

Pilot Gorinchem

Haalbaarheidsstudie hogetemperatuuropslag in de bodem

Adviseur

Innoforte
Van Heemstraweg 56 d
6651 KH DRUTEN
T 048 - 75 10 375
E info@innoforte.nl
Contactpersonen: dhr. J.A.T. Seuren
dhr. J.J. Verheul

Adviseur

IF Technology
Velperweg 37
Postbus 605
6800 AP ARNHEM
T 026 - 35 35 555
F 026 - 35 35 599
E info@iftechnology.nl
Contactpersoon: dhr. K. Hellebrand

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Projectomschrijving	4
2.1	Projectinformatie de Groote Haar	4
2.2	Inventarisatie van de warmtevraag	5
2.3	Ambitie voor een centrale warmtevoorziening met BIO-WKK	6
3	Bodemonderzoek	8
3.1	Bodemopbouw	8
3.2	Temperatuur.....	10
3.3	Grondwaterkwaliteit - en stroming.....	11
3.4	Ondiep gas/olie	11
3.5	Keuze opslagpakket.....	11
4	Het energieconcept voor de warmvoorziening.....	12
4.1	Principe hogetemperatuuropslag	12
4.2	De warmteopwekking.....	13
4.3	Het milieuvoordeel.....	15
5	Globale uitwerking warmtevoorziening.....	16
5.1	De hogetemperatuuropslag.....	16
5.2	De warmtevoorziening	17
6	Kosten	19
6.1	Investeringskosten.....	19
6.2	Exploitatie kosten	19
6.3	Warmtekosten	20
6.4	Terugverdientijd.....	20
6.5	Gevoeligheidsanalyse	20
7	Juridisch kader	26
8	Conclusies en aanbevelingen	27
8.1	Conclusies.....	27
8.2	Aanbevelingen.....	28

Bijlagen:

1	Overzicht Input en output rekenmodel	
---	--------------------------------------	--

1 Inleiding

De gemeente Gorinchem heeft het voornemen om het nieuw te bouwen bedrijventerrein de Groote Haar duurzaam te ontwikkelen. Om invulling te geven aan deze ambitie wordt overwogen om in samenwerking met het energie- en afvalnutsbedrijf HVC een warmtekracht-centrale (wkk) te realiseren die wordt gestookt op biobrandstof. Met behulp van deze centrale wordt warmte geleverd aan de afnemers op het bedrijventerrein. Om het aanbod van warmte uit de centrale optimaal af te kunnen stemmen met de warmtevrage van het bedrijventerrein is seizoensmatige opslag wenselijk. De gemeente Gorinchem is daarom geïnteresseerd in de mogelijkheden voor warmtebuffering met behulp van hogetemperatuuropslag in de bodem.

Om te kunnen bepalen of hogetemperatuuropslag interessant is voor de verduurzaming van de warmtevoorziening voor de Groote Haar is de inpassing technisch, juridisch en financieel onderzocht. Voorliggend onderzoek presenteert de resultaten van het onderzoek.

Het onderzoek maakt onderdeel uit van het SKB onderzoek met referentie: Toepassingsmogelijkheden van hogetemperatuuropslag bij verduurzaming energievoorziening gebouwde omgeving, 26.743/61335/RW d.d. 30 juni 2012. Resultaten uit dit overkoepelende onderzoek worden gebruikt voor de het onderzoek naar de haalbaarheid van hogetemperatuuropslag voor de Groote Haar.

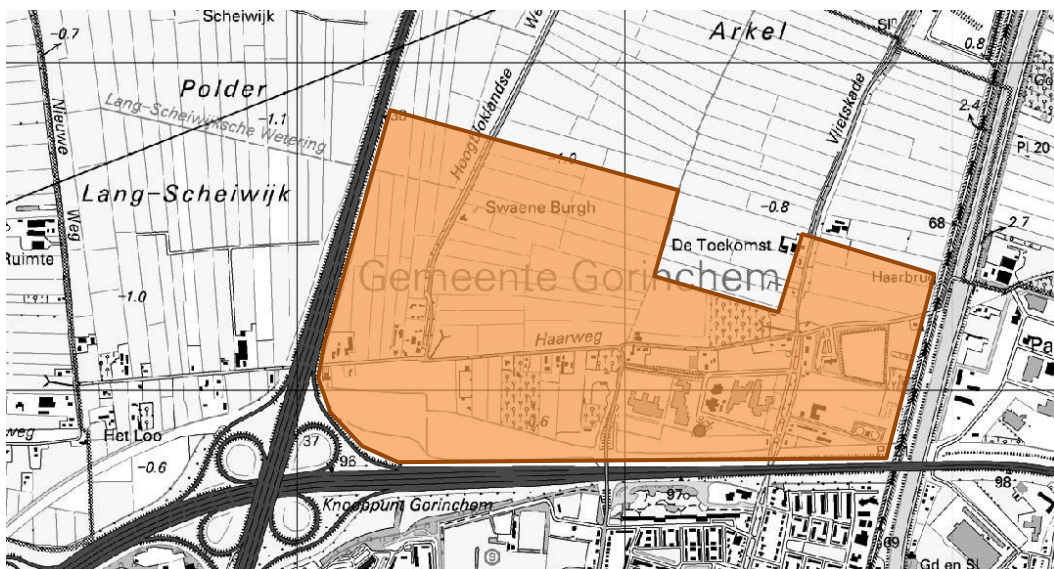
2 Projectomschrijving

In dit hoofdstuk zijn de voor het onderzoek relevante uitgangspunten omschreven.

2.1 Projectinformatie de Groote Haar

Locatie

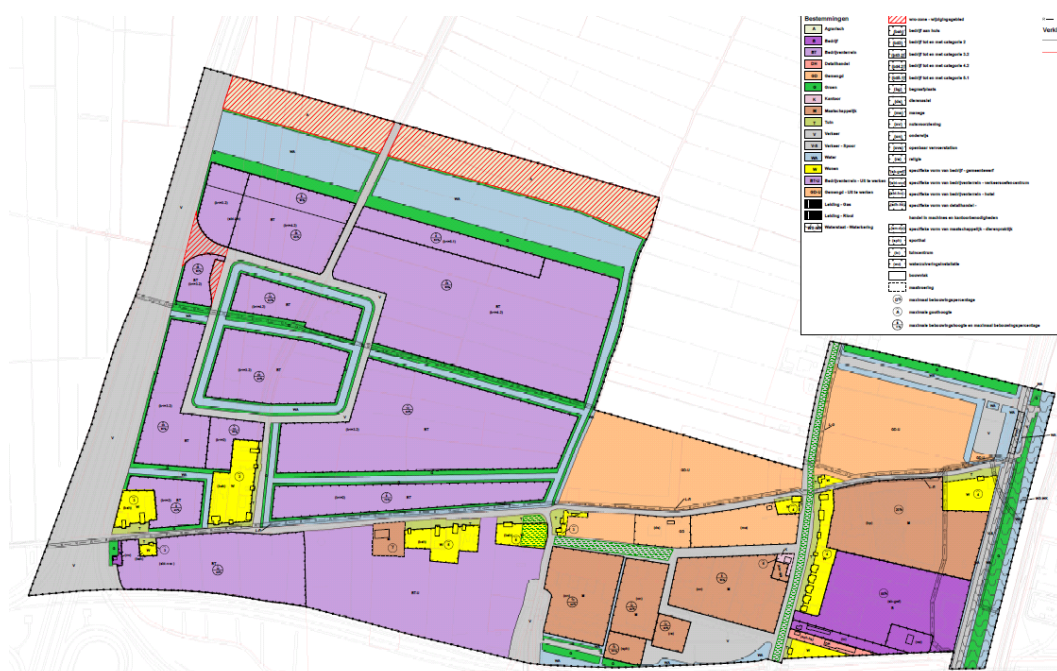
Het bedrijventerrein “de Groote Haar” wordt ontwikkeld in het noorden van Gorinchem langs de A27 (zie figuur 2.1).



Figuur 2.1 Locatie bedrijventerrein de Groote Haar

Bouwplan

Het terrein heeft een totale oppervlakte van circa 40 ha. Hiervan zal naar inschatting van de gemeente Gorinchem circa 60% worden bebouwd. Het bedrijventerrein biedt ruimte voor lichte industriële bedrijven tot zwaardere industrieën met een maximale milieucategorie van 5.1. De bebouwing zal naar verwachting bestaan uit (kleine) kantoren in combinatie met bedrijfshallen. In figuur 2.2 is de terreinindeling uit het bestemmingsplan weergegeven.



Figuur 2.2 Bedrijventerrein de Grootte Haar (bestemmingsplan, juni 2009)

De Grootte Haar is onderverdeeld in deelvlakken. Het type bedrijven dat zich zal vestigen en op welke wijze het terrein wordt ingericht is nog niet bekend. In overleg met de gemeente Gorinchem is een aantal aannames gedaan over de toekomstige bebouwing. Tabel 2.1 geeft de gehanteerde aannames weer en een indicatie van het bebouwd bruto vloer oppervlak.

Tabel 2.1 Aannames terreinindeling

onderdeel	verdeling	[ha.]
maximale bebouwing	60%	24
aandeel kantoor	20%	4,8
opslag-/productiehal	80%	19

2.2 Inventarisatie van de warmtevraag

De toekomstige bedrijven op de Grootte Haar moeten worden verwarmd. In deze paragraaf zijn de van belangzijde energetische uitgangspunten weergegeven. Hierbij is gebruik gemaakt van het ontwikkelde rekenmodel in Werkpakket IV van het SKB onderzoek.

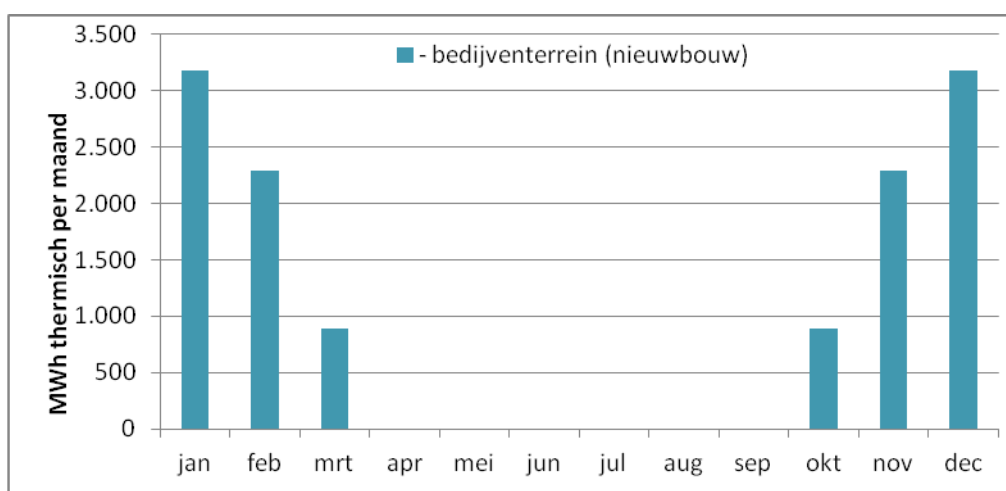
Warmtevraag Grootte Haar

Met behulp van de rekentool en het bouwplan is een inschatting gemaakt van de warmtevraag van het bedrijventerrein. Tabel 2.2 geeft de totale warmtevraag weer.

Tabel 2.2 Warmtevraag van de Grootte Haar

Bedrijventerrein	vermogen [kWt]	warmte [MWht]
kantoor	1.680	2.160
productie-/opslaghal	7.680	10.560
totaal	9.360	12.720

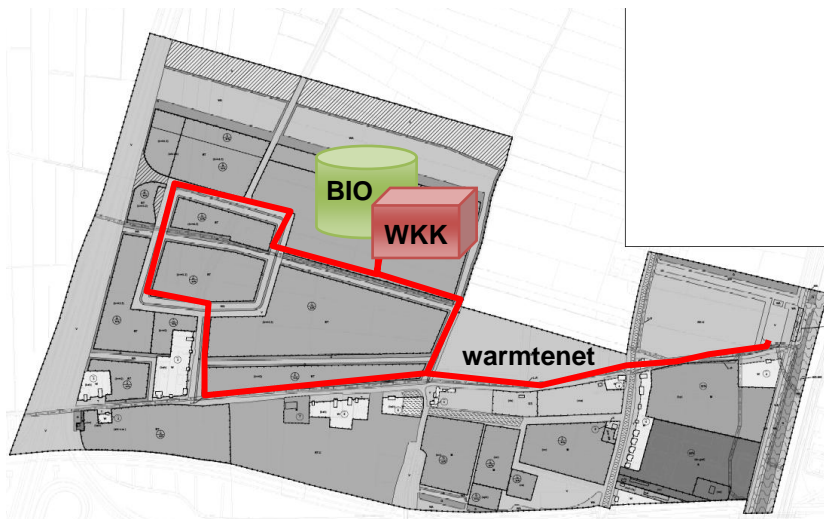
In figuur zijn 2.3 is het verwachte vraagpatroon per maand weergegeven voor de Grootte Haar.



Figuur 2.3 Indicatie van de warmtevraag per maand.

2.3 Ambitie voor een centrale warmtevoorziening met BIO-WKK

Het bedrijventerrein moet nog ontwikkeld worden. Dit geldt ook voor de warmtevoorziening. Gedacht wordt aan een zogenaamde duurzame centrale warmtevoorziening. Dit wil zeggen dat de warmte centraal wordt opgewekt en wordt geleverd aan de bedrijven. Om de warmte te kunnen leveren wordt een warmtenet aangelegd. De bedrijven worden aangesloten op dit warmtenet. In onderstaande figuur is dit principe weergegeven.



Figuur 2.4 Principe centrale warmtevoorziening

Warmteaanbod

Het energie- en afvalnutsbedrijf HVC is voornemens om een bio-wkk te realiseren voor de warmtelevering aan de afnemers op het bedrijventerrein. Hierbij streeft HVC naar een optimale inzet van de bio-wkk. HVC voorziet een warmtevoorziening bestaande uit een bio-wkk en gas gestookte ketels.

Levering

Voorwaarde voor een goede implementatie van een centrale warmtevoorziening met een hogetemperatuuropslag is het gebruik van lage temperatuur verwarming in de gebouwen. Het uitgangspunt voor het verwarmen van de gebouwen is een aanvoertemperatuur van 55°C. De retourtemperatuur van de gebouwen naar de centrale warmtevoorziening bedraagt 35°C. Deze temperaturen zijn geschikt voor ruimteverwarming. Uitgangspunt is: dat indien bedrijven warm tapwater nodig hebben dit individueel wordt opgewekt.

Verliezen

Bij een centrale warmtevoorziening zal sprake zijn van warmteverliezen tijdens distributie. De centrale warmtevoorziening zal meer warmte moeten opwekken om deze verliezen te compenseren. Een distributieverlies van 20% is aangenomen.

De warmte wordt geleverd aan meerdere bedrijven. De bedrijven zullen naar verwachting niet allemaal op hetzelfde moment een warmtevraag hebben. Hierdoor kan het mogelijk zijn om een kleiner vermogen op te stellen wat leidt tot lagere investeringen. Het type bedrijven en de mate van vraag is in deze fase niet bekend en gekozen is om geen rekening te houden met deze zogenaamde gelijktijdigheid.

3 Bodemonderzoek

Voor het toepassen van hogetemperatuuropslag in de bodem is een aantal aspecten van belang. Het belangrijkste aspect is dat in de bodem een geschikte watervoerende zandlaag aanwezig moet zijn, waarin het warme grondwater kan worden opgeslagen. De laag moet beschikken over goede warmte isolerende eigenschappen. Daarnaast is de chemische samenstelling, de grondwaterstroming en temperatuur van het grondwater van belang voor het goed functioneren van de hogetemperatuuropslag. De bovengenoemde aspecten worden in dit hoofdstuk behandeld.

Om te bepalen of hogetemperatuuropslag kan worden toegepast, is aan de hand van kaartmateriaal, boorbeschrijvingen en literatuur de opbouw van ondergrond in de omgeving van de Grote Haar in beeld gebracht.

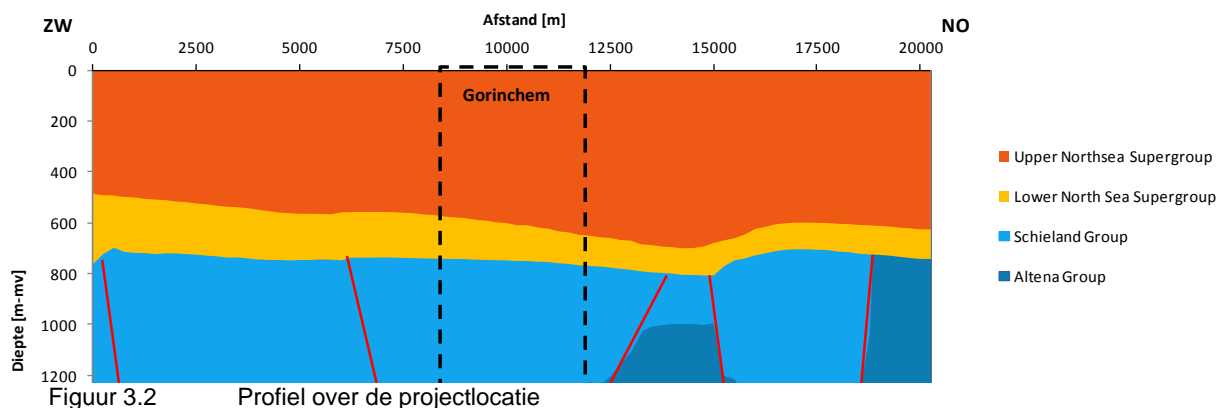
3.1 Bodemopbouw

Figuur 3.1 presenteert de beschikbare boorbeschrijvingen in de omgeving van Gorinchem.



Figuur 3.1 Projectlocatie Gorinchem, dichtstbijzijnde olie en gas putten in het rood, diepe boringen (>100 m) in wit en het profiel van figuur 3.2 met een gele lijn (bron: TNO)

In figuur 3.2 is een doorsnede van de bodemopbouw weergegeven. De doorsnede loopt van zuidwest naar noordoost overeenkomstig met de gele lijn in figuur 3.1. De projectlocatie is weergegeven met behulp van een stippellijn.



In de ondergrond van Gorinchem komen tot een diepte van circa 1.000 m de volgende geologische eenheden voor: de Noordzee Supergroep, Krijt-kalk Groep en Schieland Groep. In tabel 3.1 staat een overzicht van de geschikte aanwezige lagen voor hoge temperatuuropslag.

Tabel 3.1 Mogelijk geschikte laagpakketten onder Gorinchem

Groep	Formatie	diepte [m-mv]	temperatuur [°C]
Boven-Noordzee	Formatie van Maassluis, Pieze-Waalre, Kreftenheye	0 - 200	11
	- watervoerende pakket 1	10 - 50	
	- watervoerende pakket 2/3	60 - 200	
	Formatie van Oosterhout	200 - 460	15 à 20
	Formatie van Breda	460 - 600	20 à 25
Onder-Noordzee	Formatie van Dongen	600 - 750	30 à 35
Schieland	Nieuwerkerk Formatie	750 - 1.200	45

Formatie van Maassluis, Pieze-Waalre, Kreftenheye

De Formatie van Maassluis, Pieze-Waalre en Kreftenheye, onderdeel van de Boven-Noordzee Groep, bestaat uit glauconiet-arme, fijn tot grofkorrelige zanden. Lokaal komen schelpfragmenten in de formatie voor. Tevens kunnen kleilagen voorkomen. De Formatie van Maassluis, Pieze-Waalre en Kreftenheye bevinden zich op een diepte van 0 - 200 m-mv. Tevens is in tabel 3.1 de geohydrologische benaming van de Formatie van Maassluis, Pieze-Waalre en Kreftenheye weergegeven. In de Formatie van Maassluis, Pieze-Waalre en Kreftenheye zijn twee watervoerende pakket te onderscheiden. De aanwezige zandlagen hebben een dikte van circa 150 m. Het doorlaatvermogen van de aanwezige zandlagen is circa 1.200 m²/d.

Formatie van Oosterhout

De formatie van Oosterhout, onderdeel van de Boven-Noordzee Groep, bestaat uit een pakket mariene kleiige zanden, zandige kleien en kleien. De zanden zijn glauconiethoudend. De formatie van Oosterhout bevindt zich op een diepte van 200 - 460 m-mv. De aanwezige zandlagen hebben een totale dikte van circa 150 m.

Op de beperkte hoeveelheid gegevens rondom de locatie is het niet mogelijk een inschatting van het doorlaatvermogen te geven. Met behulp van het rekenmodel is een inschatting gemaakt van de bodempotentie voor Gorinchem.

Formatie van Breda

De Formatie van Breda kan over het algemeen in drie grote stratigrafische eenheden onderverdeeld worden. Het onderste deel van de Formatie van Breda uit de Boven-Noordzee Groep bestaat voornamelijk uit klei. De bovenste twee delen zijn echter zandig ontwikkeld. De Formatie van Breda bevindt zich op een diepte van 460 tot circa 600 m-mv. De aanwezige zandlagen hebben een dikte van circa 100 m. Op de beperkte hoeveelheid gegevens rondom de locatie is het niet mogelijk een inschatting van het doorlaatvermogen te geven. Met behulp van het rekenmodel is een inschatting gemaakt van de bodempotentie voor Gorinchem.

Formatie van Dongen

De Formatie van Dongen bestaat uit zeer zandige klei tot zeer kleiig zand. Lokaal komen enkele vaste kleilagen of kalksteenlagen voor. De kleien van leper en Asse (onderdeel van de Formatie van Dongen) zijn niet geschikt voor opslag. De Formatie van Dongen ligt op een diepte van 600 tot circa 750 m-mv. De aanwezige zandlagen (Basale Zanden van Dongen Laagpakket) hebben een dikte van circa 15 m. Op de beperkte hoeveelheid gegevens rondom de locatie is het niet mogelijk een inschatting van het doorlaatvermogen te geven.

Schieland Groep (Nieuwerkerk Formatie)

De Nieuwerkerk Formatie bestaat uit een opeenvolging van grijze, rode en gevlekte kleien en siltstenen met inschakelingen van fijnkorrelige tot middelgrove zandsteen en dikge laagde grofkorrelige zandsteen. In de klei- en siltsteen komen enkele dunne koollagen voor. De Nieuwerkerk Formatie bevindt zich op een diepte van 750 tot circa 1.200 m-mv. De aanwezige zandlagen hebben een dikte van circa 120 m.

3.2 **Temperatuur**

Gegevens over de temperatuur van de verschillende formaties ter hoogte van de projectlocatie zijn beperkt. Enkel over de Nieuwerkerk Formatie zijn temperatuursmetingen beschikbaar. Wel is het mogelijk om met de in Nederland geaccepteerde temperatuurgradient van 3 °C per 100 m de temperaturen in de verschillende formaties te bepalen. De verwachte temperaturen zijn in tabel 3.1 opgenomen.

De verwachte temperatuur van het grondwater dat uit de Nieuwerkerk Formatie kan worden onttrokken bedraagt circa 45 °C. Op basis van de beschikbare informatie zijn de zandstenen van de Nieuwerkerk Formatie van voldoende kwaliteit voor de toepassing van hogetemperatuuropslag.

Een aandachtspunt van de Nieuwerkerk Formatie vormt de connectiviteit. Door het type afzettingsmilieu is het onduidelijk of de zandlagen voldoende met elkaar verbonden zijn. Met behulp van de aanwezige seismiek is het mogelijk om de connectiviteit van de formatie te beoordelen.

3.3 Grondwaterkwaliteit - en stroming

Zoet-/zoutgrensvlak

Het brak-/zoutgrensvlak ligt op de locatie op een diepte van circa 130 m-mv. Het grensvlak bevindt zich in watervoerend pakket 2/3 (onderdeel van de Formatie van Maassluis).

Kalkneerslag

De verschillende formaties bevatten kalkhoudende zanden en kleien (calcium). Door verhoging van de temperatuur van het grondwater tot 90°C kan neerslag van opgeloste mineralen optreden. Bij hogetemperatuuropslag kan met name neerslag van calciëet (calciumcarbonaat) en eventueel anhydriet (calciumsulfaat) een probleem vormen.

Mogelijk type waterbehandeling om neerslag te voorkomen zijn:

- toevoegen van een zoutzuurdosering;
- toevoegen van zogenaamde inhibitoren.

De exacte waterkwaliteit van de formaties is niet bekend. In een nader onderzoek moeten de omvang en de bijkomende kosten uitgewerkt worden. In de financiële haalbaarheid is een stelpost opgenomen voor de waterbehandeling

Grondwaterstroming

Voor warmteopslag is een lage grondwaterstroming gewenst om te voorkomen dat de opgeslagen warmte "wegstroomt". De grondwaterstroomsnelheid in de geïnventariseerde formaties is dusdanig klein dat deze verwaarloosbaar is. In de Formatie van Maassluis (in watervoerende pakket 2) stroomt het grondwater met een snelheid van 10 m per jaar.

3.4 Ondiep gas/olie

Op de projectlocatie komt in de formaties onder de Nieuwerkerk Formatie, de Trias en Altona, gas voor. Door migratie kan dit gas ook in hogere formaties voorkomen. Met behulp van de aanwezige seismiek is het mogelijk om de kans op migratie naar bovenliggende formaties in te schatten.

3.5 Keuze opslagpakket

Binnen de Noordzee Supergroep zijn de Formaties van Maassluis, Oosterhout en Breda geschikt voor de toepassing hogetemperatuuropslag. De dieper gelegen Nieuwerkerk Formatie is hoogstwaarschijnlijk ook geschikt voor de toepassing van hogetemperatuuropslag.

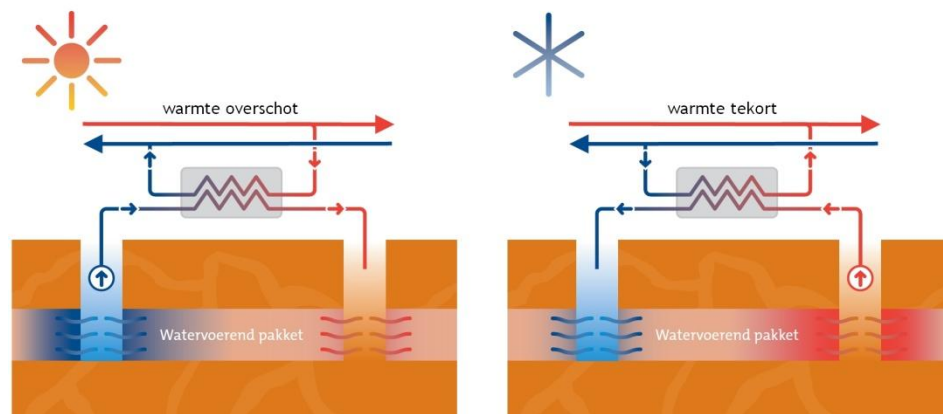
De keuze voor de meest geschikte formatie is naast bodemtechnisch ook afhankelijk van de financiële en juridisch haalbaarheid. In hoofdstuk 6 en 7 is dit nader toegelicht. Vooruitlopend op deze analyse is de formatie van Maassluis de meest geschikte laag voor de toepassing van hogetemperatuuropslag.

4 Het energieconcept voor de warmvoorziening

In dit hoofdstuk is het energieconcept voor de warmtevoorziening uitgewerkt.

4.1 Principe hogetemperatuuropslag

De warmtevraag van het bedrijventerrein zal sterk variëren gedurende het jaar. In de zomerperiode is het aanbod van warmte van de centrale groter dan de warmtevraag. Door het toepassen van een lange termijn warmtebuffer kan de overtollige warmte in de zomer worden opgeslagen. In de winter wordt de opgeslagen warmte benut voor verwarming. De bodem kan uitstekend worden ingezet als lange termijn buffer. Het principe van hogetemperatuuropslag in de bodem wordt beschreven aan de hand van de volgende bedrijfssituaties, zie figuur 4.1.



Figuur 4.1 Principe hogetemperatuuropslag in de bodem

Warmteopslag

In de zomerperiode wordt uit de onttrekkingsbron grondwater opgepompt. Het grondwater wordt door een warmtewisselaar gepompt. In de warmtewisselaar wordt de restwarmte overgedragen aan het grondwater. Het opgewarmde grondwater (ca. 90°C) wordt vervolgens via de warme bron opgeslagen in de bodem.

Warmtelevering

In de winter wordt de opgeslagen warmte ingezet voor het verwarmen van het bedrijventerrein. Na de warmteoverdracht in de warmtewisselaar wordt het afgekoelde grondwater met een temperatuur van circa 40 °C weer geïnfiltrerd in de bodem.

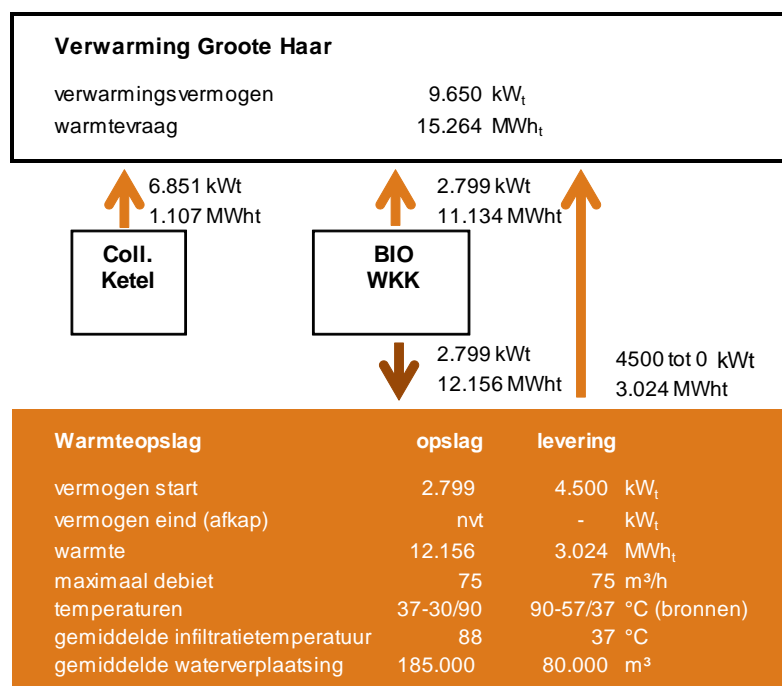
Opslagrendement

Een belangrijke parameter van de hogetemperatuuropslag is het opslagrendement. Het opslagrendement is gedefinieerd als de verhouding tussen de opgeslagen en geleverde hoeveelheid warmte. Het rendement van de opslag wordt bepaald door de warmteverliezen in de bodem, maar ook door de vastgestelde minimale bruikbare onttrekkingstemperatuur uit de warme bron. Dit wordt aangeduid als de "afkaptemperatuur". Bij deze afkaptemperatuur kan het maximale verwarmingsvermogen onder ontwerpcondities nog geleverd worden. In het algemeen geldt:

- de onttrekkingstemperatuur uit de warme bron daalt na verloop van tijd als gevolg van warmteverliezen in de bodem, waardoor het thermische vermogen afneemt;
- hoe groter het verschil tussen de opslagtemperatuur en de afkaptemperatuur, hoe meer energie onttrokken kan worden uit de opslag. Om de hogetemperatuuropslag optimaal in te zetten is het gebruik van lage temperatuur verwarmingssystemen gewenst.

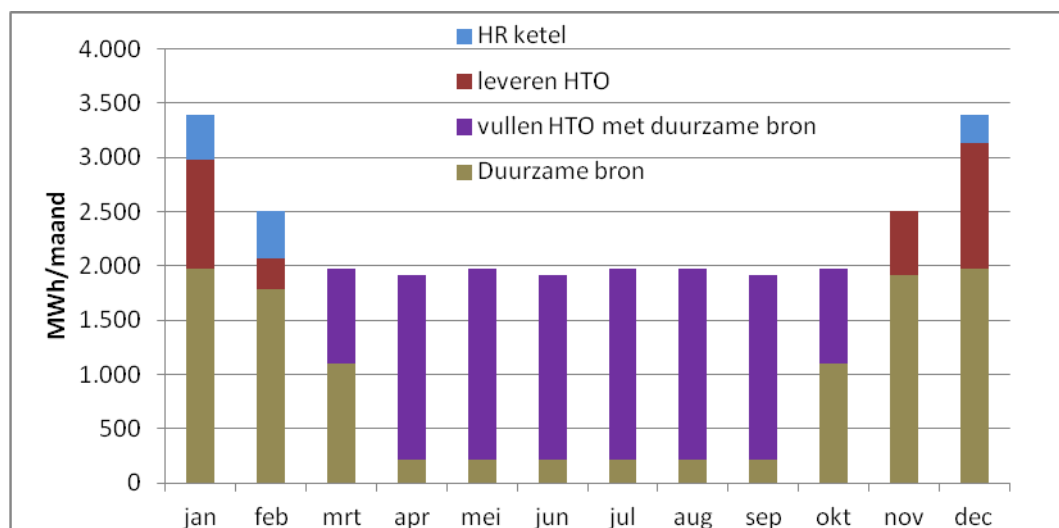
4.2 De warmteopwekking

De centrale warmtevoorziening bestaat uit een bio-wkk, hogetemperatuuropslag en een gasgestookte ketel. In figuur 4.2 zijn het energieconcept en de energetische uitgangspunten weergegeven voor het opwekken en leveren van de warmte. Hierin zijn ook de energieverliezen tijdens distributie in meegenomen.



Figuur 4.2 Energieconcept en uitgangspunten opwekking

In figuur 4.3 is de inzet van de verschillende installaties gecombineerd met het vraagpatroon zoals opgesteld in paragraaf 2.2. Onder het figuur volgt een toelichting.



Figuur 4.3 Warmteopwekking de Groote Haar

De bio-wkk

De bio-wkk wordt ingezet voor het leveren van de basislast (ca. 30% van de benodigde capaciteit) voor verwarming. In de situatie zonder HTO wordt in de zomermaanden de bio-wkk ingezet voor het opwekken van elektriciteit. De warmte kan niet worden benut en wordt aan de omgeving afgevoerd. In de situatie met HTO wordt de bio-wkk warmte opgeslagen in de bodem met een temperatuur van 90°C.

De hogetemperatuuropslag

De hogetemperatuuropslag dient hoofdzakelijk om de inzet van de bio-wkk te optimaliseren. De opgeslagen warmte wordt in de winter worden gebruikt om de warmtelevering met de ketel te reduceren. Aangenomen is dat vanaf november tot maart warmte wordt geleverd met de hogetemperatuuropslag. De temperatuur in de opslag neemt maandelijks af tot de afkapt temperatuur. Om dezelfde reden neemt ook het leverbaar vermogen van de hogetemperatuuropslag af. Dit betekent (bijvoorbeeld in de maand december) dat er voldoende warmte is opgeslagen om de volledige piekwarmte te leveren, maar dat het vermogen niet toereikend. Inzet van de ketel in de koude maanden blijft hierdoor nodig.

In figuur 4.3 is de bijdrage van de warmteopslag weergegeven (rode kolommen). Het thermisch opslagrendement van de warmte bedraagt 25%.

Piekketel

De piekketel wordt ingezet voor het leveren van warmte wanneer de combinatie bio-wkk en hogetemperatuuropslag niet toereikend is.

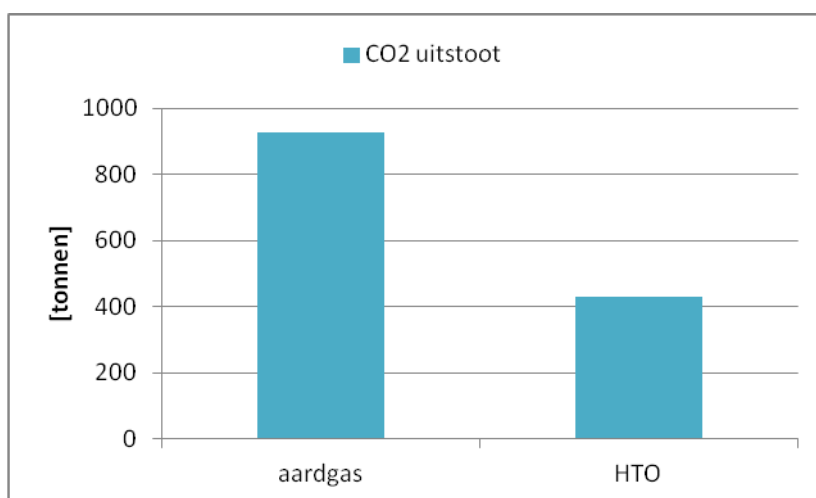
Op basis van dit concept is de financiële analyse uitgevoerd.

4.3 Het milieuvoordeel

Het toepassen van hogetemperatuuropslag reduceert de inzet van de met aardgas gestookte piekkel. Het aandeel warmte dat kan worden geleverd met hogetemperatuuropslag wordt duurzaam opgewekt. De CO₂ uitstoot van de WKK wordt volledig toegeschreven aan elektriciteitsopwekking.

CO₂

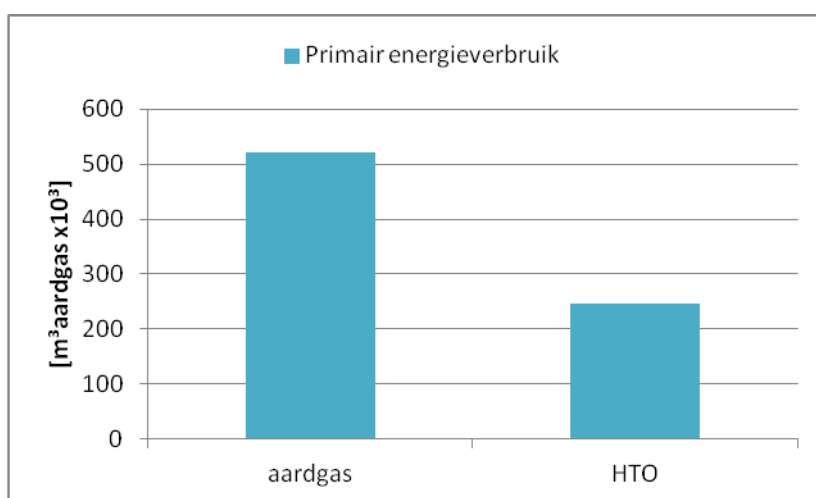
Toepassing van een hogetemperatuuropslag leidt tot een reductie van 500 ton (54%) op de uitstoot van CO₂ ten opzichte van het gebruik van aardgas van de piekkel.



Figuur 4.4 CO₂ uitstoot warmtelevering tijdens pieken

Primaire energie

Toepassing van hogetemperatuuropslag leidt tot een reductie van ruim 275.000 m³ aardgasequivalenten (53%) ten opzichte van het gebruik van aardgas.



Figuur 4.5 Primair energieverbruik warmtelevering tijdens pieken

5 Globale uitwerking warmtevoorziening

5.1 De hogetemperatuuropslag

Keuze van de formatie

Voor de toepassing van hogetemperatuuropslag zijn verschillende formaties mogelijk. De uiteindelijke keuze voor de formatie voor het toepassen van de hogetemperatuuropslag wordt hoofdzakelijk bepaald door:

- capaciteit (vermogen);
- opslagrendement;
- kosten.

In hoofdstuk 6 zijn de verschillende formaties onderzocht met het rekenmodel. Na afweging van bovenomschreven aspecten lijkt toepassing van hogetemperatuuropslag in de formatie van Maassluis is het meest interessant.

Bronontwerp

Voor de toepassing van hogetemperatuuropslag is een bronnensysteem benodigd bestaande uit twee bronnen, een warme en een relatief koude bron. De bronnen worden gerealiseerd in de formatie van Maassluis op een diepte van maximaal 200 m-mv. De afstand tussen de bronnen bedraagt minimaal 80 m. In figuur 5.1 is een voorbeeld van een putbehuizing weergegeven.



Figuur 5.1 Voorbeeld putbehuizing hogetemperatuuropslag

Uit de bronnen wordt maximaal 75 m³/h grondwaterdebiet onttrokken. Het onttrokken grondwater wordt in geïsoleerde transportleidingen naar de technische ruimte gepompt. Belangrijke aandachtspunten voor het ontwerp van de installatie zijn:

- Waterbehandeling van het grondwater in verband met kalkneerslag;
- Materiaalkeuze leidingwerk en appendages in verband met de hoge temperaturen;
- Pompkeuze in verband met de hoge temperaturen.

5.2 De warmtevoorziening

Bio-wkk

Voor de warmtelevering aan de Grote Haar wordt een bio-wkk opgesteld met een thermisch vermogen van circa 2.800 kWt (ca. 30% van de gevraagde capaciteit; 2.200 kWe). In onderstaande figuur is een voorbeeld van een bio-wkk weergegeven.



Figuur 5.2 Voorbeeld van een wkk

Ketel

Een relatief grote gasgestookte ketel (ca. 6.850 kWt; 100% van de gevraagde capaciteit) wordt opgesteld voor het opvangen van de pieken en voor een stuk bedrijfszekerheid in geval van onderhoud en calamiteiten met de hogetemperatuuropslag en de wkk.

Technische ruimte

De technische ruimte voor de centrale warmtevoorziening zal aan de noordzijde van het bedrijventerrein worden gerealiseerd. De technische ruimte vormt het hart van de centrale warmtevoorziening. Vanuit de technische ruimte wordt warmte geleverd aan het warmtenet en verpompt naar de afnemers.

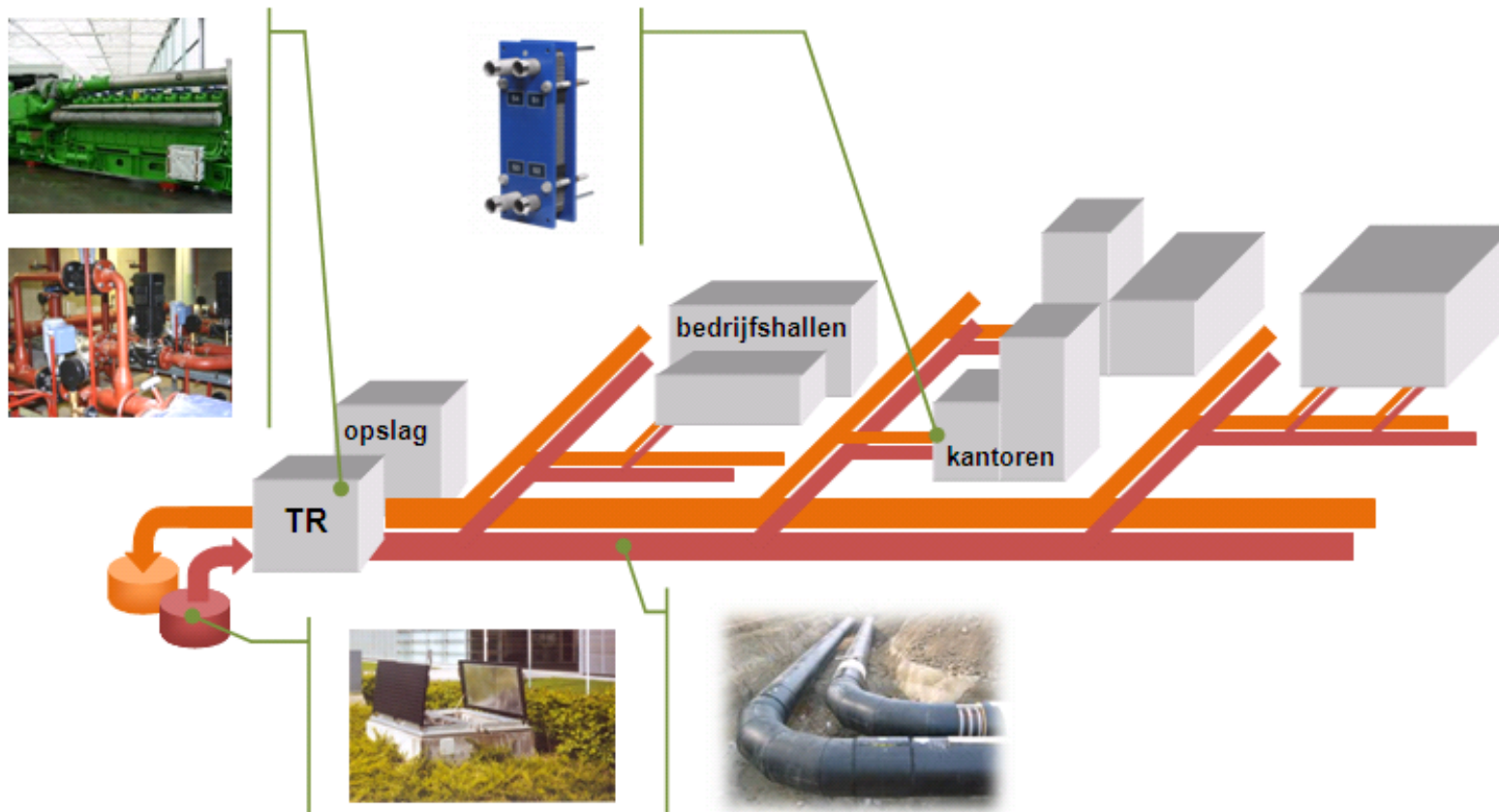
Voor de technische ruimte moet voldoende ruimte worden gereserveerd voor het opstellen van de bio-wkk, ketel, de warmtewisselaren voor de hogetemperatuuropslag, leidingwerk en appendages en de regeling. De opslag voor biobrandstof kan bijvoorbeeld naast de technische ruimte worden gerealiseerd. Het benodigde oppervlak voor de technische ruimte zal in de orde grootte van 100-300 m² bedragen exclusief de opslag voor de biobrandstof en de waterbehandeling.

Warmtenet en levering

Om warmte te leveren aan de toekomstige bedrijven op het bedrijventerrein wordt een warmtenet aangelegd. Het warmtenet bestaat uit twee (aanvoer en retour) geïsoleerde leidingen en zal voornamelijk de hoofdinfrastructuur langs de kavels volgen. Vanaf het hoofdtracé worden de individuele bedrijven aangesloten. De verwarmingsinstallatie van de bedrijven wordt hydraulisch gescheiden van het warmtenet middels een warmtewisselaar.

Overzicht warmtevoorziening

In onderstaande figuur is een overzicht weergegeven van de belangrijke componenten in de centrale warmtevoorziening zoals hierboven omschreven.



Figuur 5.3 Overzicht centrale warmtevoorziening

6 Kosten

Om de economische haalbaarheid van hogetemperatuuropslag te onderzoeken is een marginale kostenanalyse uitgevoerd. Hoeveel kost elke opgewekte GJ duurzame energie en hoe groot zijn de vermeden kosten als gevolg van het minder hoeven opwekken van dezelfde GJ met aardgas? Dit betekent dat er alleen kosten zijn geraamd voor de hogetemperatuuropslag. De rest van de warmtevoorziening is buiten beschouwen gelaten.

In dit hoofdstuk zijn de investeringen en de exploitatiekosten uitgewerkt voor de hogetemperatuuropslag. Daarnaast is op een aantal parameters een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. De weergegeven kosten zijn exclusief BTW.

6.1 Investerings

In tabel 6.1 zijn de investeringen weergegeven voor de hogetemperatuuropslag. De investeringen zijn geraamd met het rekenmodel aan de hand van de uitgangspunten zoals omschreven in hoofdstuk 4 en 5. De maximale diepte van de bronnen in het model wijkt af van het bodemonderzoek. Deze waarde is handmatig aangepast naar 200 m-mv.

onderdeel		
- boorkosten	€	200.000
- bovengrondse installatie	€	300.000
- onvoorzien (10%)	€	50.000
- ontwerp en advies (10%)	€	55.000
- vergunning WW	€	40.000
- EIA (10,4%)	-/€	61.000
totale investeringen	€	580.000

6.2 Exploitatie kosten

Voor de exploitatie van de hogetemperatuuropslag zijn de exploitatiekosten geraamd met het rekenmodel voor het opslaan en leveren van de warmte. Tot de exploitatiekosten behoren de kosten voor elektriciteit, onderhoud en beheer. In tabel 6.2 zijn de exploitatiekosten weergegeven.

onderdeel		
elektriciteitskosten	€	27.000
onderhoud en beheer	€	35.000
totale exploitatiekosten	€	62.000

6.3 Warmtekosten

De kosten voor het leveren van warmte (in €/GJ) zijn bepaald voor de situatie met en zonder HTO. De warmtekosten zijn gebaseerd op de jaarlijkse vaste kosten voor afschrijving (kapitaalslasten) en de exploitatiekosten. Wanneer de warmtekosten van hogetemperatuuropslag lager zijn dan de warmtekosten voor de ketel is het interessant om hogetemperatuuropslag toe te passen. De berekende warmtepreizen zijn:

- hogetemperatuuropslag: 10,4 €/GJ
- ketel 10,2 €/GJ

Op basis van het gekozen energieconcept blijkt dat met de huidige energietarieven de warmtekosten voor hogetemperatuuropslag hoger zijn aan de warmtekosten van de ketel.

6.4 Terugverdientijd

Aan de hand van de investeringskosten voor de hogetemperatuuropslag en het jaarlijkse exploitatievoordeel is de zogenaamde eenvoudige terugverdientijd bepaald. Bij het bepalen van de terugverdientijd is geen rekening gehouden met de kapitaallasten. De terugverdientijd bedraagt 12 jaar.

Daarnaast is geen rekening gehouden met jaarlijkse indexering van de energieprijzen en inflatie. Wanneer deze wel worden meegenomen, wordt het jaarlijkse exploitatievoordeel van de hogetemperatuuropslag steeds groter, zie figuur 6.2.

6.5 Gevoeligheidsanalyse

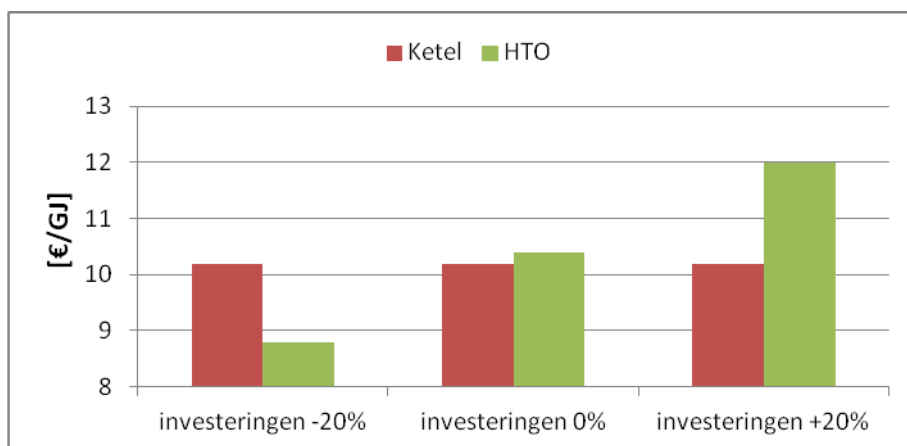
De gevoeligheid van de belangrijkste parameters op de haalbaarheid van hogetemperatuuropslag is onderzocht. De volgende onzekerheden zijn uitgewerkt:

1. Investerings +/- 20%;
2. Fluctuatie energietarieven
3. Grotere warmtevraag
4. Formatiekeuze;
5. CO₂ credits;
6. Hoger en lager grondwaterdebiet;
7. Hoger en lager opslagrendement.

In deze paragraaf worden de gevoeligheden kort omschreven en de resultaten van de gevoeligheidsanalyse gepresenteerd in grafieken.

1. Investerings

De investeringen voor de hogetemperatuuropslag zijn bepaald met behulp van financiële kentallen. Het effect op de warmtekosten bij lagere en hogere investeringen is inzichtelijk gemaakt en weergegeven in figuur 6.1.

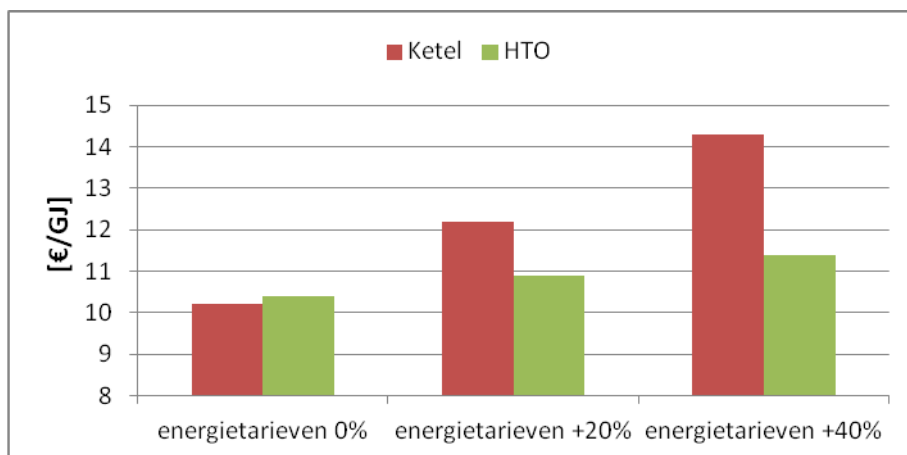


Figuur 6.1 warmtekosten bij afwijkende investeringen (+/- 20%)

De totale investeringen voor de hogetemperatuuropslag hebben een grote invloed op de warmtekosten. Bij de bekeken scenario's loopt de warmtekosten op van 8,8 naar 12,0 €/GJ.

2. Fluctuatie energietarieven

De ontwikkeling van de energieprijzen kan sterk fluctueren en vormt een grote onzekerheid voor de exploitatie en daarmee de haalbaarheid van de hogetemperatuuropslag. Het uitgangspunt in rekenmodel is 0,29 €/m³ en 0,07 €/kWh. Bij stijgende energietarieven wordt het exploitatievoordeel van de opslag groter. Voor de gevoeligheidsanalyse is gerekend met een toekomstscenario, waarbij gas en elektra respectievelijk 20% en 40% duurder worden. Figuur 6.2 toont de berekende warmtekosten.

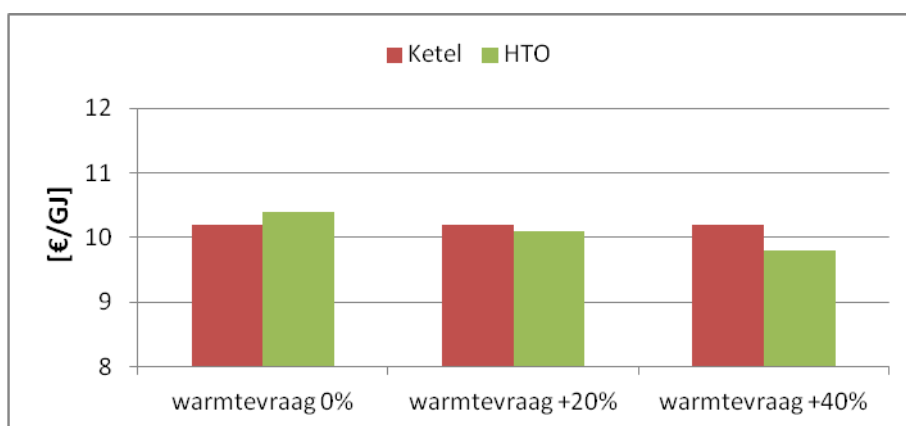


Figuur 6.2 Warmtekosten bij fluctuatie energietarieven

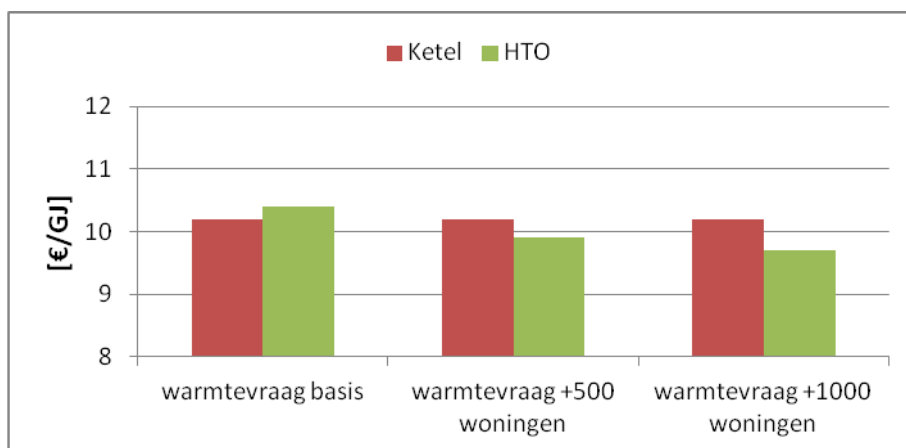
Bij stijging van de energieprijzen wordt het verschil tussen de warmtekosten met de ketel en hogetemperatuuropslag steeds groter. Het is uiterst onzeker hoe de ontwikkeling van de energieprijzen zal verlopen, de verwachting is echter dat ze blijven stijgen. Dit biedt perspectief voor hogetemperatuuropslag.

3. Grotere warmtevraag

De warmtevraag van de Groote Haar is ingeschat met behulp van energetische kentallen. Het effect van een grotere warmtevraag is onderzocht. Dit door bijvoorbeeld een toename van de warmtevraag van de bedrijven of bijvoorbeeld koppeling met nabij gelegen woningen.



Figuur 6.3 warmtekosten bij toename warmtevraag bedrijventerrein

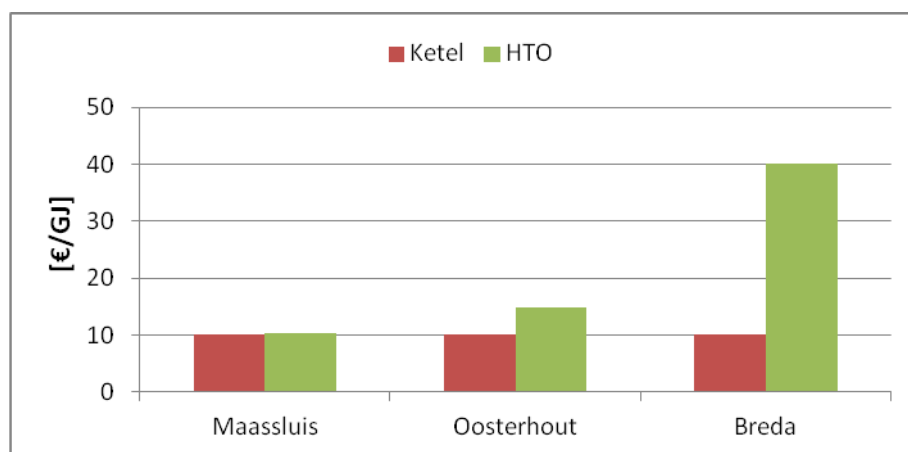


Figuur 6.4 warmtekosten bij toename vraag uit koppeling woningen

Bij een grotere warmtevraag worden de warmtekosten lager voor hogetemperatuuropslag indien ook de duurzame bron kleiner wordt. Wanneer het vermogen van de bio-wkk niet wordt verlaagd wordt het aandeel piekwarmte dat kan worden geleverd met hogetemperatuuropslag kleiner en de warmtekosten hoger. Afstemming van de capaciteitsverdeling tussen de duurzame bron en de hogetemperatuuropslag is zeer belangrijk.

4. Formatiekeuze

Voor de toepassing van hogetemperatuuropslag in Gorinchem kunnen olopnd in diepte drie formaties worden aangeboord: Maassluis, Oosterhout en Breda. In theorie leidt het dieper opslaan van warmte tot een hoger opslagrendement. Het dieper boren resulteert ook in hogere investeringen. Het effect van dieper boren is onderzocht.

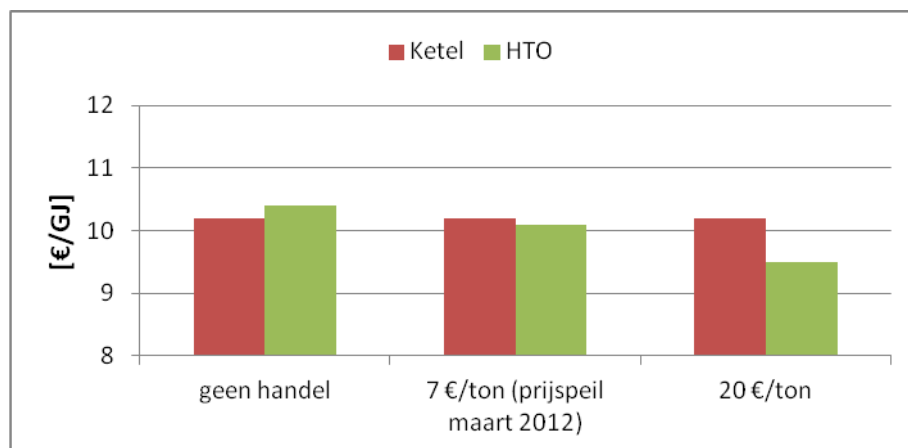


Figuur 6.5 warmtekosten bij andere formatiekeuze

Uit figuur 6.5 blijkt dat het hogere opslagrendement niet opweegt tegen de hogere boorkosten. De formatie van Maassluis is de meest interessante formatie voor de toepassing van hogetemperatuuropslag.

5. CO₂-credits

Met de toepassing van hogetemperatuuropslag wordt bespaard op de uitstoot van CO₂. Deze besparing heeft een economische waarde. Net als energietarieven fluctueert de waarde van CO₂. Verschillende scenario's zijn doorgerekend.

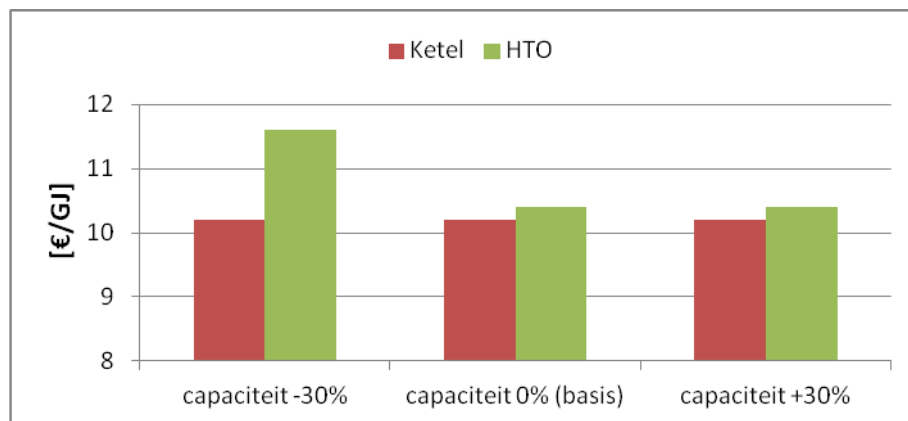


Figuur 6.6 warmtekosten bij verschillende CO₂ prijzen

De handel van CO₂ credits heeft een positief effect op de warmtekosten van hogetemperatuuropslag.

6. Grondwaterdebiet

De bodem op de projectlocatie is geïnventariseerd. Het effect van een beter of slechter grondwaterdebiet (capaciteit) is onderzocht.

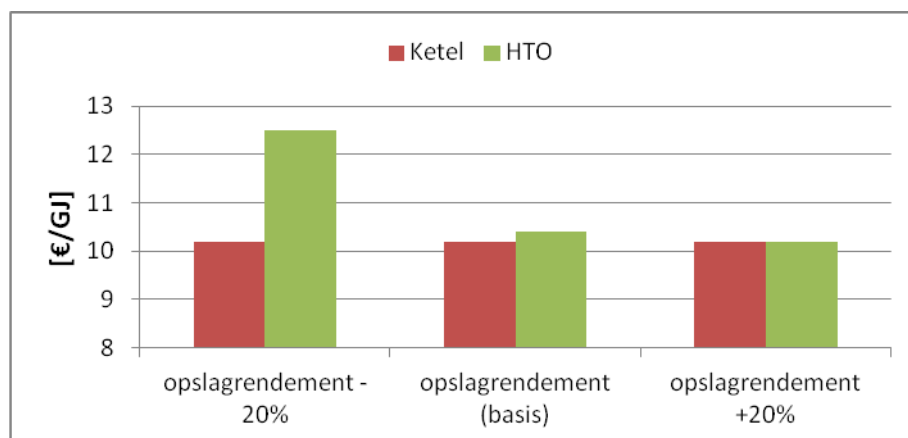


Figuur 6.7 warmtekosten bij verschillende grondwaterdebieten

Wanneer het debiet lager is, kan er minder warmte worden geleverd. De warmtekosten nemen daardoor met circa 10% toe. Bij een grotere capaciteit kan beperkt extra warmte worden geleverd. Dit voordeel wordt teniet gedaan door de extra investeringen voor een grotere capaciteit.

7. Opslagrendement

Het opslagrendement is een bepalende factor voor de economische haalbaarheid. De eerste jaren is het rendement wat lager en na 4 jaar stabiliseert het rendement zich. Het opslagrendement is bepaald met het model en geeft het rendement weer na 4 jaar. Het effect van een lager en hoger opslagrendement is weergegeven in figuur 6.8.



Figuur 6.8 warmtekosten bij verschillende grondwaterdebieten

Bij een lager opslagrendement, bijvoorbeeld tijdens de opstartfase tot jaar 4, zijn de warmtekosten hoger dan de ketel. Hier moet rekening mee worden gehouden in een businesscase. Bij een hoger opslagrendement zakken de warmtekosten tot op gelijk niveau met de warmtekosten voor de ketel.

7 Juridisch kader

Toepassing van hogetemperatuuropslag in de bodem is vanuit financieel oogpunt het meest interessant in de formatie van Maassluis. De diepte van de bronnen is maximaal 200 m-mv waardoor dit systeem onder de Waterwet valt en een Waterwetvergunning nodig heeft. De provincie Zuid-Holland is bevoegd gezag.

Bij de aanvraag van een vergunning moet voldaan worden aan de indieningsvereisten. Daarnaast worden in de vergunning voorschriften opgenomen. Vanaf 1 juli 2013 zijn er een aantal instructievoorschriften die het bevoegd gezag verplicht moet opnemen. Twee van de instructievoorschriften sluiten niet aan bij hogetemperatuuropslag: de maximale retourtemperatuur van 25°C en eis van energiebalans. Bij hogetemperatuuropslag ligt de gewenste retourtemperatuur veel hoger dan 25°C en zal geen energiebalans worden gerealiseerd omdat geen koude in de bodem wordt gebracht. Als aan deze instructievoorschriften wordt vastgehouden staat dat hogetemperatuuropslag in de weg. Van deze standaardvoorschriften kan, echter binnen de AMvB, onder omstandigheden worden afgeweken. Het bevoegd gezag bepaalt of zij de afwijking willen toestaan.

Provincie Zuid-Holland heeft aangegeven meer ervaring te willen opdoen met hogetemperatuuropslag in de bodem om daarmee beleid te vormen ten aanzien van hogetemperatuuropslag. Hiertoe heeft de provincie besloten om een aantal pilot projecten uit te voeren.

Bij een aanvraag voor de inwerkingtreding van het Besluit bodemenergiesystemen (naar verwachting op 1 juli 2013) moet de uniforme openbare voorbereidingsprocedure gevolgd worden met een doorloop tijd van circa zes maanden. Na inwerkingtreding van het besluit kan volstaan worden met een reguliere voorbereidingsprocedure met een doorlooptijd van acht weken. Het bevoegd gezag kan echter besluiten dat toch de uniforme openbare voorbereidingsprocedure doorlopen moet worden. Gezien de bijzondere situatie van warmteopslag wordt verwacht dat het bevoegd gezag de uniforme openbare voorbereidingsprocedure zal doorlopen.

Het boren van de bronnen moet conform normdocumenten plaatsvinden door een erkend bedrijf. Voor het toevoegen van stoffen voor waterbehandeling aan de bronnen is toestemming nodig. Met de provincie moet besproken worden of dit meegenomen kan worden in de Waterwetvergunning.

Naast bovengenoemde regels kunnen ook andere regels van toepassing zijn, denk bijvoorbeeld aan bouwvergunning, bestemmingsplan en provinciaal vastgestelde regels.

8 Conclusies en aanbevelingen

8.1 Conclusies

De beoogde centrale warmtevoorziening voor de Groote Haar kan worden verduurzaamd met de toepassing van hogetemperatuuropslag. In de zomer kan de “restwarmte” van de bio-wkk kan worden opgeslagen in de bodem. Het realiseren van een opslag in de formatie van Maassluis op een diepte van maximaal 200 m-mv is vanuit financieel oogpunt de meest geschikte formatie. Voor het opslaan en leveren van warmte is één doublet (bronnenpaar) benodigd. Van de opgeslagen warmte kan circa 25% nuttig worden ingezet voor het verwarmen van de Groote Haar. De opslag reduceert hiermee de inzet van de met aardgas gestookte ketel.

De totale investeringen van de hogetemperatuuropslag bedragen € 580.000,- (exclusief BTW en inclusief ontwerp en advieskosten). De jaarlijkse exploitatiekosten zijn geraamd op € 62.000,-. De warmtekosten voor het leveren van warmte met de hogetemperatuuropslag zijn 10,4 €/GJ. De warmtekosten voor het leveren van warmte met de ketel zijn 10,2 €/GJ. De hogetemperatuuropslag is daarmee (met de huidige energietarieven) iets duurder dan de ketel. Het perspectief voor de toepassing van hogetemperatuuropslag is echter gunstig wanneer ook rekening wordt gehouden met: inkomsten uit vermeden CO₂ emissies en stijgende energieprijzen. Dit zijn reële scenario's. Hogere investeringen, een lager grondwaterdebiet en een lager opslagrendement hebben een negatieve invloed op de warmtekosten. Met behulp van goed vooronderzoek zijn deze risico's echter beheersbaar.

Toepassing van hogetemperatuuropslag resulteert in een aanzienlijke besparing van energieverbruik van de ketel. Het aardgasverbruik van de piekketel wordt gereduceerd met circa 275.000 m³ per jaar, een besparing van 53%. De jaarlijkse besparing op de uitstoot van CO₂ is 500 ton (54%). De absolute besparing op het totale energieverbruik van de centrale warmtevoorziening is beperkt.

Het onttrekken en infiltreren van grondwater op een diepte van maximaal 200 m-mv is vergunningplichtig in het kader van de Waterwet. Het concept hogetemperatuuropslag is in conflict met de vergunningvoorschriften en daarom in principe niet vergunbaar. Dit vormt het belangrijkste knelpunt voor de toepassing van hogetemperatuuropslag. De provincie kan echter afwijken van het beleid.

8.2 Aanbevelingen

De uitgifte van de kavels voor de Groote Haar start waarschijnlijk in 2012. De centrale energievoorziening moet nog worden gerealiseerd en draait pas op volledige capaciteit wanneer de gehele Groote Haar is vol gebouwd. Het is vanuit financieel oogpunt niet aan te raden om bij aanvang van de realisatie van de centrale warmtevoorziening ook te starten met de realisatie van de hogetemperatuuropslag. In de laatste fase van de volloop is er voldoende zicht is op warmtevraag, -overschot en –afname. Dit is ook het moment wanneer hogetemperatuuropslag moet worden overwogen.

Hoewel hogetemperatuuropslag vanuit economisch oogpunt nog net iets duurder is dan de ketel zijn de vooruitzichten goed. In lijn met de planning van de Groote Haar kan dit betekenen dat hogetemperatuuropslag op het moment van afwegen economisch interessant is als gevolg van de ontwikkelingen van de energietarieven en de waarde van CO₂.

Het belangrijkste knelpunt voor de toepassing van hogetemperatuuropslag vormt de vergunningverlening. Overleg met de provincie is noodzakelijk om af te stemmen of hogetemperatuuropslag vergunbaar is en onder welke voorwaarden. Voor dit overleg moeten de hydrologische en thermische effecten van de beoogde hogetemperatuuropslag in de bodem inzichtelijk worden gemaakt. Daarnaast moet na worden gedacht over een monitoringsplan om te effecten te kunnen monitoren na de ingebruikname. Wanneer voldoende zicht is op toestemming kan worden gestart met het ontwerpen van de installatie.

Bijlage 1 Input en output rekenmodel

Kansen voor hogetemperatuuropslag in de bodem

Input en resultaat

versie 12.06.2012

Input in het model

Indicatie locatie formatie (oplopend in diepte) regio bodemgesteldheid	<table border="1"><tr><td>Maassluis</td></tr><tr><td>Gorinchem</td></tr></table>	Maassluis	Gorinchem	plaats in sheet				Wat is de locatie?																				
Maassluis																												
Gorinchem																												
Woningbouw aantal woningen type woning indicatie woninggrootte aantal appartementen type appartement indicatie omvang appartement	<table border="1"><tr><td>0</td></tr><tr><td>nieuwbouw</td></tr><tr><td>groot</td></tr><tr><td>0</td></tr><tr><td>bestaande bouw</td></tr><tr><td>klein</td></tr></table>	0	nieuwbouw	groot	0	bestaande bouw	klein	Utiliteit BVO type kantoor overig	<table border="1"><tr><td>-</td><td>[m²]</td></tr><tr><td>nieuwbouw</td><td></td></tr><tr><td>50%</td><td></td></tr><tr><td>50%</td><td></td></tr></table>	-	[m ²]	nieuwbouw		50%		50%		Bedrijventerrein uitgeefbare grond maximale bebouwing verwachte warmtevraag aandeel kantoren	<table border="1"><tr><td>40</td><td>[ha]</td></tr><tr><td>60%</td><td></td></tr><tr><td>laag</td><td></td></tr><tr><td>middel</td><td></td></tr></table>	40	[ha]	60%		laag		middel		Wat is het bouwplan?
0																												
nieuwbouw																												
groot																												
0																												
bestaande bouw																												
klein																												
-	[m ²]																											
nieuwbouw																												
50%																												
50%																												
40	[ha]																											
60%																												
laag																												
middel																												
Centrale verwarmingsinstallatie duurzame bron opslagtemperatuur aanvoertemperatuur warmtenet retourtemperatuur warmtenet	<table border="1"><tr><td>Bio WKK</td></tr><tr><td>90</td></tr><tr><td>55</td><td>[°C]</td></tr><tr><td>35</td><td>[°C]</td></tr></table>	Bio WKK	90	55	[°C]	35	[°C]					Welke opwekking?																
Bio WKK																												
90																												
55	[°C]																											
35	[°C]																											

Het resultaat: kansen voor hogetemperatuuropslag?

De hogetemperatuuropslag aantal dubletten (bronnenparen) indicatie grondwaterdebiet per bron opgeslagen hoeveelheid warmte nuttig geleverde warmte opslagrendement bijdrage opslag aan totale warmtelevering	<table border="1"><tr><td>1</td></tr><tr><td>73</td><td>[m³/h]</td></tr><tr><td>12.156</td><td>[MWh]</td></tr><tr><td>3.024</td><td>[MWh]</td></tr><tr><td>25%</td></tr><tr><td>19%</td></tr></table>	1	73	[m ³ /h]	12.156	[MWh]	3.024	[MWh]	25%	19%		de hogetemperatuuropslag
1												
73	[m ³ /h]											
12.156	[MWh]											
3.024	[MWh]											
25%												
19%												
HTO investerings hogetemperatuuropslag exploitatiekosten hogetemperatuuropslag	<table border="1"><tr><td>580.000</td><td>[€]</td></tr><tr><td>60.000</td><td>[€/jaar]</td></tr></table>	580.000	[€]	60.000	[€/jaar]		de kosten					
580.000	[€]											
60.000	[€/jaar]											
Marginale warmteprijs warmteprijs hogetemperatuuropslag referentie warmteprijs (levering HR ketel)	<table border="1"><tr><td>10,4</td><td>[€/GJ]</td></tr><tr><td>10,2</td><td>[€/GJ]</td></tr></table>	10,4	[€/GJ]	10,2	[€/GJ]		het milieuvoordeel					
10,4	[€/GJ]											
10,2	[€/GJ]											
Milieuvoordeel besparing primair energieverbruik besparing t.o.v. ketelgas reductie CO ₂ -uitstoot	<table border="1"><tr><td>276.138</td><td>[m³a.e./jaar]</td></tr><tr><td>53%</td></tr><tr><td>499</td><td>[ton/jaar]</td></tr></table>	276.138	[m ³ a.e./jaar]	53%	499	[ton/jaar]		Financiële analyse				
276.138	[m ³ a.e./jaar]											
53%												
499	[ton/jaar]											
Financiële analyse eenvoudige terugverdientijd	<table border="1"><tr><td>12</td><td>jaar</td></tr></table>	12	jaar									
12	jaar											