerd wordt om, net als bij de omliggende bodemenergiesystemen is gedaan, de bronfilters vanaf circa 25 m-mv (onder de lokale scheidende laag) te plaatsen.

3. Open bodemenergiesystemen

Bij de RUD Utrecht is een overzicht opgevraagd van open bodemenergiesystemen in de omgeving van de projectlocatie. Uit het overzicht (d.d. 10 juni 2021) blijkt dat binnen een afstand van circa 500 m drie open bodemenergiesystemen aanwezig zijn. Deze systemen zijn in Tabel 3.3 weergegeven. De bronfilters van alle systemen bevinden zich in het eerste watervoerende pakket.

Tabel 3.3 | Open bodemenergiesystemen binnen een straal van 500 m

bedrijfsnaam	afstand en richting t.o.v. project	debiet [m³/uur]	vergunde waterhoeveelheid [m³/jaar]
ASR	100 m ten zuiden	250	1.230.000
Provinciehuis (oudbouw)	200 m ten westen	50	63.500
Rijnsweerd	600 m ten zuidwesten	180	319.200

Bij de inpassing van bronnen voor het nieuwe Provinciehuis moet met name rekening gehouden worden met het bodemenergiesysteem van ASR. De bronlocaties moeten afgestemd zijn op de bronlocaties van ASR en er dient aangetoond te worden dat beide systemen naast elkaar kunnen functioneren zonder dat deze elkaar negatief beïnvloeden.

4. Natuurbelangen

Direct ten noorden en westen van de locatie ligt het natuurgebied Park Bloeyendaal van Stichting Park Bloeyendaal. Het park is circa 8 ha groot en kenmerkt zich door de zeer gevarieerde natuur. In de vele waterpartijen zitten onder andere vele kikkers, vissen en ringslangen. Zeldzame vogels als de ijsvogel en de nachtegaal komen in het park voor. In de zomer nestelen de vogels er en in het najaar is het een belangrijk voedselgebied voor vogels van buiten de stad. Ook diverse zeldzame planten kunnen er worden aangetroffen (bron: www.parkbloeyendaal.nl).

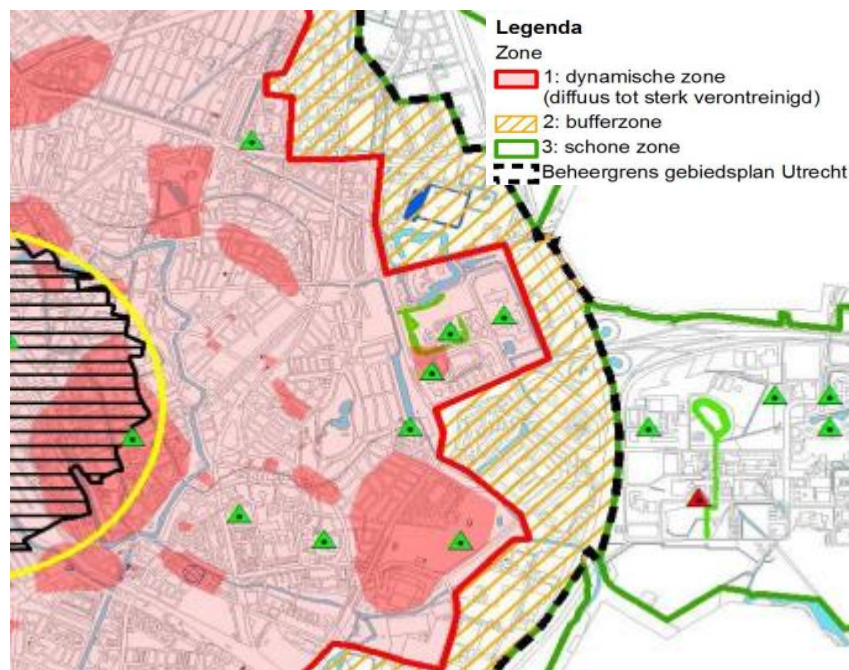
Aangetoond moet worden dat het beoogde open bodemenergiesysteem geen negatieve invloed heeft op de aanwezige natuurwaarden in het park. De verwachting is dat dit mogelijk is.

5. Verontreinigingen

Op circa 400 m ten zuidwesten is een grondwaterverontreiniging aanwezig. Het betreft een verontreiniging met minerale olie op het terrein van Rijnsweerd aan de Boylelaan. Op dit terrein bevindt zich het open bodemenergiesysteem van Rijnsweerd. De invloed van het beoogde bodemenergiesysteem van het Provinciehuis op de verontreiniging zal aanzienlijk kleiner zijn dan de invloed van het

bodemenergiesysteem van Rijnsweerd. Verwacht wordt dat deze verontreiniging geen belemmering vormt voor het beoogde bodemenergiesysteem.

Daarnaast ligt het Provinciehuis binnen de dynamische zone van het gebiedsgerichte grondwaterbeheer van de verontreinigingen binnen Utrecht (zie Figuur 3.1). Binnen deze zone is het toegestaan om verontreinigingen te verplaatsen indien aangesloten wordt bij deze gebiedsgerichte aanpak.



Figuur 3.1 | Zoneringskaart Gebiedsgerichte grondwaterbeheer Utrecht

4 Inventarisatie geschiktheid TEO

Algemeen:

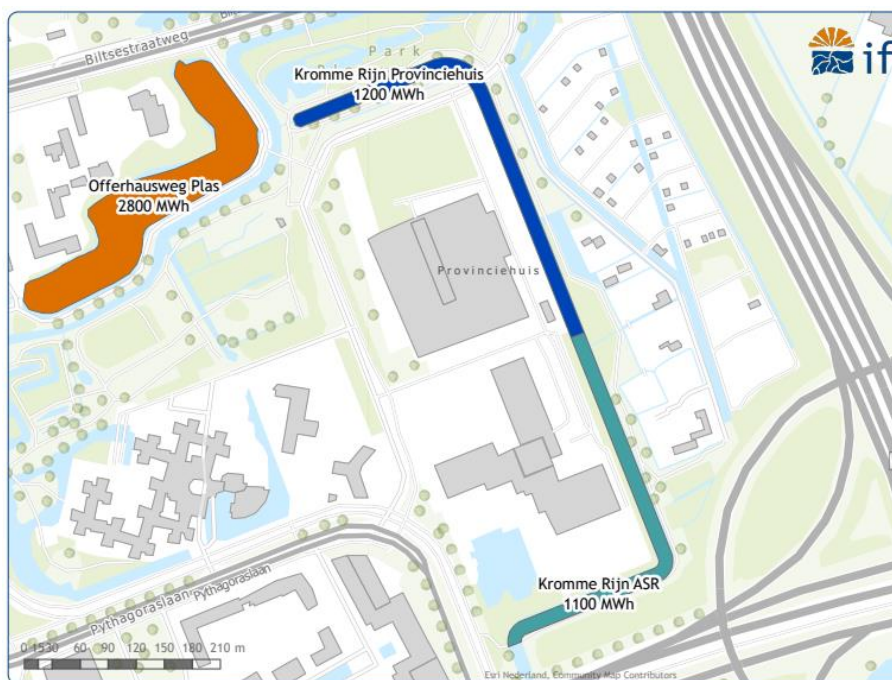
Gezien de aanwezigheid van oppervlaktewater nabij de projectlocatie is de toepassing van Thermische Energie uit Oppervlaktewater (TEO) als vorm van aquathermie onderzocht. Middels deze techniek kan warmte uit het oppervlaktewater onttrokken worden en daarmee kan een energetische balans voor het project behaald worden.

Locaties en potentieel:

In Figuur 4.1 zijn de verschillende waterlichamen rondom de projectlocatie weergegeven. De potentie van de waterlichamen is onder andere afhankelijk van het oppervlak (m^2) en stroomsnelheid. Het oppervlak is met behulp van google maps geschat. In de Offerhausweg plas zit geen stroming. In de kromme Rijn zit wel stroming, maar deze is zo laag dat het voor nu als verwaarloosbaar wordt beschouwd.

Indicatie van oppervlak potentieel op locatie:

- Offerhausweg plas = 2.800 MWh
- Kromme Rijn = 2.300 MWh



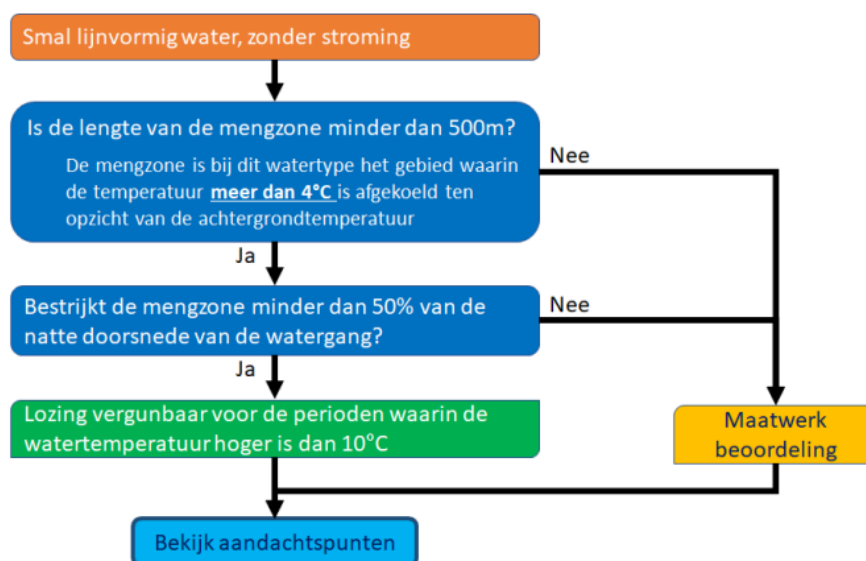
Figuur 4.1 | Verschillende waterlichamen rondom het provinciehuis.

Juridische randvoorwaarden:

Het belangrijkste uitgangspunt bij het beoordelen van een koud-waterlozing is dat de waterkwaliteit niet verslechtert en de ecologie niet nadelig wordt beïnvloed. Het kenniscentrum voor de waterschappen (STOWA) heeft dit jaar (2021) een eerste beoordelingskader opgesteld, waarin per type watergang wordt omschreven onder welke voorwaarden een TEO-systeem gerealiseerd mag worden¹.

In dit project ligt de focus op kleine waterplassen rondom het provinciehuis. Volgens het beoordelingskader van STOWA behoort de kromme Rijn tot de lijnvormig peilgestuurde wateren met aansluitende KRW-type M1. De Offerhausweg plas behoort tot de meervormig ondiepe wateren met als KRW-type M12. STOWA heeft per type watergang een lijst met beoordelingscriteria opgesteld, waaraan moet worden voldaan om een vergunning te krijgen. Sommige watertypen zijn geclassificeerd als beschermd natuurgebied en zijn op voorhand al **niet** vergunbaar.

Beoordelingscriteria voor de kromme Rijn (watertype M1):



Figuur 4.2 | Beoordelingscriteria watertype M1

De onderstaande stukken zijn geciteerd uit het rapport van STOWA:

- Lengte van de mengzone

Voor autonoom stagnante kleine lijnvormige wateren adviseren we de lengte van de mengzone te begrenzen op 500 meter. De mengzone is de oppervlakte van het gebied waarin de temperatuur meer dan 4 °C is afgekoeld ten opzichte van de achtergrondtemperatuur.

¹ Bron: STOWA, 2021. Beoordelingskader voor TEO-systemen. Geraadpleegd op 12-10-2021, van <https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PUBLICATIES/Publicaties%202021/STOWA%202021-30%20koudelozingen.pdf>

- Barrièrewerking

Om te voorkomen dat door koudepluimen in smalle watergangen een barrièrewerking voor migrerende soorten kan ontstaan, mag de mengzone niet meer dan 50 % van de natte doorsnede van de watergang bestrijken. Als de mengzone van een initiatief meer dan 50 % van de natte doorsnede bestrijkt, bijvoorbeeld om voldoende rendement te behalen, wordt geadviseerd om een expert beoordeling te laten maken waarin de kans op nadelige ecologische effecten wordt beschouwd. Op basis van deze beoordeling wordt bepaald of het initiatief alsnog vergunbaar is.

- Lozingsperiode

In kleine lijnvormige wateren kan ecologische schade optreden als de watertemperatuur als gevolg van koudelozingen lager wordt dan 10 °C. Daarom is het advies om de lozingsperiode te beperken tot perioden waarin de watertemperatuur hoger is dan 10 °C. Deze temperatuur komt overeen met de grondwatertemperatuur.

Conclusie: De kromme Rijn voldoet aan de bovenstaande punten en komt daarmee in aanmerking voor een vergunning.

Beoordelingscriteria voor Offerhausweg plas (watertype M12):

- Niet vergunbaar!

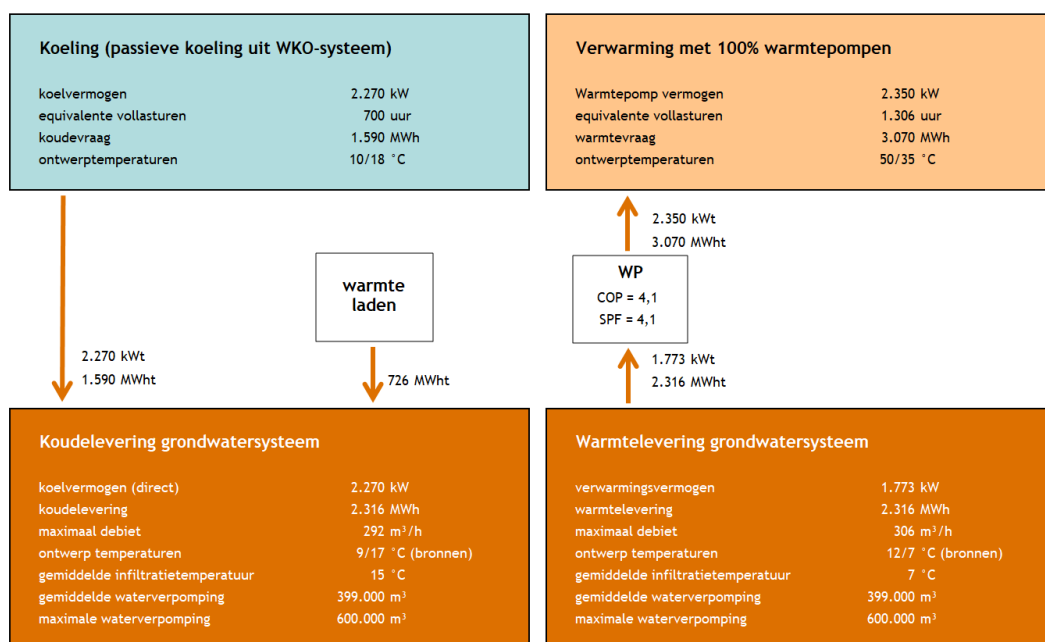
5 Afweging varianten

5.1 MOGELIJKE VARIANTEN

De provincie Utrecht wenst haar provinciehuis graag te verwarmen en koelen met behulp van een WKO-systeem. Op basis van de verzamelde informatie hebben wij een tweetal varianten uitgewerkt, waarbij WKO wordt toegepast.

5.1.1 Monovalent WKO-systeem (variant 1)

In dit concept wordt 100% van de benodigde warmte en koude geleverd vanuit het WKO-systeem. In Figuur 5.1 is een blokschema van deze situatie weergegeven. Het blokschema maakt de verschillende energiestromen visueel en geeft (globaal) de dimensionering van het open bodemenergiesysteem weer.



Figuur 5.1 | blokschema - monovalent WKO-systeem in combinatie met warmtepompen.

Uit het blokschema blijkt dat een **monovalent** WKO-systeem een onbalans heeft van 730 MWh per jaar. Om deze onbalans recht te trekken is er behoefte aan regeneratie van warmte. Dit kan op allerlei verschillende manieren gebeuren. Denk daarbij aan de volgende technieken:

- Inzet van luchtbehandelingskosten voor laden van warmte (ook eventueel geschikt voor laden van koude)
- Droge koelers (ook eventueel geschikt voor laden van koude)
- Thermische energie uit oppervlaktewater
- PT panelen (photo thermal)

Aantal vollasturen: In de bovenstaande situatie is gerekend met 700 vollasturen. Als wordt gerekend met 900 vollasturen dan resulteert dit in een hogere koudevraag, waarmee de onbalans in de

bodem afneemt. Bij 900 vollasturen bedraagt de onbalans nog maar 270 MWh. Bij deze onbalans is het naar verwachting financieel gezien minder interessant om gebruik te maken van een TEO-systeem.

5.1.2 Bivalent systeem met WKO en stadswarmte (variant 2)

In dit concept maakt het provinciehuis gebruik van het WKO-systeem en van stadswarmte. In Figuur 5.2 is het bijbehorende blokschema weergegeven.

Koudelevering (zomerperiode)

In de zomerperiode wordt het grootste gedeelte van de koudevraag passief geleverd vanuit het WKO-systeem (zonder warmtepomp). Tijdens piekmomenten springt de warmtepomp bij om ook actief koude te leveren. Door slim gebruik te maken van de warmtepomp is het mogelijk om de volledige koudevraag te leveren met een relatief laag grondwaterdebiet.

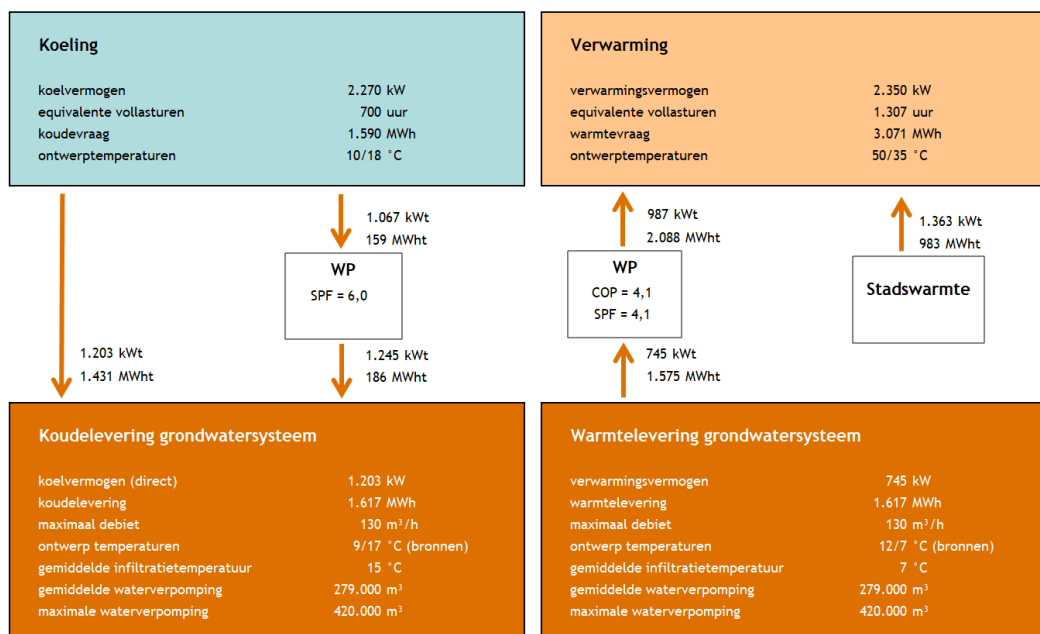
Aantal vollasturen: Als wordt gerekend met 900 vollasturen dan resulteert dit in een hogere koudevraag, waarmee een onbalans in de bodem ontstaat. Dit kan verholpen worden door een deel van de condensorwarmte van de warmtepomp tijdens koelbedrijf **niet** af te voeren naar de bodem, maar naar de buitenlucht door middel van een droge koeler.

Warmtelevering (winterperiode)

Gezien het beschikbare debiet in de bodem is het mogelijk om circa 70% van de warmtevraag te leveren met behulp van het WKO-systeem en warmtepompen. De overige 30% van de energie wordt voornamelijk geleverd op piekmomenten. Om toch de volledige warmtevraag te kunnen leveren zal het provinciehuis ook nog gebruik maken van stadswarmte.

Regeneratie

In dit concept is geen regeneratie nodig. Hier moet wel bij vermeld worden dat IF Technology een theoretische situatie heeft geschetst dat kan afwijken in de werkelijkheid. Daarom adviseren wij om het systeem goed te monitoren. Mocht het systeem toch niet in balans draaien dan adviseren wij om de (kleine) onbalans te regenereren met behulp van (reeds aanwezige) luchtbehandelingskasten of droge koelers. Voor het regenereren op kleine schaal is dit namelijk de meest toegepaste en goedkoopste techniek.



Figuur 5.2 | Blokschema - combinatie van WKO en stadswarmte (bivalent)

5.2 AFWEGING TUSSEN VARIANTEN

Om een juiste afweging te kunnen maken tussen de onderzochte varianten hebben we de verschillende voor- en nadelen in kaart gebracht. De onderstaande punten zijn kwalitatief onderbouwd. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat de vergelijking is gemaakt tussen de twee onderzochte concepten onderling en niet ten opzichte van de huidige situatie.

Tabel 5.1 | Kwalitatieve vergelijking tussen de twee varianten

Monovalent systeem	Bivalent systeem
Voordelen:	Voordelen:
Duurzamer systeem	Een systeem bestaande uit 2 dubletten is naar verwachting inpasbaar en vergoedbaar
Lagere exploitatiekosten	Lagere investeringskosten
	Geen regeneratie nodig
	Hogere bedrijfszekerheid (bivalent)
	In een concept met stadswarmte liggen de temperatuurtrajecten van de afgiftesystemen minder kritisch
Nadelen:	Nadelen:
Regeneratievoorziening nodig	Minder duurzaam
Aantal benodigde bronnen in de huidige (vergoede) situatie niet inpasbaar	
Het systeem is minder bedrijfszeker/ minder redundant (mono-valent)	

Voorkeursenergieconcept:

Gebaseerd op bovenstaande punten adviseren wij om een bivalent systeem te realiseren. Met als voornaamste reden dat op basis van de huidige (vergunde) situatie van ASR slechts een beperkt aantal doubletten inpasbaar/vergunbaar is op de locatie. Financieel gezien ontlopen de twee varianten elkaar niet veel. Zo is het bivalente systeem in de aanschaf goedkoper en heeft het monovalente systeem lagere operationele kosten.

Aanbevolen wordt om voor het vervolgtraject verder in te steken op het bivalente energieconcept. Voor de verdere uitwerking van dit onderzoek wordt dit concept als basis gebruikt.

6 Technische haalbaarheid

6.1 CONCEPTKEUZE

Om provinciehuis Utrecht van duurzame energie te voorzien wordt geadviseerd een WKO-systeem te realiseren in combinatie met stadswarmte. In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op de technische details van dit voorkeursconcept.

6.2 BRONNEN EN BRONLEIDINGWERK

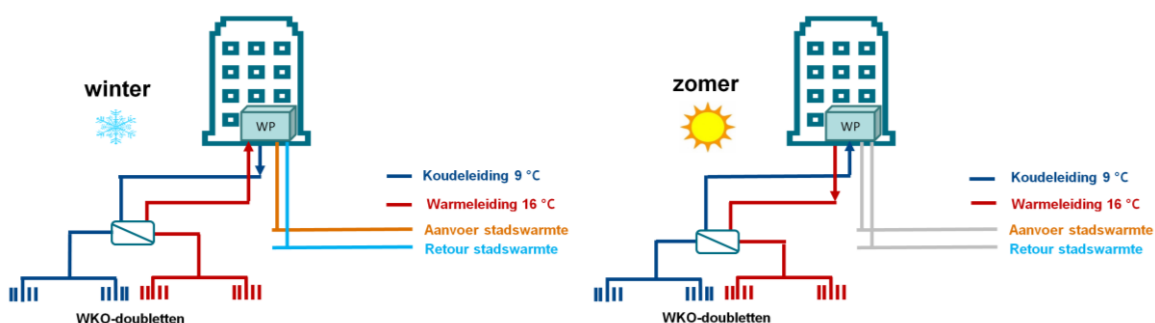
De eerste stap in het uitwerken van een energieconcept is het bepalen van de benodigde grootte van de WKO-bronnen. In dit concept is ervoor gekozen om het bodemenergiesysteem uit te leggen op een debiet van 120 à 130 m³/uur. Hiervoor zijn twee dubletten nodig die beide 60 à 65 m³/uur leveren. De WKO-bronnen moeten op voldoende afstand van de ASR-bronnen gerealiseerd worden om thermische interferentie te voorkomen. Zie Figuur 6.2 voor de mogelijke locaties.

6.3 TECHNISCHE RUIMTE MET WARMTEPOMPEN

Het provinciehuis heeft op dit moment al een technische ruimte (TR) die eventueel ook in de toekomstige situatie gebruikt kan worden. In de TR bevindt zich momenteel de afleverzet van de stadswarmte-aansluiting, waar vanuit de warmte door het pand verder wordt gedistribueerd. In de toekomstige situatie wordt de TR ook voorzien van onder andere warmtewisselaars, regelkasten, warmtepompen en buffervaten. Hiervoor moet circa 40-60 m² aan ruimte gereserveerd worden. Of de huidige TR hiervoor genoeg ruimte biedt moet nader onderzocht worden. Uitgangspunt is dat er (traditionele) warmtepompen worden ingezet waarmee een aanvoertemperatuur van circa 50 à 55°C geleverd kan worden.

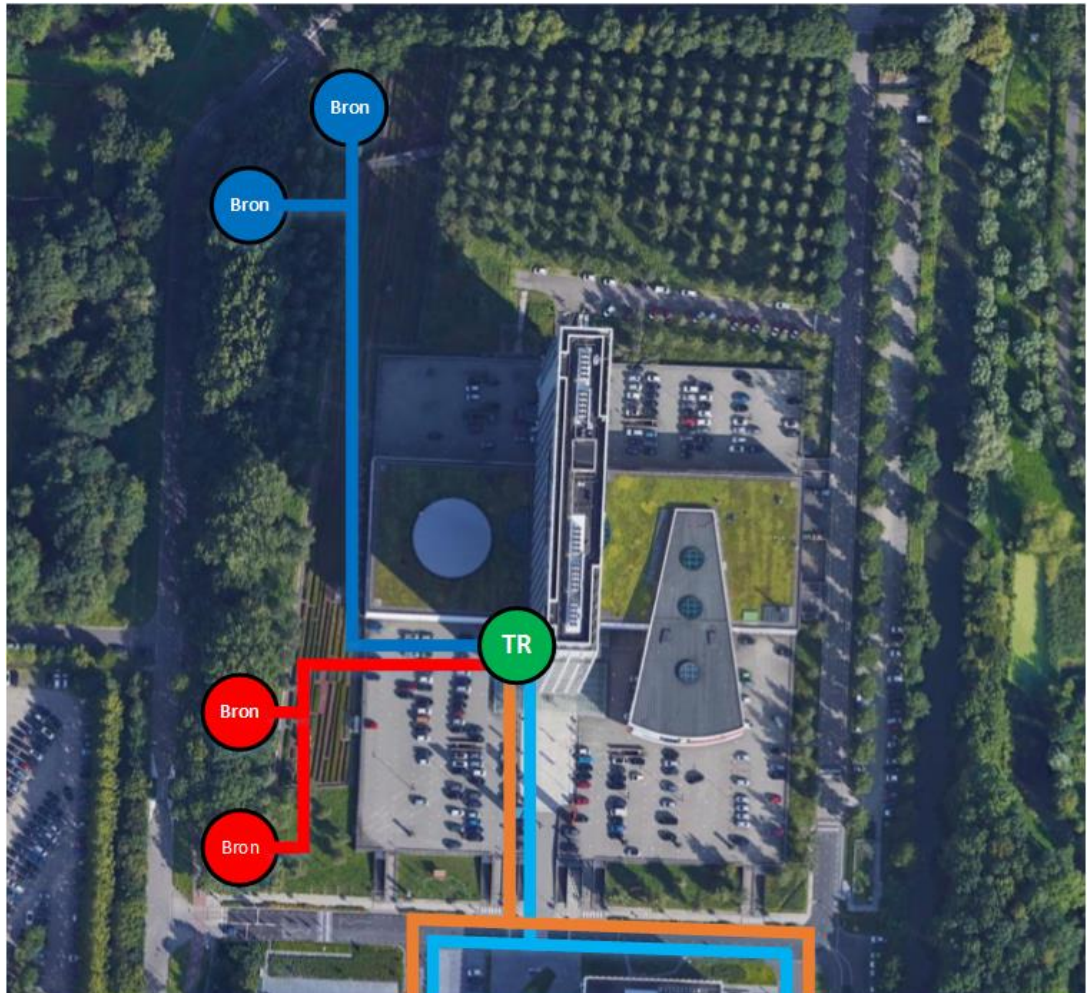
6.4 PRINCIPESHEMA EN SCHETSONTWERP

In Figuur 6.1 is het prinsipschema van het voorkeursenergieconcept weergegeven.



Figuur 6.1 | Prinsipschema van het voorkeursenergieconcept. (WP = warmtepomp)

Om een beeld te krijgen bij de verschillende onderdelen van het concept en om de mogelijke inpassingen te visualiseren is een schetsontwerp gemaakt in Figuur 6.2. Het betreft een eerste schets ter indicatie.



Figuur 6.2 | Schetsontwerp toekomstige situatie provinciehuis Utrecht. Indicatief zijn locaties aangegeven van de WKO-bronnen (blauw = koude bronnen en rood = warme bronnen). De leidingen van het stadswarmtenet zijn al aanwezig en het provinciehuis is hier al op aangesloten. In de technische ruimtes wordt het water vanuit de WKO-bronnen opgewaardeerd naar de gewenste temperatuur. Samen met de warmte uit het warmtenet wordt het vervolgens gedistribueerd door het gebouw. Het figuur is slechts ter indicatie (haalbaarheidsniveau) en betreft geen ontwerp. In de engineeringsfase wordt meer in detail naar inpassing van de verschillende onderdelen gekeken.

6.5 ENERGETISCHE UITGANGSPUNTEN

Tabel 6.1 | Energetische uitgangspunten voor het project Provinciehuis Utrecht.

parameter	eenheid	Concept bivalent
gebouwen/afnemers		
aantal aansluitingen	-	1
warmtebehoefte gebouwen	MWh/jaar	3.070
warmtenet		
temperatuur warme leiding (aanvoer)	°C	50-55
temperatuur koude leiding (retour)	°C	30
warmteverlies inpandig	%	10
technische ruimte		
Seasonal Performance Factor (SPF) warmtepomp ²	-	4,1 ³
vermogen productie totaal	kW	2.400
aandeel warmtepomp vermogen	%	42%
aandeel stadswarmte vermogen	%	58%
aandeel warmtepomp energie	%	68%
aandeel stadswarmte energie	%	32%
Opslag (WKO)		
gem infiltratietemperatuur koude	°C	7,0
minimaal benodigd debiet WKO	m ³ /h	130
aantal WKO-doubletten	-	2
gem infiltratietemperatuur warmte	°C	17
Elektriciteitsverbruik		
Elektriciteitsverbruik	MWh _e	920

² SPF is de gemiddelde COP gedurende een jaar. Het is de verhouding tussen nuttig geleverde warmte en benodigde elektriciteit van de warmtepomp.

³ DE SPF is berekend op basis van 50 °C aanvoer en 7 °C retour. Hiermee heeft de warmtepomp een Carnot-rendement van 6,8 en een systeemrendement van 0,6. Dit resulteert in een COP van 4,1.

7 Financiële haalbaarheid

7.1 UITGANGSPUNTEN

In dit hoofdstuk wordt het voorkeursenergieconcept (bivalent concept) vergeleken met de huidige situatie. In het kort de verschillen tussen beide concepten:

Huidige situatie:

- Alle warmte afkomstig van stadswarmte
- Alle koude opgewekt door middel van koelmachines

Toekomstige situatie:

- Merendeel van warmte (68%) afkomstig uit WKO-systeem
- Stadswarmte levert alleen op piekmomenten in het jaar (32%)
- Alle koude afkomstig uit WKO-systeem

IF Technology heeft de twee concepten vergeleken met behulp van een Total Cost of Ownership (TCO) berekening. Deze TCO-berekening bepaalt het totaalbedrag aan projectkosten gedurende een periode van 30 jaar. Denk daarbij aan investeringskosten (CAPEX) en operationele kosten (OPEX). Allereerst worden de gemaakte aannames en gebruikte rekenwaardes nader toegelicht.

Aannames:

De totstandkoming van een TCO gaat gepaard met verschillende aannames. Het is dan ook belangrijk om te vermelden dat er meerdere onzekere factoren zijn die invloed hebben op de uitkomst van de berekening. Hieronder zijn de belangrijkste aannames opgesomd:

- financiering: 100% eigen vermogen;
- looptijd: 30 jaar;
- indexatie warmte en elektra: 1,5%
- toekomstige tarieven stadswarmte: G2-profiel⁴.

7.2 FINANCIËLE REKENWAARDES

In deze paragraaf zijn verschillende uitgangspunten voor de financiële analyse uitgewerkt. De waardes zijn project specifiek bepaald. De elektriciteitstarieven zijn afkomstig van de laatste elektra facturaties. Voor de levering van warmte zijn de tarieven van Eneco geraadpleegd. Momenteel bevindt het provinciehuis zich in het capaciteitsprofiel > 4.830 GJ. In de toekomstige situatie gelden de tarieven van het G2-profiel.

⁴ In de toekomstige situatie levert stadswarmte 1363 kW en 980 MWh per jaar. Deze levering behoort hiermee tot het G2-profiel van Eneco. Bron: <https://www.eneco.nl/grootzakelijk/elektriciteit-gas/warmte/tarieven-stadswarmte/>

Tabel 7.1 | Financiële uitgangspunten.

Beschrijving scenario	eenheid	waarde	opmerking
Tarief elektriciteit	€/kWh	0,093	Gebaseerd op huidige verbruikersprofiel bij Vattenfall in de maand december 2020. Elektriciteitstarief is exclusief BTW.
Tarief stadswarmte - huidige situatie	€/GJ	13,45	Dit is het huidige tarief. Gebaseerd op warmte facturaties van Eneco.
Tarief stadswarmte - toekomstige situatie	€/GJ	21,54	Gebaseerd op G2-profiel Eneco ⁵
Aansluitwaarde stadswarmte - Huidige situatie	€/kW	0,40	In de warmtefacturaties van Eneco wordt gerekend met een aansluitwaarde van 4.510 kW. Met deze waarde is gerekend in de volgende formule: € 20,543 * ASW ^ -0,468 (€/kW/maand). Afkomstig van Eneco, capaciteitsprofiel > 4.830 GJ ¹
Aansluitwaarde stadswarmte - Toekomstige situatie	€/kW	0,68	In de warmtefacturaties van Eneco wordt gerekend met een aansluitwaarde van 4.510 kW. Met deze waarde is gerekend in de volgende formule: € 4,055 * ASW ^ -0,213 (€/kW/maand). Afkomstig van Eneco, G2-profiel ¹
Contractcapaciteit - Huidige situatie	€/kW	0,82	Gebaseerd op capaciteitsprofiel > 4.830 GJ van Eneco ¹ .
Contractcapaciteit - Toekomstige situatie	€/kW	-	In het G2-profiel van Eneco worden geen contractcapaciteitskosten gerekend.
Jaarlijkse inflatie	%	1,5	CBS
Indexatie warmte	%	1,5	Planbureau voor de Leefomgeving (2021) Afgeleid van elektriciteitsprijs.
Disconteringsvoet	%	2,0	

⁵ Bron: <https://www.eneco.nl/grootzakelijk/elektriciteit-gas/warmte/tarieven-stadswarmte/>

7.3 RESULTATEN FINANCIËLE VERGELIJKING

7.3.1 Investeringskosten (CAPEX) en operationele kosten (OPEX)

Om een volledig onderbouwde afweging te kunnen maken tussen beide concepten is het belangrijk om de kostenopbouw inzichtelijk te hebben. Daarom is in de onderstaande tabellen een indicatie gegeven van de belangrijkste vaste en variabele kosten per concept.

Tabel 7.2 geeft inzicht in de initiële investeringen (CAPEX). Dit zijn alle investeringen die eenmalig plaatsvinden aan het begin van het project. Het is belangrijk om hierbij te vermelden dat deze kostenraming gemaakt is in de haalbaarheidsfase en dat op genoemde bedragen een onzekerheidsmarge van +/- 30% geldt. De bedragen zijn exclusief BTW.

Tabel 7.2 | Investeringskosten (CAPEX)

Parameters	Eenheid	Huidige situatie	Bivalent concept
Nieuwe koelmachines ⁶	€	500.000	-
Distributie leidingwerk WKO	€	-	85.000
WKO	€	-	390.000
Energiecentrale (met LT-warmtepompen)	€	-	740.000
Ontwerp & advies	€	25.000	120.000
Onvoorzien (10%)	€	50.000	120.000
Totaal	€	575.000	1.455.000

Tabel 7.3 geeft inzicht in de operationele kosten (OPEX). Dit zijn alle terugkerende kosten op jaarbasis. De OPEX is grofweg in drie groepen te verdelen: kosten door elektriciteitsverbruik, kosten in verband met onderhoud en beheer van de systemen en de afname van stadswarmte. Wederom bevatten de waardes een onzekerheidsmarge van +/- 30% en zijn de bedragen exclusief BTW.

Tabel 7.3 | Kosten exploitatie (OPEX)

Parameters	Eenheid	Huidige situatie	Bivalent concept
Elektriciteitskosten	€/jaar	55.000	80.000
Onderhoudskosten	€/jaar	20.000	30.000
Stadswarmte	€/jaar	195.000	115.000
Totaal	€/jaar	270.000	225.000

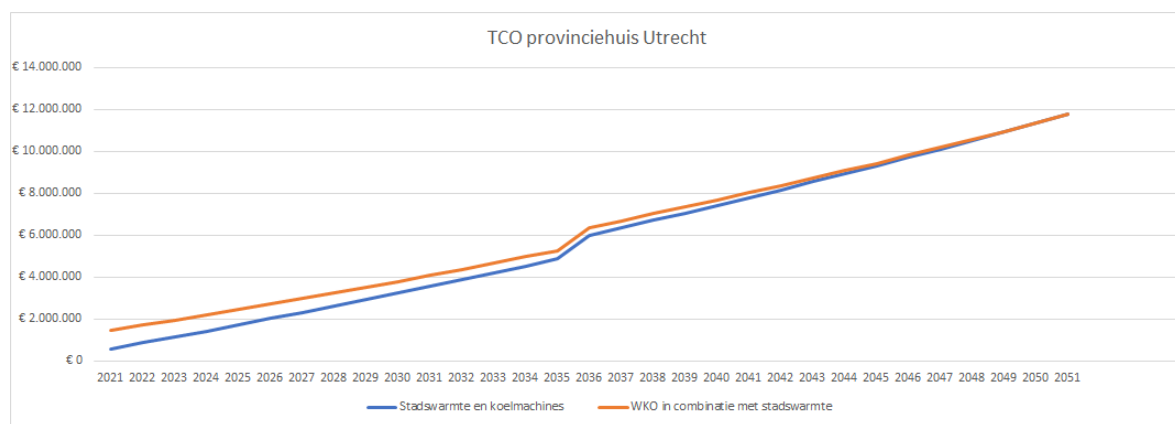
⁶ Om tot een eerlijk vergelijk te komen is er de aanname gemaakt dat ook de koelmachines nieuw aangeschaft moeten worden. Op deze manier zijn er voor beide concepten in het eerste jaar investeringskosten.

7.3.2 Resultaten TCO berekeningen

Met de bovenstaande gegevens is voor beide concepten de TCO uitgerekend. Daarnaast is inzichtelijk gemaakt wat de gemiddelde tarieven zijn per geleverde GJ-warmte en koude (kostprijs). De resultaten zijn weergegeven in Figuur 7.1 en Tabel 7.4.

Tabel 7.4 | Total Cost of Ownership berekening voor huidige en toekomstige situatie (bivalent WKO met stadswarmte). De kosten zijn exclusief BTW.

	Stadswarmte (huidige situatie)	WKO + Stadswarmte (toekomstig)
Total Cost of Ownership (TCO)	€ 11.780.000	€ 11.760.000
Gecombineerd GJ-tarief voor warmte en koude.	23,41 euro/GJ	23,35 euro/GJ



Figuur 7.1 | TCO-verloop voor beide concepten

Op basis van de resultaten kan worden geconcludeerd dat het verschil in TCO tussen beide concepten verwaarloosbaar is.

8 Duurzaamheidsbijdrage

Naast de financiële analyse is het ook interessant om de duurzaamheidsbijdrage te bepalen van het toekomstige concept. Dit in vergelijking met de huidige situatie, waarbij gebruik wordt gemaakt van stadswarmte en koelmachines. In dit hoofdstuk zijn de resultaten hiervan weergegeven.

8.1 UITGANGSPUNTEN

Voor de berekening heeft IF Technology gebruik gemaakt van een tweetal bronnen. De standaard NTA 8800 kentallen voor de CO₂ uitstoot van de elektriciteitsproductie in Nederland. Daarnaast is een BCRG-verklaring geraadpleegd om het opwekkingsrendement te bepalen van het warmtenet in Utrecht⁷. Met de onderstaande gegevens hebben wij de CO₂ van de twee concepten bepaald.

- Emissie warmtenet Eneco: 0,17 kg CO₂/kWh
- Emissie opwekking elektriciteit: 0,34 kg CO₂/kWh

8.2 RESULTATEN VERGELIJKING

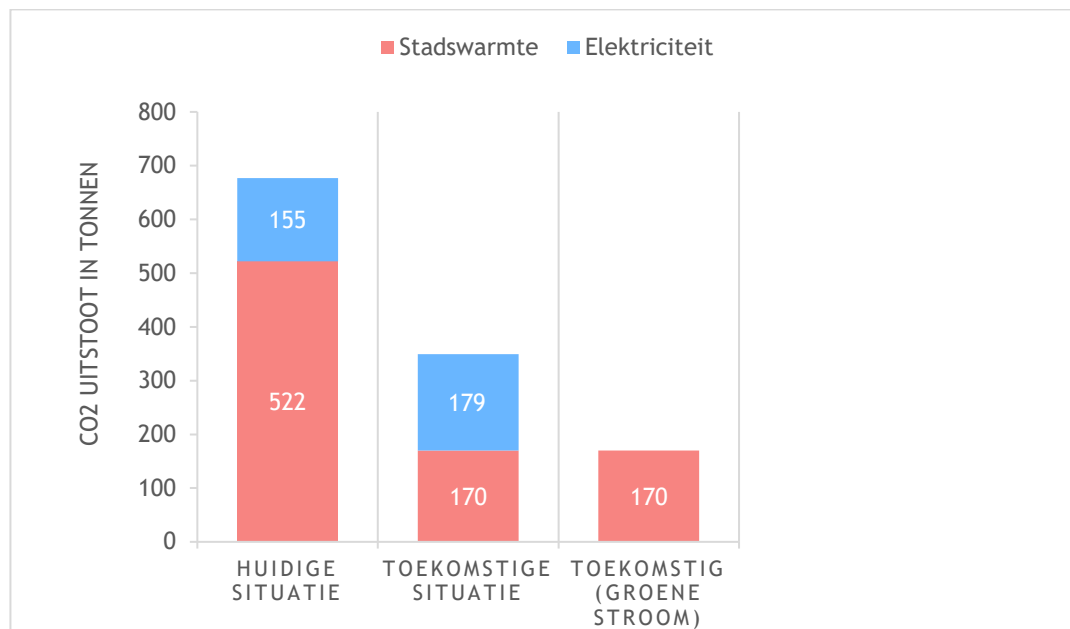
In Tabel 8.1 en Figuur 8.1 zijn de resultaten van de vergelijking weergegeven.

Tabel 8.1 | CO₂ uitstoot in de huidige en toekomstige situatie op jaarbasis

Uitstoot energieproductie	Stadswarmte (huidige situatie)	WKO + Stadswarmte (toekomstig)
Stadswarmte	522 ton CO ₂	170 ton CO ₂
WKO en warmtepompen (COP = 4,1)	-	170 ton CO ₂
Koelmachine (COP 3,5)	155 ton CO ₂	-
WKO (passief en actief COP 6)	-	9 ton CO ₂
Totaal	677 ton CO₂ /jaar	349 ton CO₂ /jaar

Op basis van de bovenstaande gegevens kan geconcludeerd worden dat de toekomstige situatie een reductie in CO₂ oplevert van 328 ton per jaar indien wordt uitgegaan van de inkoop van grijze stroom (landelijke mix). Dit komt neer op een reductie van circa 52%. Hier mee mag het WKO-concept als meest duurzame concept worden beschouwd. In het geval ervan uit wordt gegaan dat de stroom lokaal volledig duurzaam wordt opgewekt en/of wordt ingekocht bedraagt de jaarlijkse uitstoot nog maar 170 ton, ofwel een reductie van 75%.

⁷ Bron: <https://mijn.bcr.nl/media/20201595GK.pdf>



Figuur 8.1 | CO₂ uitstoot van beide concepten in tonnen per jaar

9 Conclusies en aanbevelingen

9.1 CONCLUSIES

Op basis van de resultaten van het uitgevoerde onderzoek kan worden geconcludeerd dat de bodem ter hoogte van de projectlocatie geschikt is voor de toepassing van open bodemenergie. Wegens gemeentelijk en provinciaal beleid is het toepassen van een open bodemenergiesysteem alleen in het eerste watervoerende pakket toegestaan. Op basis van ervaringen bij open bodemenergiesystemen in dit gebied wordt verwacht dat een broncapaciteit van rond de 65 m³/uur haalbaar is.

Vanwege de ondiepe ligging van het eerste pakket vormen bronopbarsting en de ligging van het re-doxgrensvlak een aandachtspunt bij het ontwerp en de realisatie van het systeem. Juridische aandachtspunten vormen de nabijgelegen open systemen (oa. ASR), natuurbelangen (Bloeyendaal) en de verontreinigingssituatie terplekke. Als gevolg van deze aandachtspunten, kan de maximaal haalbare capaciteit mogelijk nog lager liggen en is het maximaal aantal in te passen doubletten beperkt.

In het onderzoek zijn een tweetal concepten met bodemenergie kwalitatief tegen elkaar afgewogen. Onderscheid is gemaakt tussen een monovalent concept waarbij alle warmte en koude met een WKO-systeem wordt geleverd en een bivalent concept waarbij naast bodemenergie de huidige aansluiting op het stadswarmtenet wordt ingezet om in de warmtevraag te voorzien. De bivalente variant scoort op financieel vlak, bedrijfszekerheid, energiebalans en flexibiliteit ten aanzien van de afgiftesystemen (temperatuurtrajecten) het gunstigst. Daarnaast zijn voor de monovalente variant circa vijf doubletten benodigd welke naar verwachting vanuit juridisch oogpunt niet inpasbaar zijn. Voor de bivalente variant kan worden volstaan met twee doubletten.

De bivalente variant met bodemenergie is tot slot op financieel en milieutechnisch vlak vergeleken met de huidige situatie. Momenteel wordt alle warmte geleverd vanuit het stadswarmtenet van Eneco en de koude wordt opgewekt door middel van compressie koelmachines. Voor de twee varianten zijn alle kosten (CAPEX/OPEX) over een looptijd van 30 jaar opgeteld. De TCO (Total Cost of Ownership) bedraagt voor de variant met bodemenergie € 11.750.000 en voor de huidige situatie € 11.780.000. Op financieel vlak zijn de verschillen dus de twee varianten dus beperkt. Daar staat tegenover dat met de variant met bodemenergie de uitstoot aan CO₂ ongeveer 52%, ofwel 328 ton op jaarbasis, lager komt te liggen indien wordt uitgegaan van de inkoop van grijze stroom (landelijke mix conform NTA 8800). Uitgaande van de opwekking/inkoop van volledig groene stroom draagt de reductie zelfs 75%.

9.2 AANBEVELINGEN

Aanbevolen wordt om, conform het reeds eerder uitgewerkte stappenplan, het bodemenergiesysteem op basis van het bivalente concept verder uit te werken. Onderdeel hiervan is onder andere de exacte bepaling van de bronlocaties, de brondimensionering, bepaling van het leidingtracé en de integratie in de huidige installatie met de afleverset van het stadswarmtenet. Hierbij dient rekening te worden gehouden met de BRL-eisen.

Vervolgens kan worden aangevangen met de aanvraag van de vergunning in het kader van de Waterwet. De voorbereidingen hiervoor kunnen eventueel al parallel aan de ontwerpwerkzaamheden worden opgepakt. In dit stadium worden ook gedetailleerde hydrologische en thermische modelberekeningen uitgevoerd. De resultaten hiervan vormen de basis van de toetsing van de vergunbaarheid van het systeem.

Tot slot is het van belang om reeds in een vroeg stadium de aanbestedingsstrategie nader te bepalen. Hierbij dient onder andere een keuze te worden gemaakt of alleen de realisatie wordt uitbesteed of ook hierin de exploitatie van het systeem over een langere periode (15/30 jaar) wordt meegenomen.

Bijlage 1 Tarieven Eneco

Tarieven Stadswarmte Grootverbruik

Capaciteitsprofiel > 4.830 GJ



Dit tariefblad is van toepassing op de verbruikers van warmte in het voorzieningsgebied van Eneco waarbij het standaard jaarverbruik inclusief warm tapwater groter is dan 4.830 GJ. Dit tarief geldt voor klanten die na 1-1-2007 een nieuw contract hebben afgesloten.

Stadswarmtetarieven Capaciteitsprofiel 4* kwartaal 2021

Tariefcomponent		Tarieven excl. btw
Vastrecht		
Aansluitwaarde		€ 20,543 * ASW ^{-0,468} (€/kW/maand) ¹
Verbruiksvergoeding^{2/3}		
Ruimteverwarming en warm tapwater	0 - 4.830 GJ	€ 19,233 per GJ
Ruimteverwarming en warm tapwater	4.831 - 28.409 GJ	€ 8,968 per GJ
Ruimteverwarming en warm tapwater	28.410 - 284.091 GJ	€ 7,493 per GJ
Ruimteverwarming en warm tapwater	> 284.091 GJ	€ 7,027 per GJ
Contractcapaciteit		
Per kW per maand		€ 0,820 per kW

¹ ASW = totale aansluitwaarde, bij een aansluiting groter dan 5.000 kW dient het getal 5.000 in de formule ingevuld te worden

Rekenvoorbeeld om het totaalbedrag voor uw vastrecht op jaarbasis te berekenen:

Stel uw ASW is 2.000 kW. U betaalt dan 20,543 * (2000) - 0,468 = € 0,586 per kW per maand.

Voor uw totale aansluitwaarde betekent dit 2.000 kW maal € 0,586 per kW per maand = € 1172

Op jaarbasis is dit € 1172 maal 12 = € 14064 per jaar

² Verbruiksvergoeding warmte is gebaseerd op de gasprijs inclusief wettelijke heffingen 1.

³ Indien gemeten met een watermeter worden uw m³'s water omgerekend naar GJ's. Eén m³ water is gelijk aan 0,21 GJ.

Tarieven Stadswarmte Grootverbruik



G2-profiel

De tarieven op dit tarievenblad zijn van toepassing voor verbruikers van Stadswarmte in het verzorgingsgebied van Eneco met een stadswarmte-aansluiting groter dan 100 kW en een jaarverbruik kleiner dan 4.831 gigajoule. De tarieven zijn geldig voor klanten die na 1 januari 2007 een nieuw contract hebben afgesloten.

Stadswarmtetarieven G2-profiel per 1 januari 2021

Tariefcomponent		Tarieven excl. btw
Vastrecht ^{1,2}		
Aansluitwaarden		€ 4,055 * ASW ^{-0,213} (€/kW/maand)
Verbruiksvergoeding ^{3,4}		
Verwarming en warmwater	0 - 4.830 GJ	€ 21,534 per GJ
Verwarming en warmwater	4.831 - 28.409 GJ	€ 11,270 per GJ
Contractcapaciteit		
Niet van toepassing		

1. ASW staat voor de totale aansluitwaarde voor verwarming en warm waterbereiding.
2. Rekenvoorbeeld om het totaalbedrag voor uw vastrecht op jaarbasis te berekenen:
Stel dat uw ASW 250 kW is. U betaalt dan $4,055 * ASW^{-0,213} = € 1,251$ per kW per maand. Voor uw totale aansluitwaarde betekent dit $250 \text{ kW} \times € 1,251 = € 312,75$ per maand. Op jaarbasis is dit $€ 312,75 \times 12 = € 3753,-$ per jaar.
3. Verbruiksvergoeding warmte is gebaseerd op de gasprijs inclusief de wettelijke heffingen.
4. Indien gemeten met een watermeter, dan worden uw m³ water omgerekend naar gigajoule waarbij één m³ water gelijk is aan 0,21 gigajoule.

EBE.LWK.TGW.G2P.01.21

- De tarieven op dit tarievenblad zijn geldig van 1 januari 2021 tot en met 31 december 2021 en exclusief omzetbelasting.
- Op de levering van Stadswarmte zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Deze en overige voorwaarden kunt u inzien en downloaden via eneco.nl/zakelijk/voorwaarden.
- Aan deze publicatie kunnen geen rechten worden ontleend.



IF Technology **Creating energy**



Velperweg 37
6824 BE Arnhem
Postbus 605
6800 AP Arnhem

T 026 35 35 555
E info@iftechnology.nl
I www.iftechnology.nl

NL60 RABO 0383 9420 47
KvK Arnhem 09065422
BTW nr. NL801045599B01

IF Technology **Creating energy**