

Controleverklaring van de onafhankelijke accountant

Aan: de directie van Tellus Renkum B.V.

Ons oordeel

Wij hebben bijgaande subsidieverantwoording ingevolge het project 'Bodemonderzoek Ultradiepe Geothermie (Projecten Renkum en Nijmegen)' van Tellus Renkum B.V. te Renkum over de periode 1 april 2018 tot en met 30 juni 2021 (hierna: 'de subsidieverantwoording') gecontroleerd.

Naar ons oordeel geeft deze subsidieverantwoording de gedeclareerde kosten in alle van materieel belang zijnde aspecten juist weer in overeenstemming met:

- het besluit tot subsidieverlening d.d. 26 april 2018 met zaaknummer 2018 - 005599 van de Provincie Gelderland;
- het herziene besluit tot subsidieverlening d.d. 6 november 2018 met zaaknummer 2018 - 005599 van de Provincie Gelderland;
- het besluit tot verlenging van de projectduur van 1 april 2018 tot en met 31 december 2019 te verlengen naar 1 april 2018 tot en met 1 november 2020, d.d. 1 oktober 2019 van de Provincie Gelderland;
- het besluit tot verlenging van de projectduur van 1 april 2018 tot en met 1 november 2020 te verlengen naar 1 april 2018 tot en met 30 juni 2021, d.d. 16 oktober 2020 van de Provincie Gelderland;
- de e-mail van de Provincie Gelderland d.d. 28 september 2021 inzake het controleprotocol;
- de e-mail van de Provincie Gelderland d.d. 4 oktober 2021 inzake bevestiging wijziging van het budget;

(hierna: 'de subsidievoorwaarden').

De basis voor ons oordeel

Wij hebben onze controle uitgevoerd volgens het Nederlands recht, waaronder ook de Nederlandse controlestandaarden, het Controleprotocol 2015 van de provincie Gelderland en de subsidievoorwaarden vallen. Onze verantwoordelijkheden op grond hiervan zijn beschreven in de sectie 'Onze verantwoordelijkheden voor de controle van de subsidieverantwoording'.

Wij zijn onafhankelijk van Tellus Renkum B.V. zoals vereist in de Verordening inzake de onafhankelijkheid van accountants bij assurance-opdrachten (ViO) en andere voor de opdracht relevante onafhankelijkheidsregels in Nederland. Verder hebben wij voldaan aan de Verordening gedrags- en beroepsregels accountants (VGBA).

Wij vinden dat de door ons verkregen controle-informatie voldoende en geschikt is als basis voor ons oordeel.

Beperking in gebruik en verspreidingskring

De subsidieverantwoording is opgesteld met als doel Tellus Renkum B.V. in staat te stellen te voldoen aan de subsidievoorwaarden. Hierdoor is de subsidieverantwoording mogelijk niet geschikt voor andere doeleinden. Onze controleverklaring is derhalve uitsluitend bestemd voor Tellus Renkum B.V. en de provincie Gelderland en dient niet te worden verspreid aan of te worden gebruikt door anderen.

Andere informatie

Aan de subsidieverantwoording en onze controleverklaring daarbij is andere informatie toegevoegd, die bestaat uit het inhoudelijk verslag.

Op grond van onderstaande werkzaamheden zijn wij van mening dat de andere informatie met de subsidieverantwoording verenigbaar is en geen materiële afwijkingen bevat.

Wij hebben de andere informatie gelezen en hebben op basis van onze kennis en ons begrip, verkregen vanuit de controle van de subsidieverantwoording of anderszins, overwogen of de andere informatie materiële afwijkingen bevat.

Met onze werkzaamheden hebben wij voldaan aan de vereisten in de Nederlandse Standaard 720. Deze werkzaamheden hebben niet dezelfde diepgang als onze controlewerkzaamheden bij de subsidieverantwoording.

De directie is verantwoordelijk voor het opstellen van de andere informatie.

Verantwoordelijkheden van de directie voor de subsidieverantwoording

De directie is verantwoordelijk voor het opstellen van de subsidieverantwoording in overeenstemming met de subsidievoorwaarden. In dit kader is de directie verantwoordelijk voor een zodanige interne beheersing als de directie noodzakelijk acht om het opstellen van de subsidieverantwoording mogelijk te maken zonder afwijkingen van materieel belang als gevolg van fouten of fraude.

Onze verantwoordelijkheden voor de controle van de subsidieverantwoording

Onze verantwoordelijkheid is het zodanig plannen en uitvoeren van een controleopdracht dat wij daarmee voldoende en geschikte controle-informatie verkrijgen voor het door ons af te geven oordeel.

Onze controle is uitgevoerd met een hoge mate maar geen absolute mate van zekerheid, waardoor het mogelijk is dat wij tijdens onze controle niet alle materiële fouten en fraude ontdekken.

Afwijkingen kunnen ontstaan als gevolg van fraude of fouten en zijn materieel indien redelijkerwijs kan worden verwacht dat deze, afzonderlijk of gezamenlijk, van invloed kunnen zijn op de economische beslissingen die gebruikers op basis van de subsidieverantwoording nemen. De materialiteit beïnvloedt de aard, timing en omvang van onze controlewerkzaamheden en de evaluatie van het effect van onderkende afwijkingen op ons oordeel.

Wij hebben deze accountantscontrole professioneel kritisch uitgevoerd en hebben waar relevant professionele oordeelsvorming toegepast in overeenstemming met de Nederlandse controlestandaarden, het Controleprotocol 2015 van de provincie Gelderland, ethische voorschriften en de onafhankelijkheidseisen. Onze controle bestond onder andere uit:

- het identificeren en inschatten van de risico's dat de subsidieverantwoording afwijkingen van materieel belang bevat als gevolg van fouten of fraude, het in reactie op deze risico's bepalen en uitvoeren van controlewerkzaamheden en het verkrijgen van controle-informatie die voldoende en geschikt is als basis voor ons oordeel. Bij fraude is het risico dat een afwijking van materieel belang niet ontdekt wordt groter dan bij fouten. Bij fraude kan sprake zijn van samenspanning, valsheid in geschrifte, het opzettelijk nalaten transacties vast te leggen, het opzettelijk verkeerd voorstellen van zaken of het doorbreken van de interne beheersing;
- het verkrijgen van inzicht in de interne beheersing die relevant is voor de controle met als doel controlewerkzaamheden te selecteren die passend zijn in de omstandigheden. Deze werkzaamheden hebben niet als doel om een oordeel uit te spreken over de effectiviteit van de interne beheersing van de vennootschap;
- het evalueren van de geschiktheid van de gebruikte grondslagen voor financiële verslaggeving, en het evalueren van de redelijkheid van schattingen door de directie en de toelichtingen die daarover in de subsidieverantwoording staan;
- het evalueren van de presentatie, structuur en inhoud van de subsidieverantwoording en de daarin opgenomen toelichtingen; en
- het evalueren of de subsidieverantwoording de onderliggende transacties en gebeurtenissen zonder materiële afwijkingen weergeeft.

Wij communiceren met de directie onder andere over de geplande reikwijdte en timing van de controle en over de significante bevindingen die uit onze controle naar voren zijn gekomen, waaronder eventuele significante tekortkomingen in de interne beheersing.

Enschede, 6 oktober 2021

KPMG Accountants N.V.



Overzicht project kosten

Projectnaam: Bodemonderzoek Ultra Diepe Geothermie (projecten Renkum en Nijmegen)

Looptijd project: 1 April 2018 tot 30 June 2021

Zaaknummer: 2018-005599

Naam verantwoordend partij: Tellus Renkum B.V.

Renkum+Nijmegen		Renkum+Nijmegen		
Periode 01-04-2018 - 30-06-2021		01-04-2018 - 30-06-2021		
Project kosten	HERZIEN BUDGET	ACTUEEL		verschil
WP5 Seismic acquisition and (re-)processing	€2,182,341	€2,046,059		-€136,282
Acquisition van 5 2D lijnen zoals voorgesteld door Project Renkum	€1,353,050	€1,274,681		-€78,369
Acquisition van 3 2D lijnen Project Nijmegen	€829,291	€771,379		-€57,912
WP10 Permitting and Licensing	€32,000	€19,917		-€12,083
Aanvraag opsporingsvergunning	€32,000	€19,917		-€12,083
WP11 Project Management, coordination, communication and support	€781,000	€834,305		€53,305
Project Management	€680,000	€760,000		€80,000
Technische advies	€47,000	€36,701		-€10,299
Juridisch advies	€20,000	€16,411		-€3,589
Advies aanvraag subsidies	€15,000	€14,315		-€685
Communicatie en stakeholder management	€5,000	€0		-€5,000
Overige (overhead)	€14,000	€6,878		-€7,122
Totaal kosten	€2,995,341	€2,900,281		-€95,060
Funding EBN Green Deal (50% of EWP incl. Contingency)	€1,091,171	€1,023,030		-€68,141
Funding Tellus Renkum BV	€233,000	€233,000		€0
Funding Tellus Nijmegen BV	€50,000	€72,011		€22,011
Funding Gemeente Nijmegen	€75,000	€75,000		€0
Funding RadboudUMC	€50,000	€50,000		€0
Funding Province Gelderland	€1,496,171	€1,447,240		-€48,931
Total Funding	€2,995,341	€2,900,281		-€95,060

Ondertekend namens Tellus Renkum B.V.

Naam:

Titel:

Datum:

Plaats:

AK. DIRECTEUR
5-10-2021
Renkum

KPMG Audit

Document waarop ons rapport
2187217 21X00178989RTM d.d.

6 oktober 2021

(mede) betrekking heeft.
KPMG Accountants N.V.

0000000100

Potentie voor geothermie Midden-Gelderland

Eindrapport Fase 1a – Na nieuwe seismische studie



KPMG Accountants
Document versie: 0.1
2107217-21000178968RTM d.d.

6 oktober 2021

(mede) betrekking heeft.
KPMG Accountants N.V.

Tellus Renkum | Tellus Nijmegen

0000000101

Datum 30 September 2021
Zaaknummer 2018-005599
Betreft Haalbaarheid aardwarmte regio Renkum en Nijmegen

Tellus Renkum B.V.

ACHTERGROND EN DOELSTELLING

In midden Gelderland is door het ontbreken van olie- en gasvelden voor Nederlandse begrippen relatief weinig bekend over de diepe ondergrond. Op 13 April 2018 heeft Tellus Renkum een subsidieaanvraag gedaan bij de Provincie Gelderland voor de uitvoering van het project Bodemonderzoek Ultra Diepe Geothermie (projecten Renkum en Nijmegen) in het kader van programma's Energietransitie en Bodem en Onderzoek. Door middel van regionaal en lokale geologische studies en het uitvoeren van nieuw 2D seismisch bodemonderzoek kan het geothermisch potentieel van de regio Renkum en Nijmegen en daarmee de haalbaarheid van beide geothermische projecten beter in kaart worden gebracht. En kan er na de afronding van dit onderzoek (fase 1a) een besluit worden genomen over verdere ontwikkeling van de projecten.

Op 26 April 2018 is op grond van PS-besluit PS2018-62 is een subsidie van €1.780.393 toegekend aan Tellus Renkum. Op 6 November 2018 is dit besluit herzien, waarbij enkele activiteiten zijn komen te vervallen en de begroting is aangepast. Het subsidiebedrag van €1.780.393 bleef echter ongewijzigd. Na de ondertekening van de overeenkomst voor de uitvoering van seismiek door Energie Bedrijf Nederland (EBN) en het daarbij behorende werkplan heeft Tellus Renkum een nauwkeurigere inschatting kunnen maken van de kosten wat heeft geresulteerd in een tweede wijziging van de begroting. In de memo van 30 December 2019 staan de wijzigingen in activiteiten en kosten beschreven. Tellus Renkum heeft daarbij aangegeven dat op basis van de nieuwe begroting een deel van het toegekende subsidiebedrag (€ 284.223) niet aangewend zal worden, en dat daarmee de subsidie verlaagd kon worden naar een bedrag van €1.496.171. De werkelijke kosten zijn uitgekomen op €2.900.281 en de werkzaamheden zijn daarmee binnen budget uitgevoerd.

In dit rapport worden de aard en omvang van de werkzaamheden en prestaties beschreven, alsmede een toelichting gegeven op de gerealiseerde doelstellingen en resultaten. Daarbij wordt er verwezen naar deelrapporten zoals vermeld in de bijlagen. In de conclusie worden aanbevelingen gedaan voor vervolgstappen.

INHOUDSOPGAVE

ACHTERGROND EN DOELSTELLING	3
1. PROJECTEN & BETROKKEN PARTIJEN.....	6
1.1 Tellus Renkum.....	6
1.2 Tellus Nijmegen.....	7
2. SEISMISCHE CAMPAGNE & INTERPRATIE.....	9
2.1 Seismische campagne.....	9
2.2 Interpretatie seismische data & constructie 3D geologisch model	10
3. CONCEPT BOORPROGRAMMA EN PUTONTWERP	17
4. WARMTEVRAAG.....	18
4.1 Warmtevraag Tellus Renkum.....	18
4.2 Warmtevraag Tellus Nijmegen.....	20
5. OPSPORINGSVERGUNNING	23
5.1 Opsporingsvergunning Project Renkum	23
5.2 Opsporingsvergunning Project Nijmegen	24
6. PROJECT FASERING & KOSTEN	26
6.1 Projectfasering.....	26
6.2 Projectkosten Fase 1a.....	27
7. STATUS PROJECT RENKUM BINNEN GREEN DEAL UDG.....	28
8. CONCLUSIES EN VERVOLGSTAPPEN.....	29
8.1 Conclusies	29
8.2 Vervolgstappen	31
BIJLAGE I AANVRAAG OPSPORINGSVERGUNNING TELLUS RENKUM	32
BIJLAGE II AANVRAAG OPSPORINGSVERGUNNING TELLUS NIJMEGEN	32
BIJLAGE III BESLUIT OPSPORINGSVERGUNNING TELLUS RENKUM	32
BIJLAGE IV BESLUIT OPSPORINGSVERGUNNING TELLUS NIJMEGEN.....	32
BIJLAGE V INTERPRETATIE SEISMISCHE DATA & CONSTRUCTIE VAN EEN LOKAAL GEOLOGISCH 3D MODEL TELLUS RENKUM.....	32
BIJLAGE VI INTERPRETATIE SEISMISCHE DATA & CONSTRUCTIE VAN EEN LOKAAL GEOLOGISCH 3D MODEL TELLUS NIJMEGEN	32
BIJLAGE VII CONCEPT PUTONTWERP & KOSTENINSCHATTING	32
BIJLAGE VIII HAALBAARHEID RESTWARMTE TELLUS RENKUM.....	32

1. PROJECTEN & BETROKKEN PARTIJEN

1.1 Tellus Renkum

Tellus Renkum, de ontwikkelaar van het geothermieproject Renkum, is opgericht door Smurfit Kappa Parengo ("SKP") en QNQ Partners. Het eigenaarschap ligt voor 85% bij SKP en voor 15% bij QNQ Partners. SKP produceert op haar locatie in Renkum al ruim 100 jaar grafisch- en verpakkingspapier, en deze locatie is een van de grootste producenten in Europa. SKP is volledig onderdeel van het internationaal opererende verpakkingsconcern Smurfit Kappa.

SKP maakt op duurzame en innovatieve wijze producten uit vezels. Zo vormt 100% oud papier de grondstof van haar producten en wordt bovendien de complete stoombehoefte van papiermachine 1 (PM-1) voorzien van duurzame opgewekt stoom (biomassa). Met de verbouwing en heropstart in recente jaren van papiermachine 2 (PM-2) kreeg SKP de behoefte om ook voor deze machine de stoomvraag te verduurzamen. Met geothermie kan potentieel de volledige stoombehoefte worden ingevuld, in eerste instantie van PM-2 maar op termijn ook van PM-1. Hiermee zou het bedrijf haar vooraanstaande positie op Europees niveau op het gebied van duurzaamheid verder kunnen versterken: niet alleen recyclen van haar product, maar bovendien produceren op basis van duurzame energie. Naast initiatiefnemer van het geothermieproject, is SKP beoogd afnemer van de stoom/warmte. Bovendien kan het terrein van SKP in Renkum plaats bieden aan een mogelijke geschikte boorlocatie.

QNG is een gespecialiseerde accelerator op het gebied van diepe geothermie, met ervaring in fundraising, business development en projectmanagement van energieprojecten. QNG treedt op als de penvoerder van de business case, beheert het financiële model en de projectplanning. Daarnaast is zij verantwoordelijk voor het arrangeren van de benodigde investeringen en financiering van het project.

De primaire warmtevraag voor project Tellus Renkum ligt bij SKP. Een doelstelling is echter ook om de (geothermische) restwarmte in te zetten in een nog aan te leggen lokaal en regionaal warmte netwerk. Om de haalbaarheid van een warmtenet te onderzoeken heeft Tellus Renkum eind 2016 een intentieovereenkomst getekend met o.a. Firan, potentiële warmteafnemers en omliggende gemeentes (figuur 1.1). Deze is in 2019 opgevolgd door een nieuwe versie van de samenwerkingsovereenkomst welke per amendement nog weer eens is verlengd tot 2020.

Uiteindelijk is onder de overeenkomst door alle betrokken partijen gezamenlijk, een plan van aanpak ("Toetsbaar Plan") opgesteld en afgerond in de zomer van 2021.



Figuur 1.1 | Overzicht van het consortium voor de ontwikkeling van geothermie in regio Renkum

1.2 Tellus Nijmegen

Tellus Nijmegen, de ontwikkelaar van het geothermieproject Nijmegen, is opgericht door QNQ Partners. In September 2018 heeft Tellus Nijmegen een samenwerkingsovereenkomst getekend met Tellus Renkum om gezamenlijk seismisch onderzoek uit te voeren en daarmee op efficiëntere wijze de potentie van geothermie in kaart te brengen voor een veel groter gebied. Ter ondersteuning hebben ook de Gemeente Nijmegen en RadboudUMC een financiële bijdrage geleverd voor het uitvoeren van de eerste fase van het onderzoek.

In Maart 2019 heeft Tellus Nijmegen een samenwerkingsovereenkomst getekend met Engie. In eerste instantie ligt daarbij de focus op samenwerking tijdens het 2D seismisch onderzoek, de aanvraag van

de opsporingsvergunning aardwarmte en het verder substantiëren en het vastleggen van de reeds geïdentificeerde warmte vraag (zie figuur 1.2).



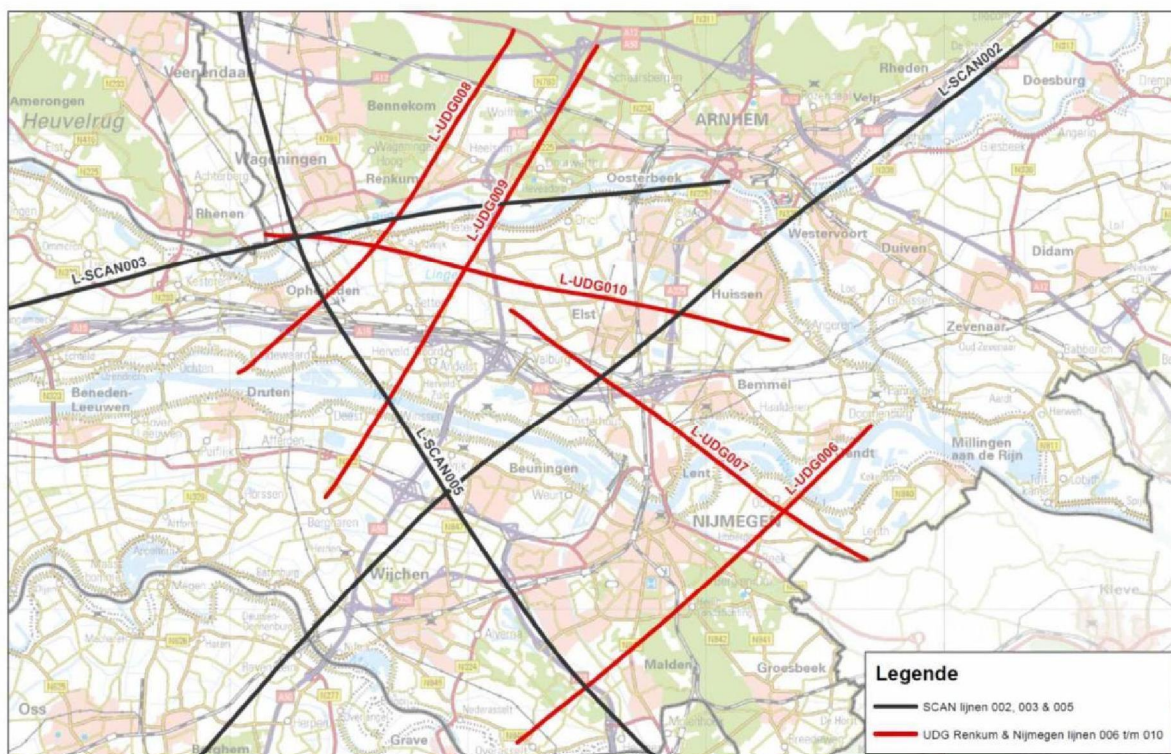
Figuur 1.2 | Overzicht van betrokken partijen voor de ontwikkeling van geothermie in regio Nijmegen.

2. SEISMISCHE CAMPAGNE & INTERPRATIE

2.1 Seismische campagne

In de regio Renkum-Nijmegen was slechts beperkte seismische data beschikbaar. Er is daarom besloten een nieuwe 2D seismische acquisitie campagne van +/- 101 km aan seismische lijnen uit te voeren. Deze seismische acquisitie campagne is uitgevoerd in Q1 2020. Vervolgens heeft de seismische data nog *quality control, processing* en interpretatie ondergaan. De seismische campagne, inclusief processing en analyse is afgerond in Q1 2021.

Er is sprake geweest van een wisselwerking tussen de seismische acquisitie die plaatsvond als onderdeel van het SCAN-programma en de seismische acquisitie door Tellus Renkum (als onderdeel van de Green Deal UDG). De seismische lijnen van zowel SCAN als Tellus Renkum/Tellus Nijmegen zijn weergegeven in Figuur 2.1.

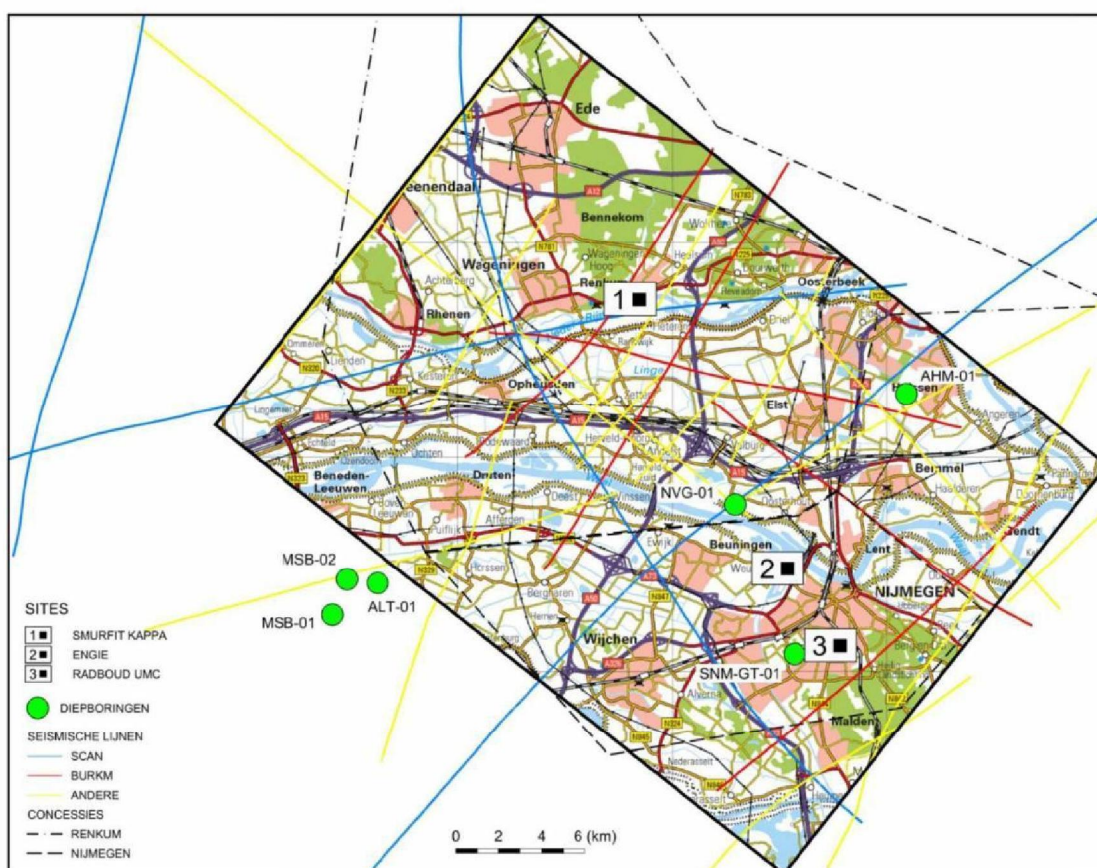


Figuur 2.1 | De rechte, blauwe lijnen geven de lijnen weer voor de seismische acquisitie die onder het SCAN project valt. De kortere, rode lijnen geven de lijnen weer voor de seismische acquisitie dat onder de campagne van Tellus Renkum/Tellus Nijmegen valt.

2.2 Interpretatie seismische data & constructie 3D geologisch model

Voor drie locaties is de diepte van en de temperatuur tot aan de top van de Kolenkalk Groep en dan steeds voor drie mogelijk opties (dieptes) bepaald:

- Locatie 1: SMURFIT KAPPA te Renkum met approximatieve RD-coördinaten (178550, 442350).
- Locatie 2: ENGIE ten noorden van Nijmegen, aan de samenkomst van de Waal en het Maas-Waalkanaal, met approximatieve RD-coördinaten (185450, 429850).
- Locatie 3: RADBOUD UMC in het centrum van Nijmegen met approximatieve RD-coördinaten (187850, 426250).



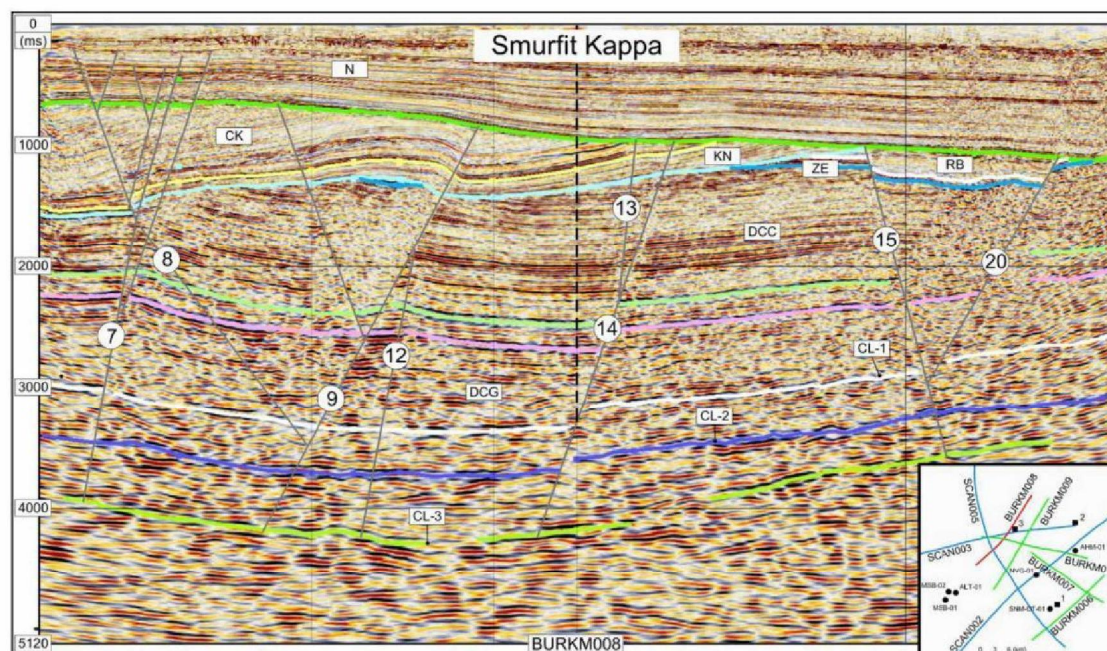
Figuur 2.2 | Situering van de locaties ten opzichte van het model-gebied, de seismische data en diepboringen.

Voor alle drie de locaties is het geothermisch potentieel ingeschat op basis van de nieuwe data. De Smurfit Kappa locatie ligt boven het “diep” in het top-vlak van de Kolenkalk Groep. Uit het ééndimensionaal thermisch geleidbaarheidsmodel volgt dat ter hoogte van deze locatie temperaturen hoger dan 100 °C te verwachten zijn binnen de gesteenten van de Caumer Subgroep en de Geul Subgroep. Temperaturen aan het top-vlak van de Limburg Groep bereiken er maximaal 50 °C. Volgende tabel geeft de diepte en de temperatuur weer die er ter hoogte van het basisvlak van

de verschillende lithostratigrafische eenheden verwacht wordt. Hierbij is voor de temperatuur ook het 95% betrouwbaarheidsinterval ($2 \times \text{StDev}$) weergegeven.

Smurfit Kappa Site			
Lithostratigrafische eenheid	Diepte (m) NAP	Temperatuur (°C)	2 x StDev (°C)
Boven Noordzee Groep	530	26	+ 2
Midden en Onder Noordzee Groep	940	39	+ 4
Krijt kalk Groep	1043	43	+ 5
Rijnland Groep	1336	53	+ 6
Onder Germaanse Trias Groep	-	-	-
Zechstein Groep	-	-	-
Boven Rotliegend Groep	-	-	-
Caumer Subgroep	3911	128	+ 16
Geul Subgroep - optie 1	5401	185	+ 24
Geul Subgroep - optie 2	6395	243	+ 33
Geul Subgroep - optie 3	7502	332	+ 48

Tabel 2.1 | De diepte en temperatuur ter hoogte van de basis van de verschillende gemodelleerde lithostratigrafische eenheden ter hoogte van de Smurfit Kappa locatie te Renkum.



Figuur 2.3 | Situering van de Smurfit Kappa locatie op seismische lijn BURKM008 ten opzichte van breuk (14) en de verschillende opties voor de basis van de Geul Subgroep.

De volgende tabel geeft een inschatting van het potentiële vermogen van een put bij de verschillende lithografische eenheden onder de aanname van verschillende temperaturen en debieten. In de berekening wordt er uitgegaan van een uitkoeling tot 50 °C.

Smurfit Kappa Site					
Lithostatigrafische eenheid	Diepte (m) NAP	Temperatuur (°C)	Geothermisch vermogen (MWth)		
			Pessimistisch 40 (L/s)	Default 80 (L/s)	Optimistisch 120 (L/s)
Rijnland groep	1336	53	0	1	1
Caumer Subgroep	3911	128	11	22	33
Geul Subgroep optie 1	5401	185	19	39	58
Geul Subgroep optie 2	6395	243	28	55	83
Geul Subgroep optie 3	7502	332	40	81	121

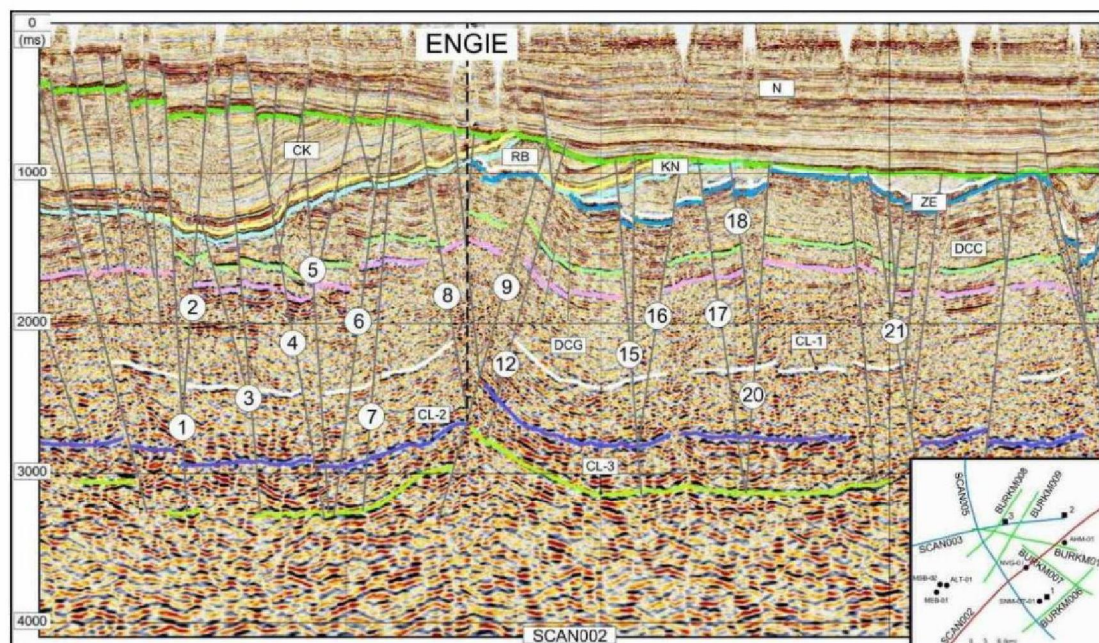
Tabel 2.2 | Het verwachte geothermisch vermogen bij de verschillende gemodelleerde lithostatigrafische eenheden ter hoogte van de Smurfit Kappa locatie te Renkum.

De ENGIE-locatie is gelegen aan de samenvloeiing van de Waal en het Maas-Waalkanaal nabij Nijmegen. De ENGIE-locatie ligt boven de centrale rug op het “plateau”. Uit het ééndimensionaal thermisch geleidbaarheidsmodel volgt dat ter hoogte van de locaties temperaturen hoger dan 100 °C te verwachten zijn binnen de gesteenten van de Caumer Subgroep en de Geul Subgroep. Temperaturen aan het top-vlak van de Limburg Groep bereiken er maximaal 50 °C.

Volgende tabel geeft de diepte en de temperatuur weer die er ter hoogte van het basis-vlak van de verschillende lithostatigrafische eenheden verwacht wordt. Hierbij is voor de temperatuur ook het 95% betrouwbaarheidsinterval (2 x StDev) weergegeven.

ENGIE Site			
Lithostatigrafische eenheid	Diepte (m) NAP	Temperatuur (°C)	2 x StDev (°C)
Boven Noordzee Groep	401	22	+ 2
Midden en Onder Noordzee Groep	736	33	+ 3
Krijtkalk Groep	815	35	+ 3
Rijnland Groep	955	40	+ 4
Onder Germaanse Trias Groep	1098	44	+ 5
Zechstein Groep	1154	46	+ 5
Boven Rotliegend Groep	1170	46	+ 5
Caumer Subgroep	1882	69	+ 8
Geul Subgroep - optie 1	2919	104	+ 12
Geul Subgroep - optie 2	3563	137	+ 17
Geul Subgroep - optie 3	4402	212	+ 28

Tabel 2.3 | De diepte en temperatuur ter hoogte van de basis van de verschillende gemodelleerde lithostatigrafische eenheden ter hoogte van de ENGIE locatie te Nijmegen.



Figuur 2.4 | Situering van de ENGIE-locatie, geprojecteerd op seismische lijn SCAN002, ten opzichte van breuken (8) en (9) en de verschillende opties voor de basis van de Geul Subgroep.

Volgende tabel geeft een inschatting van het potentiële vermogen van een put bij de verschillende lithografische eenheden onder de aanname van verschillende temperaturen en debieten. In de berekening wordt er uitgegaan van een uitkoeling tot 50 °C.

Engie Site					
Lithostatigrafische eenheid	Diepte (m) NAP	Temperatuur (°C)	Geothermisch vermogen (MWth)		
			Pessimistisch 40 (L/s)	Default 80 (L/s)	Optimistisch 120 (L/s)
Caumer Subgroep	1882	69	3	5	8
Geul Subgroep optie 1	2919	104	8	15	23
Geul Subgroep optie 2	3563	137	12	25	37
Geul Subgroep optie 3	4402	212	23	46	69

Tabel 2.4 | Het verwachte geothermisch vermogen bij de verschillende gemodelleerde lithostatigrafische eenheden ter hoogte van de ENGIE locatie te Nijmegen.

De Radboud UMC locatie is gelegen in het centrum van Nijmegen. De Radboud UMC locatie ligt op de zuidflank van de rug eveneens op het “plateau” in het top-vlak van de Kolenkalk Groep. Volgende tabel geeft de diepte en de temperatuur weer die er ter hoogte van het basis-vlak van de verschillende

lithostratigrafische eenheden verwacht wordt. Hierbij is voor de temperatuur ook het 95% betrouwbaarheidsinterval ($2 \times \text{StDev}$) weergegeven.

Radboud UMC Site			
Lithostratigrafische eenheid	Diepte (m) NAP	Temperatuur (°C)	$2 \times \text{StDev}$ (°C)
Boven Noordzee Groep	383	21	± 2
Midden en Onder Noordzee Groep	729	32	± 3
Krijtkalk Groep	850	36	± 4
Rijnland Groep	985	41	± 4
Onder Germaanse Trias Groep	1063	43	± 5
Zechstein Groep	1133	45	± 5
Boven Rotliegend Groep	1147	45	± 5
Caumer Subgroep	1894	65	± 8
Geul Subgroep - optie 1	3224	102	± 13
Geul Subgroep - optie 2	4035	136	± 18
Geul Subgroep - optie 3	4631	192	± 26

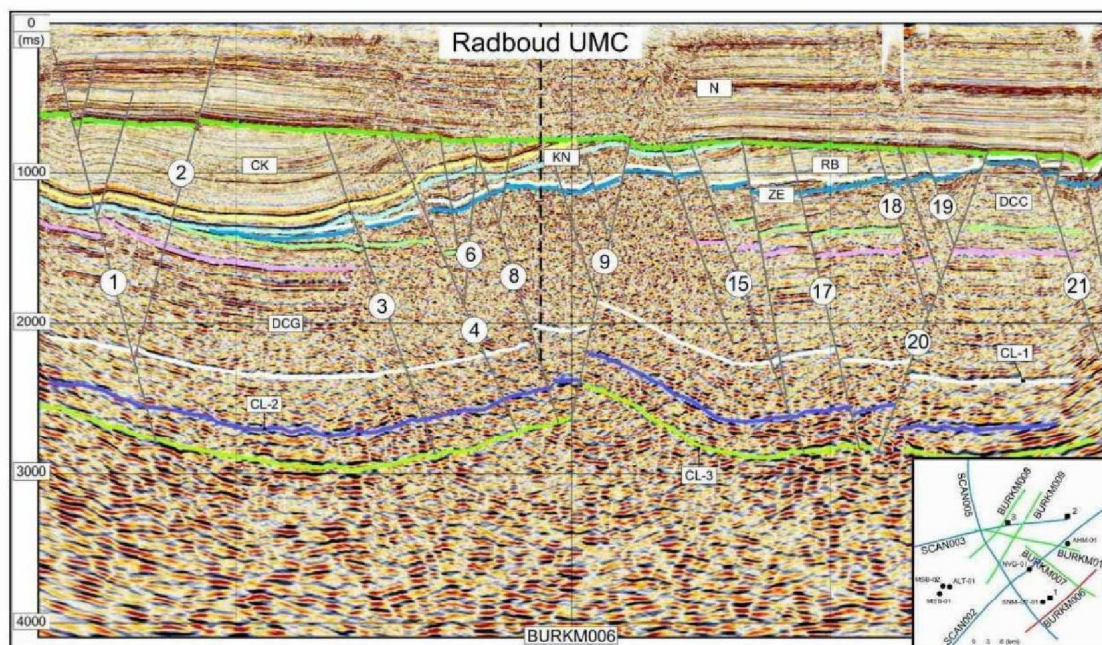
Figuur 2.5 | De diepte en temperatuur ter hoogte van de basis van de verschillende gemodelleerde lithostratigrafische eenheden ter hoogte van de Radboud UMC locatie te Nijmegen.

Volgende tabel geeft een inschatting van het potentiële vermogen van een put bij de verschillende lithografische eenheden onder de aanname van verschillende temperaturen en debieten. In de berekening wordt er uitgegaan van een uitkoeling tot 50 °C.

Radboud UMC Site					
Lithostratigrafische eenheid	Diepte (m) NAP	Temperatuur (°C)	Geothermisch vermogen (MWth)		
			Pessimistisch 40 (L/s)	Default 80 (L/s)	Optimistisch 120 (L/s)
Caumer Subgroep	1894	65	2	4	6
Geul Subgroep optie 1	3224	102	7	15	22
Geul Subgroep optie 2	4035	136	12	25	37
Geul Subgroep optie 3	4631	192	20	41	61

Tabel 2.5 | Het verwachte geothermisch vermogen bij de verschillende gemodelleerde lithostratigrafische eenheden ter hoogte van de Radboud UMC locatie te Nijmegen.

2.3 Conclusies en mogelijke vervolgstappen



Figuur 2.6 | Situering van de Radboud UMC locatie, geprojecteerd op seismische lijn BURKM006, ten opzichte van breuken (4), (8) en (9) en de verschillende opties voor de basis van de Geul Subgroep.

Naast temperatuur spelen ook de porositeit en permeabiliteit een belangrijke rol met betrekking tot het geothermisch potentieel. Deze parameters kunnen niet gekwantificeerd worden aan de hand van de nieuwe seismische data. Kwalitatief gezien kunnen de seismische data wel enige informatie leveren. Als gevolg van vroege neerslag van mariene en meteorische calciet in de matrix van de Dinantien kalksteen is primaire porositeit quasi onbestaande (Mozafari et al., 2019) en is de permeabiliteit van het gesteente zeer laag. Lokaal komen in het gesteente van de Kolenkalk Groep zones met een hogere porositeit voor die geassocieerd zijn met karst en dolomitatie (Carlson, 2019). Deze secundaire porositeit kan de permeabiliteit verhogen. Karst wordt verwacht in de top van de Kolenkalk Groep, dolomitatie aan de basis ervan. Karst is evenwel niet vastgesteld en dolomitatie kan niet vastgesteld worden aan de hand van de nieuwe seismiek.

De meest permeabele zones binnen de Kolenkalk Groep worden verwacht nabij scheuren en breuken. Zones rond breuken in carbonaatgesteenten worden opgebroken waardoor er breccie en spleten gevormd worden (Cain et al., 1996). Deze beschadigde zone is meestal uitgebreider dan de breuk zelf en kan hydraulisch gezien een belangrijke bijdrage leveren wat betreft bulk permeabiliteit (Loveless et al. 2014). Binnen de brosse gesteenten van de Kolenkalk Groep vormen deze zones rond breuken dan ook belangrijke stromingskanalen langswaar hydrothermale vloeistoffen kunnen circuleren en langswaar verkarsting kan optreden met een verhoging van de secundaire porositeit als gevolg.

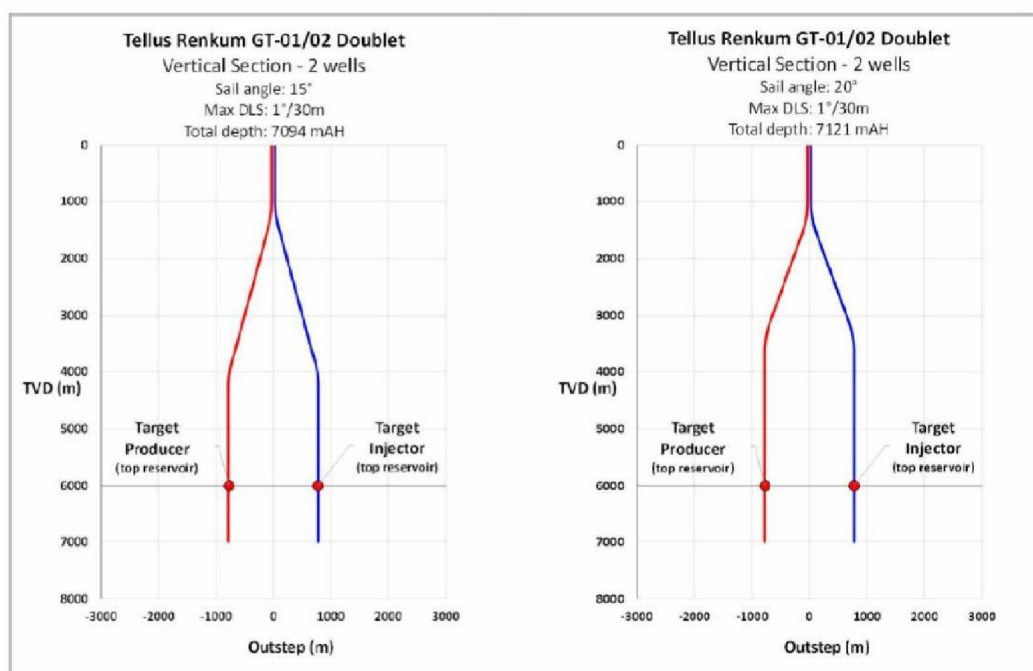
Ter hoogte van de Smurfit Kappa locatie is de top van de Kolenkalk doorsneden door een zuidwest hellende breuk (14) met een normaal verzet van ongeveer 200m. Ter hoogte van de

Radboud UMC locaties is de top van de Kolenkalk Groep eveneens doorsneden door meerdere noordoost (8) en zuidwest (9) hellende breuken. Deze vertonen een normaal verzet van ongeveer 500°m en 200°m respectievelijk voor de ENGIE en de Radboud UMC locatie. Het hoogste geothermische potentieel zal daar gevonden worden waar de voornoemde breuken de gesteenten van de Kolenkalk Groep doorsnijden. Het is echter onbekend of de gecreëerde permeabiliteit langs breukzones nog steeds aanwezig is, of na het stoppen van de breukwerking weer tenietgedaan is door diagenetische processen (precipitatie van mineralen).

Voor het complete rapport zie Bijlage V en VI: Interpretatie van nieuwe seismische data en constructie van een lokaal geologisch 3D-model in de omgeving van Renkum en Nijmegen in het zuiden van de provincie Gelderland: inzichten in het geothermisch potentieel.

3. CONCEPT BOORPROGRAMMA EN PUTONTWERP

Tellus Renkum heeft WDC International gevraagd een initieel ontwerp van een doublet op te stellen met daarbij een kosteninschatting. Dit heeft geresulteerd in een conceptueel ontwerp van het doublet (zie figuur 3.1) en boorprogramma met bijbehorende kosteninschatting(en). Uiteindelijk is vanwege efficiëntie (minder frictie in opbouw en dropdown) besloten te richten op de variant met een 15° inclinatie/sail angle).



Figuur 3.1 | Geoptimaliseerd S-shaped doublet ontwerp en boor traject opties (15° en 20° sail angle)

Naast ontwerp van een initieel boorprogramma- en put ontwerp en bijbehorende kosteninschatting is er een onderzoek gedaan naar potentiële kandidaten voor levering van benodigde technologie zoals:

I. Productiepomp (Electrical submersible Pump, ESP): Deilir, Baker Hughes, Iceland Drilling, ST1, Ross Drilling en Leveranciers van (aan de oppervlakte geïnstalleerde) shaft pumps aan geothermie projecten in Duitsland (HP/HT).

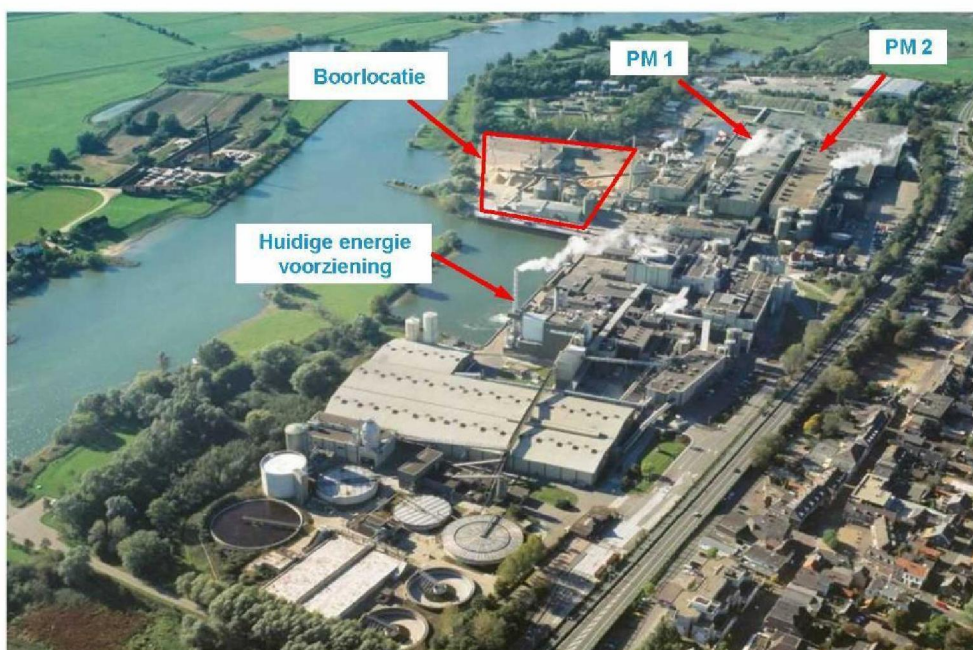
II. Wellhead

Zie bijlage VII voor het rapport van WDC International met daarin opgenomen het concept boorprogramma/putontwerp en initiële inschatting van de boorkosten.

4. WARMTEVRAAG

4.1 Warmtevraag Tellus Renkum

De primaire warmtevraag voor project Tellus Renkum ligt bij SKP. Het doel is om de stoombehoefte van de papierfabriek te verduurzamen met behulp van een geothermische bron. SKP heeft twee papiermachines in gebruik in Renkum: papiermachine 1 (PM 1) en papiermachine 2 (PM 2). Project Tellus Renkum is opgezet ter invulling van de energievraag van PM2: energie voor het genereren van 5 bar stoom a 170°C (69 ton/uur @ 45 MWth). De energie voor PM1 (30MWth) is reeds verduurzaamd door een biomassacentrale, maar zou in de toekomst wellicht ook kunnen overschakelen naar aardwarmte.



Figuur 4.1 | SKP te Renkum, inclusief beoogde boorlocatie

SKP is bereid om een warmte afname contract af te sluiten met Tellus Renkum zodra de economische en technische haalbaarheid van het project is aangetoond. Tellus Renkum heeft in samenwerking met advocatenkantoor Norton Rose Fulbright, een eerste aanzet gemaakt van een termsheet waarin de meest relevant contractvoorwaarden voor een warmte afname contract staan beschreven. Dit document zal een richtsnoer zijn voor verdere onderhandelingen.

Nadat de warmte uit het UDG-project is ingezet ten behoeve van de stoomvoorziening voor SKP is deze beschikbaar om, met een resttemperatuur van ~100°C, in een nog aan te leggen lokaal en regionaal warmte netwerk gevoed te worden. Het verwachte tracé van het 10 km lange lokale en initiële deel van het regionale warmtenetwerk is weergegeven in Figuur 4.2.

Bij terugvallende stoomvraag is het mogelijk om de geothermische installatie te koppelen aan het warmtenet dat zich de komende jaren ontwikkelt in de regio Arnhem/Nijmegen.



Figuur 4.2 | Kaart met tracé ~10km lokaal en regionaal

In de ontwikkeling van geothermie projecten waarbij het de bedoeling is om (ook) de gebouwde omgeving element van geothermische (rest-)warmte te voorzien ontstaat altijd een kip-ei situatie tussen bron(-nen) en de aanleg van het net. Zonder dat de geothermie bron er is zal er niet zo snel worden geïnvesteerd in de aanleg van het warmtenet. Andersom, zonder een zekere garantie op de afname en logistieke mogelijkheid van levering van warmte door de aanleg van een warmtenet, zal een geothermie bron moeilijker tot ontwikkeling komen.

Om deze kip-ei situatie van het net en de bron(-nen) op te lossen is er met partners, in eerste instantie onder de SOK van 2016 en later onder de SOK (Restwarmte Smurfit Kappa Parenco) RKSP gewerkt aan een door alle partijen gedragen Toetsbaar Plan (TP) voor de inzet van beschikbare restwarmte (uit de RWZI, effluent) bij SKP als startbron voor het warmtenet. Tellus Renkum heeft daartoe de technische en economische haalbaarheid van het restwarmte project laten onderzoeken door Qirion. Qirion heeft in dit onderzoek:

- Een nota van uitgangspunten opgesteld
- Technische tekeningen van de uitkoppeling en bijbehorende installaties (lay-out en lokatie keuze op terrein SKP) opgesteld
- Een procesbeschrijving opgesteld
- Een HAZID-analyse en risico analyse/matrix uitgevoerd
- Een concept technisch ontwerp opgesteld
- De business case met gevoeligheidsanalyse opgesteld

Bovenstaande tezamen gevat in een overzichtspresentatie met de resultaten. De conclusie van dit werk is dat er, op basis van het effluent uit de eigen RWZI van SKP, 6-7 MWth uitgekoppeld kan worden aan

worden waardoor 3.000 woningequivalenten (WEQ) op een warmtenet met de effluent als bron kunnen worden aangesloten.

Zie bijlage VIII voor technische haalbaarheid restwarmte project Tellus Renkum.

4.2 Warmtevraag Tellus Nijmegen

De primaire warmtevraag van Tellus Nijmegen komt met name vanuit de gemeente Nijmegen. In deze gemeente ligt al sinds 1998 een warmtenet voor ca. 6.000 woningen. In 2030 moeten dit er 14.000 zijn. In 2014 is in een regionale samenwerkingsovereenkomst afgesproken te komen tot 80.000 woningequivalenten (weq¹) in de regio Arnhem/Nijmegen, waarvan 35.000 in Nijmegen. Op basis van de huidige inzichten, mede gebaseerd op de uitkomsten van een studie van CE Delft, wordt ingeschat dat 80.000 weq van particulieren en bedrijven in Nijmegen op het warmtenet kunnen worden aangesloten.

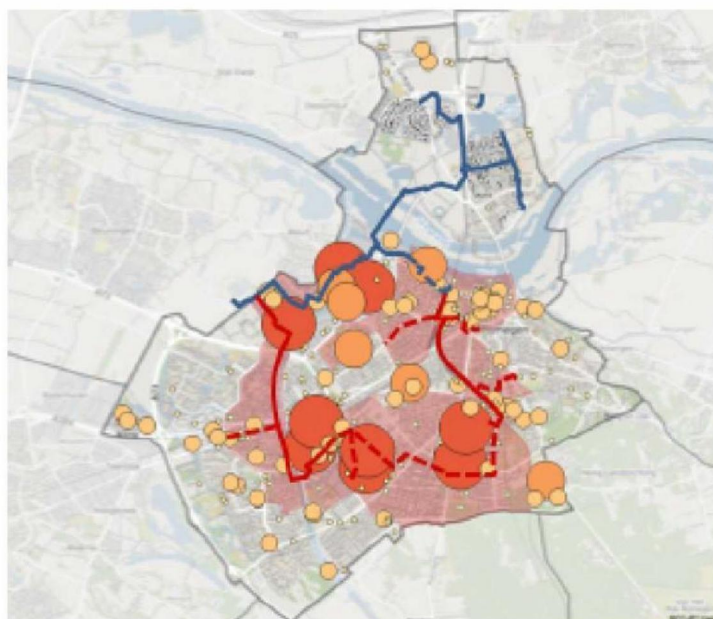
In december 2018 heeft de gemeenteraad van Nijmegen met een ruime meerderheid de Warmtevisie Nijmegen aangenomen. Deze Warmtevisie schetst het grote belang van de uitbouw en aanleg van warmtenetten in Nijmegen als alternatief voor de huidige aardgasvoorziening. Daarbij wordt geothermie, naast biomassa en aquathermie met warmtepompen, benoemd als belangrijke potentiële warmtebron. Geothermie is energetisch aantrekkelijk en potentieel lokaal beschikbaar.

De ambitie is om het aantal aansluitingen van bestaande gebouwen op het warmtenet tot ca 50.000 weq's uit te breiden in de periode tot 2045. Dat zijn 44.000 weq's meer dan nu zijn aangesloten en dat komt overeen met een jaarverbruik van ruim 60 miljoen m³ aardgas of 2 miljoen GJ warmte. Omdat Nijmegen met het reeds bestaande Indigonet beschikt over een 'open' transportnet voor warmte (backbone) dat in handen is van de overheid, is het voor warmteproducenten mogelijk om gebruik te maken van het reeds aangelegde Indigonet voor de levering van duurzame warmte aan afnemers.

Zoals in de warmtevisie van de gemeente in 2018 vastgesteld is worden de bestaande warmteleidingen uitgebreid tot een warmteringleiding. Dit om zoveel als mogelijk van de totale 80.000 weq aan potentie op warmte te laten aansluiten. Deze ringleiding dient een open netwerk te worden: meerdere bronnen en aanbieders, zodat klanten hun eigen leverancier en warmteproduct kunnen kiezen.

Om 80.000 weq van warmte te voorzien is ca. 80 MWth aan gemiddeld jaarvermogen aan warmtebronnen nodig en ca. 100 MWth in wintermaanden. De afvalcentrale kan maximaal tot 43 MWth verzorgen. Dit betekent dat ca. 60 MWth in te vullen is door andere bronnen. Een enorme uitdaging. Een geothermiebron wordt dan ook door de gemeente gezien als een zeer belangrijk middel om in (een deel van) deze warmtevraag te voorzien.

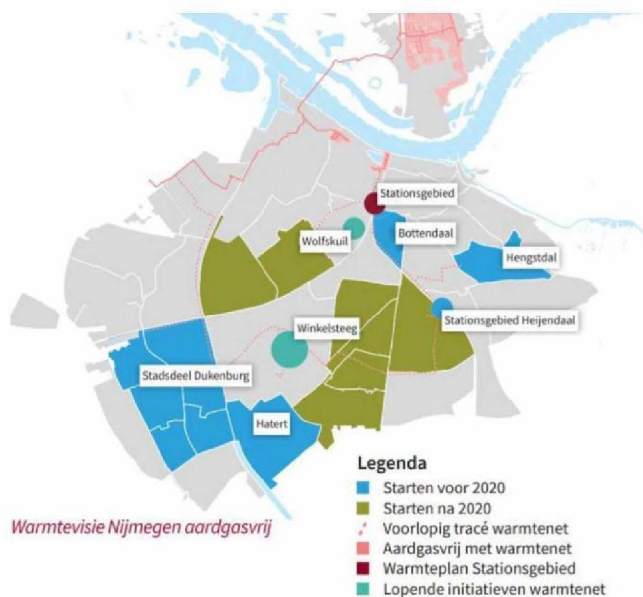
¹ 1 weq is de warmtevraag van een gemiddeld huishouden van ca. 100m³ bruto vloeroppervlak



Blauwe lijn: bestaand warmtenet (inmiddels ~6.000 woningen aangesloten, in 2030 14.000 woningen.) Rode lijn én bollen: mogelijk uitbreiding warmteringleiding inclusief grootverbruikers (ca. 66.000 a 100.000 weq's). Rode gebieden: in nabijheid van rondleiding de wijken die op warmtenet kunnen worden aangesloten.

Figuur 4.3 | Beoogd regionaal netwerk en potentiële warmtevraag

Naast de reeds ~6.000 bestaande woningen met een warmte-aansluiting hebben verschillende bedrijven aangegeven geïnteresseerd te zijn in een warmte-aansluiting: Het RadboudUMC heeft in 2022 een warmtevraag van ca. 57.000 GJ (ca. 1.600 weq) met een baseload van ca. 3,5 MWth en een piekvermogen van ca. 7 MWth. Het RadboudUMC heeft aangegeven te willen onderzoeken of aansluiting op een geothermiebron aansluit bij haar behoeften.



Figuur 4.4 | Warmtevisie Nijmegen en prioritering wijken

Het stadsdeel Dukenburg en de wijk Hatert, beide gelegen in Nijmegen-Zuid, staan gepland voor een start met planvorming/uitwerking en realisatie van het warmtenet in 2021.

ENGIE heeft samen met andere partijen in 2017 het initiatief genomen om met een aantal grote warmte-afnemers in het gebied Winkelsteeg, gelegen naast stadsdeel Dukenburg, op zoek te gaan naar duurzame alternatieven voor de gasgestookte warmtevraag. De totale te vervangen warmtevraag kan oplopen naar ca 80.000 GJ per jaar voor 6 grote afnemers.

In 2019 heeft ENGIE, in samenwerking met de gemeenten Nijmegen en Beuningen en de Provincie Gelderland de gebiedsvisie Waal Energie voor de herontwikkeling van het terrein van de voormalige kolencentrale, opgesteld. ENGIE heeft als gebiedseigenaar ook de omgeving intensief betrokken in een participatief proces. In de komende jaren zal een bedrijventerrein ontstaan met watergebonden activiteiten en een centraal gebied waar ruimte is voor duurzame energie. Het gaat dan om diverse vormen van o.a. opwek en balancering, en geothermie is een belangrijke vorm van opwek die hier eventueel een plek kan krijgen.

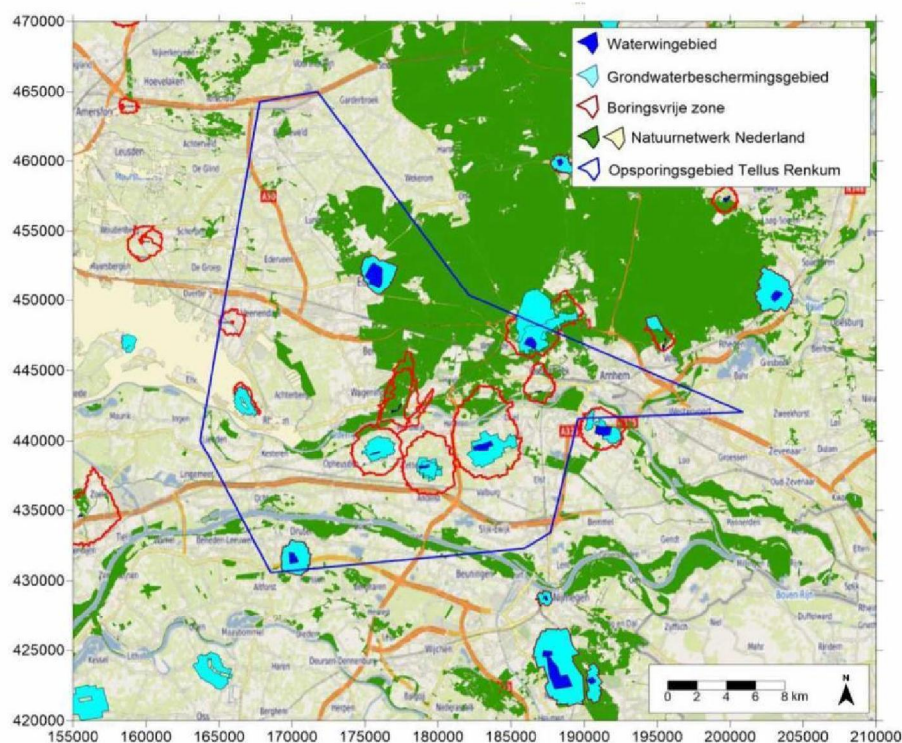
5. OPSPORINGSVERGUNNING

Alle activiteiten vanaf 500 meter in de ondergrond zijn door de Nederlandse overheid aangemerkt als mijnbouw. Daarom wordt ook aardwarmtewinning beschouwd als mijnbouwactiviteit. Op grond van de Mijnbouwwet kan het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) een opsporingsvergunning verlenen aan een aardwarmtebedrijf. Opsporen betekent volgens de wet 'het onderzoek doen naar de aanwezigheid van aardwarmte of naar gegevens daarover'.

5.1 Opsporingsvergunning Project Renkum

Op 7 maart 2019 heeft Tellus Renkum op basis van de geologische inventarisatie van IF Technology, een aanvraag ingediend voor een opsporingsvergunning aardwarmte. Zie bijlage I voor aanvraag opsporingsvergunning Tellus Renkum. Op 13 juli 2020 is de opsporingsvergunning voor aardwarmte verleend voor het gebied genaamd Renkum. Zie bijlage III voor besluit opsporingsvergunning Tellus Renkum. Het opsporingsgebied is weergegeven in Figuur 5.1.

Het gebied wordt omsloten door de punten waarvan de coördinaten beschreven zijn in Tabel 5.1, en de rechte lijnen daartussen. Het gebied waarvoor de vergunning geldt is verticaal begrensd met als bovengrens de basis van de Boven Carboon Groep. De aanvraag opsporingsvergunning aardwarmte voor het gebied Renkum was concurrerend ingediend op de aanvraag opsporingsvergunning aardwarmte voor het gebied Ede, die op 11 December 2018 was gepubliceerd. Tellus Renkum heeft met de ontwikkelaar van het gebied Ede een overeenkomst gesloten, waarbij het aangevraagde gebied Renkum is gewijzigd en (in diepte een deel van) het gebied Ede is uitgesloten.



Figuur 5.1 | Locatie opsporingsgebied en inventarisatie van de ondergrondse belangen: waterwingebieden, grondwaterbeschermingsgebieden, boringsvrije zones en gebieden van Natuurnetwerk Nederland.

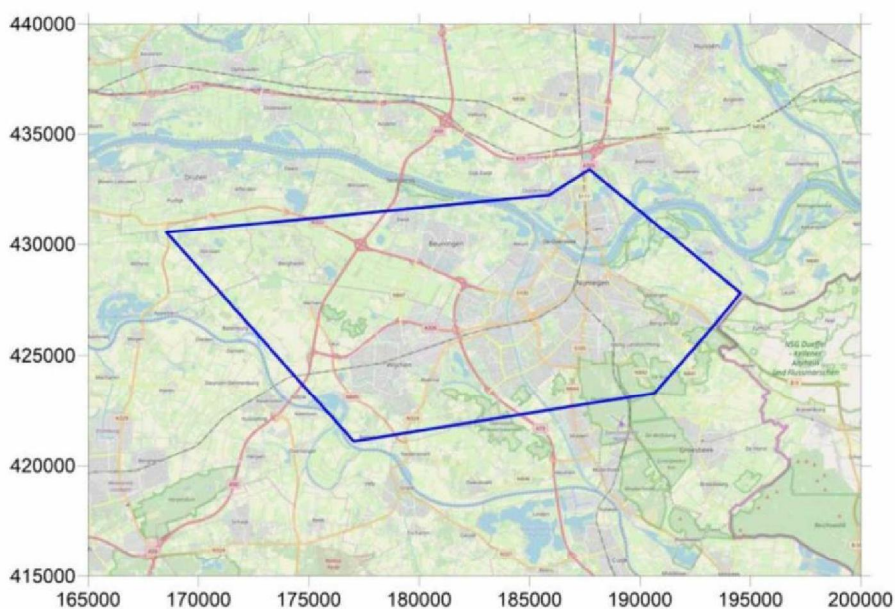
	X-coördinaat (RD)	Y-coördinaat (RD)
1	182111,280	450352,084
2	200851,104	442060,792
3	189590,035	441599,342
4	188703,817	437820,093
5	187685,451	433414,521
6	185868,618	432290,861
7	168526,236	430586,327
8	163691,887	440026,794
9	167764,300	464289,174
10	171748,734	465005,763
Totaal: 615.49 km²		

Tabel 5.1 | Het opsporingsgebied wordt bepaald door de locaties van de punten in deze tabel en de rechte lijnen daartussen. RD coördinaten systeem is gebruikt.

Binnen 2 jaar na de toekenning van de opsporingsvergunning zal Tellus Renkum een geactualiseerd werkprogramma moeten voorleggen waarin de omvang van het vergunde gebied zal worden geëvalueerd.

5.2 Opsporingsvergunning Project Nijmegen

Op 18 juli 2019 heeft Tellus Nijmegen op basis van de geologische inventarisatie uitgevoerd door IF Technology, een aanvraag ingediend voor een opsporingsvergunning aardwarmte. Zie bijlage II voor aanvraag opsporingsvergunning Tellus Nijmegen. Op 13 April 2021 is de opsporingsvergunning voor aardwarmte verleend voor het gebied genaamd Nijmegen. Zie bijlage IV voor besluit opsporingsvergunning Tellus Nijmegen. Het opsporingsgebied is weergegeven in Figuur 5.2.



Figuur 5.2 | Locatie opsporingsgebied

Het gebied wordt omsloten door de punten waarvan de coördinaten beschreven zijn in Tabel 5.2, en de rechte lijnen daartussen.

	X-coördinaat (RD)	Y-coördinaat (RD)
1	187685,451	433414,521
2	194536,370	427811,300
3	190649,400	423283,470
4	177046,770	421104,120
5	168526,236	430586,327
6	185868,618	432290,861
Totaal: 193.22 km²		

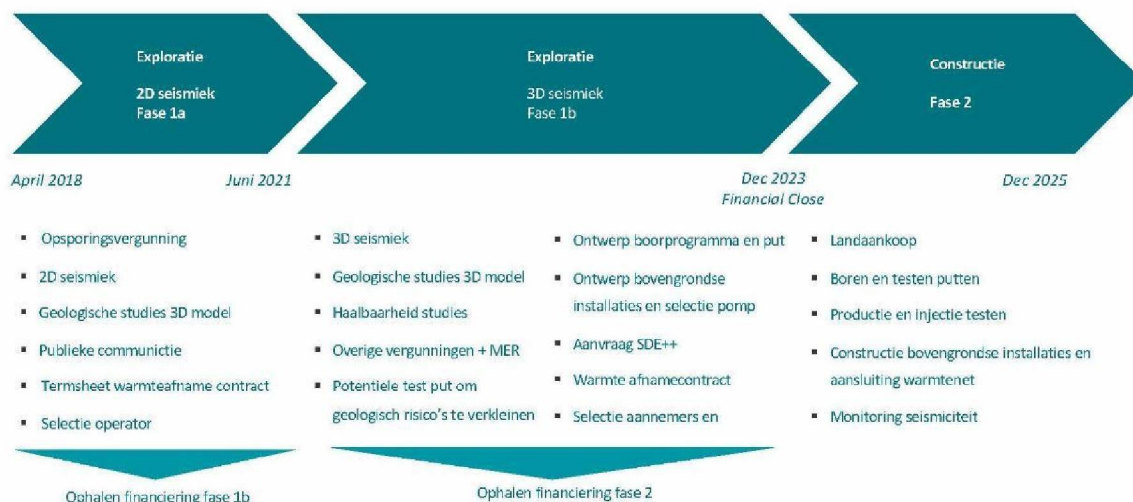
Tabel 5.2 | Het opsporingsgebied wordt bepaald door de locaties van de punten in deze tabel en de rechte lijnen daartussen. RD coördinaten systeem is gebruikt.

Het gebied waarvoor de vergunning geldt is verticaal begrensd met als bovengrens de top van het Onder Carboon. Tellus Nijmegen was het niet eens met de beslissing om de opsporingsvergunning verticaal te begrenzen, omdat zij van mening is dat Tellus Nijmegen zowel in de aanvraag van de opsporingsvergunning alsmede in de lopende opsporingsactiviteiten duidelijk kenbaar heeft gemaakt de ambitie te hebben om de potentie voor zowel reguliere geothermie als ultra diepe geothermie te onderzoeken. Voor Tellus Nijmegen betekent een beperking van de diepte op voorhand een vergrote onzekerheid in de haalbaarheid van geothermie in deze regio. Vandaar dat Tellus Nijmegen op 21 Mei 2021 bezwaar heeft aangetekend omdat zij van mening is dat het volledige dieptespectrum van 500 tot 7000m beneden maaiveld verleend moet worden. Ten tijde van dit schrijven van dit rapport loopt de bezwaarprocedure nog.

6. PROJECT FASERING & KOSTEN

6.1 Projectfasering

De globale projectplanning die voor project Renkum en project Nijmegen wordt aangehouden staat weergegeven in Figuur 6.1



Figuur 6.1 | Globale project planning

De exploratiefase is gedefinieerd vanaf project start (april 2018) tot het moment dat financiering kan worden gearrangeerd voor het boren van putten (eind 2023). De exploratiefase is opgesplitst in fase 1a en fase 1b. In fase 1a hebben Tellus Renkum en Tellus Nijmegen zich voornamelijk gericht op (i) de interpretatie van bestaande geologische informatie en het verkrijgen van nieuwe data door middel van 2D seismiek en (ii) de aanvraag van opsporingsvergunningen. Met de interpretatie van nieuwe 2D seismiek en constructie van een lokaal 3D geologisch model door Vito en de verlening van de opsporingsvergunningen voor gebied Renkum en gebied Nijmegen is fase 1a op 30 Juni 2021 afgesloten. Dit rapport beschrijft dan ook de activiteiten in fase 1a.

Fase 1b zal in teken staan van verdere exploratiewerkzaamheden, o.a. 3D seismiek om verder inzicht te krijgen in de ondergrond. Echter Tellus Renkum en Tellus Nijmegen gaan er van uit dat er pas commerciële financiering opgehaald kan worden voor het boren van putten als er een succesvolle test-put/wetenschappelijke put is geboord (onder Programma UDG of SCAN) om de geologische risico's af te dekken. Indien dit het geval is dan zal het langer gaan duren voordat de constructiefase wordt bereikt.

De constructiefase is gedefinieerd vanaf het moment dat financiering van het gehele project rond is tot de oplevering van het project. In de constructie fase zullen de putten worden geboord, en zullen er langdurige pomp en injectie tests worden uitgevoerd om het geothermische reservoir te testen. Na het testen van de putten zal het finale technische ontwerp kunnen worden vastgelegd en kan er begonnen worden met het installeren van bovengrondse installaties. Tellus Renkum en Tellus Nijmegen streven ernaar om eind 2025 een werkend doublet te kunnen opleveren.

6.2 Projectkosten Fase 1a

Periode	Renkum+Nijmegen		verschil
	01-04-2018 - 30-06-2021	01-01-2018 - 30-06-2021	
Project cost planning	HERZIEN BUDGET	ACTUEEL	
WP5 Seismic acquisition and (re-)processing	2,182,341	2,046,059	-136,282
Acquisition van 5 2D lijnen Project Renkum	1,353,050	1,274,681	-78,369
Acquisition van 3 2D lijnen Project Nijmegen	829,291	771,379	-57,912
WP10 Permitting and Licensing	32,000	19,917	-12,083
Aanvraag opsporingsvergunning	32,000	19,917	-12,083
WP11 Project Management, coordination, communication and support	781,000	834,305	53,305
Project Management	680,000	760,000	80,000
Technische advies	47,000	36,701	-10,299
Juridisch advies	20,000	16,411	-3,589
Advies aanvraag subsidies	15,000	14,315	-685
Communicatie en stakeholder management	5,000	0	-5,000
Overige (overhead)	14,000	6,878	-7,122
Totaal kosten	2,995,341	2,900,281	-95,060
Funding			
Funding EBN Green Deal (50% of EWP incl. Contingency)	1,091,171	1,023,030	-68,141
Funding Tellus Renkum BV	233,000	233,000	0
Funding Tellus Nijmegen BV	50,000	72,011	22,011
Funding Gemeente Nijmegen	75,000	75,000	0
Funding RadboudUMC	50,000	50,000	0
Funding Province Gelderland	1,496,171	1,447,240	-48,930
Total Funding	2,995,341	2,900,281	-95,060

Tabel 6.2 | Actuele en begrote kosten fase 1a

De begroting van fase 1a voor zowel Tellus Renkum als Tellus Nijmegen tezamen was vastgesteld op € 2.995.341. De werkelijke kosten zijn uitgekomen op €2.900.281 en de werkzaamheden zijn daarmee binnen budget uitgevoerd.

De financiering van Fase 1b voor een (ultra-)diep geothermie project voor Tellus Renkum en voor een regulier of (ultra-)diep geothermie project voor Tellus Nijmegen wordt nu verder met betreffende partijen uitgewerkt. Voor een regulier geothermie project worden de ontwikkelingskosten met betrekking tot de volgende fase ingeschat op EUR 2.4m. Op dit moment schatten we de CAPEX voor de constructiefase (inclusief financieringsvergoeding) op ca. EUR 55m voor een ultra diep geothermie project en EUR 20m voor een regulier geothermie project. Dit wordt in Fase 1b verder uitgewerkt.

7. STATUS PROJECT RENKUM BINNEN GREEN DEAL UDG

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de oorspronkelijke zeven projecten onder de Green Deal UDG projecten (inmiddels omgedoopt tot Programma UDG) en de huidige status van de projecten. Project Renkum lijkt een van de weinige projecten die een succesvol afronding van Fase 1a combineert met een aantrekkelijke casus voor vervolgonderzoek. Alle andere deelnemende projecten zijn (voorlopig) stil gevallen. De reden voor het wegvallen varieerde, maar had over het algemeen te maken zowel met tegenvallende ondergronddata als een tegenvallende bovengrondse vraag naar relatief hogere temperatuur warmte. Het project Oost-Brabant werd stopgezet vanwege te hoog seismisch risico.

Project		
1. Project RENKUM /SKP	Gelderland	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Subsurface targets identified ✓ Strong energy demand ➤ Significant remaining subsurface uncertainty (flow rate)
2. GOUD	Utrecht	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Targets identified • Limited need for steam / high temperatures • <i>Tentatively withdrawn/cancelled</i>
3. Heerenveen	Friesland	<ul style="list-style-type: none"> • Withdrawn/cancelled
4. Schiedam	Rotterdam-Rijnmond	<ul style="list-style-type: none"> • Withdrawn/cancelled
5. Havenbedrijf Rotterdam	Rotterdam-Rijnmond	<ul style="list-style-type: none"> • Withdrawn/cancelled
6. Oost-Brabant	Brabant	<ul style="list-style-type: none"> • Increased local seismic risk
7. Leeuwarden	Friesland	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Withdrawn/cancelled</i> • Limited need for steam / high temperatures

Tabel 7.1 | Overzicht projecten Green Deal UDG/Programma UDG

8. CONCLUSIES EN VERVOLGSTAPPEN

8.1 Conclusies

Ten aanzien van de ondergrond

Om beter inzicht in de opbouw van de ondergrond te verkrijgen voor het kunnen inschatten van de potentie van aardwarmtewinning is in de omgeving van Renkum en Nijmegen nieuwe seismische data vergaard binnen twee campagnes (SCAN: regionale seismische survey L2EBN2019A, lokale seismische survey L2EBN2020B). Deze nieuwe data geven een beeld van de ondergrond tot op ongeveer 5.000°ms ofwel ca 10 km diepte.

Aan de hand van een seismostratigrafische en structurele interpretatie van de nieuwe data is een lokaal geologisch 3D-tijdmodel opgesteld van 24 bij 34°km. Dit tijdmodel is met behulp van de formule van Japsen (1993) en op basis van de k-, V0- en Vint-waarden van Pluymaekers et al. (2017) en ten Veen et al. (2019) geconverteerd naar een geologisch 3D-dieptemodel. Door een iteratief proces, waarbij verschillen in diepte tussen model-vlakken en bestaande waarnemingen worden weggewerkt, is het 3D-dieptemodel gekalibreerd en opgehangen aan diepboringen binnen het onderzoeksgebied.

Dit lokale dieptemodel bevestigt de opbouw van de ondergrond in het zuiden van de provincie Gelderland voor de ondiepe lithostratigrafische eenheden (Boven Noordzee Groep, Midden en Onder Noordzee Groep, Krijtkalk Groep, Rijnland Groep, Onder Germaanse Trias Groep, Zechstein Groep en Boven Rotliegend Groep), zoals gekend uit het bestaande geologische model DGM-diep v5. De stratigrafische en structurele opbouw van de voornoemde ondiepe eenheden is in dit lokale model meer in detail uitgewerkt, maar past volledig binnen het gekende regionaal geologische kader.

Het top-vlak van de gesteenten van de Limburg Groep is doorsneden door een reeks zuidoost-noordwest georiënteerde breuken die verschillende structurele elementen aflijnen. In het zuidwesten van het model-gebied zijn een drietal antiforme en synforme structuren aanwezig, het noordoostelijke deel daarentegen is gekenmerkt door een paar horst- en graben-structuren. De breuken die de horst- en graben-structuren begrenzen hebben een normaal verzet, de breuken die de antiforme en synforme structuren begrenzen vertonen hoofdzakelijke inverse bewegingen. Mogelijk zijn de antiforme structuren als “positive flower structures” te aanzien en de graben structuren als “negative flower structures”, beide gekoppeld aan “strike-slip” bewegingen langs de aangrenzende breuken. Aan de hand van de huidige positie en de verandering in dikte van de gemodelleerde pakketten blijkt dat de zin van de breukbewegingen in de loop van de geologische geschiedenis meermaals gewijzigd is.

Het model toont een geheel nieuwe opbouw voor wat de diepe lithostratigrafische eenheden onder het top-vlak van de gesteenten van de Limburg Groep betreft (Caumer Subgroep en 3 opties voor de Geul subgroep). Het basis-vlak van de 4 gemodelleerde diepe horizonten bestaat uit een “plateau” in het zuidoosten en een “diep” in het noordwesten van het model-gebied, met daartussen een zuidwest-noordoost georiënteerde “helling” met een gemiddelde steilte van 20° over een afstand van 3 à 4°km. De vorm van dit paleoreliëf doet denken aan de opbouw van een carbonaatplatform overeenkomstig het depositionele facies model van Wilson (1975). Echter, op basis van de diepteverdeling, dikteverdeling en de toename, stratigrafisch gezien, van boven naar onder in dikte en hellingsgraad per pakket, wordt de vorm van dit paleoreliëf aanzien als zijnde een gevolg van een hoofdzakelijk door subsidentie gecontroleerde sedimentatie.

Aan de hand van een correlatie langs seismische lijnen (MZ88-53, SCAN005, SCAN 002, SCAN016 en 09-02(10002)) zijn de diepe eenheden stratigrafisch gekoppeld aan diepboringen (MSB-02, NVG-01, BHK-01, WSK-01 en CAL-GT-01). Hieruit volgt dat de seismostratigrafische horizont die het basis-vlak van de Geul Subgroep Optie 2 voorstelt, de meest plausibele kandidaat is voor de top van de Kolenkalk Groep. Het top-vlak van de Kolenkalk Groep ligt bijgevolg op een gemiddelde diepte van 4300°m NAP op het “plateau” in het zuidoosten van het model-gebied en op een diepte van ongeveer 6800°m NAP in het centrale deel van het “diep” in het noordwesten. Langs het steilste deel bereikt de “helling”, over een afstand van ongeveer 4°km, een (huidige) gemiddelde hellingsgraad van 20°. Hierbij wordt bijgevolg een hoogteverschil van om en bij 1500°m overbrugd tussen “plateau” en “diep”. Centraal op het “plateau” vertoont het top-vlak van de Kolenkalk Groep een zuidoost-noordwest georiënteerde rugvormige structuur die tot een 700°m boven de gemiddelde hoogte van het “plateau” uitsteekt. Deze rug is de uitdrukking van het oppersen van de diepe gesteente-pakketten langs de breuken van de “positive flower structures”. De rug vormt als het ware de wortels van de pop-up structuur in het top-vlak van de gesteenten van de Limburg Groep en heeft bijgevolg een tektonische origine.

Voor 3 locaties (2 diepboringen en 1 voorgestelde locatie) is de temperatuur aan de basis van de verschillende geologische pakketten tot aan de top van de Kolenkalk Groep geschat aan de hand van een ééndimensionaal thermisch geleidbaarheidsmodel. Dit model steunt op de lokale warmteflux, de thermische geleidbaarheid van en de warmtegeneratie in het gesteente, ingeschat op basis van 8 diepboringen binnen en in de omgeving van het model-gebied. Hieruit is een lokale gemiddelde geothermische gradiënt van $35,3 + 2,6^{\circ}\text{C}/\text{km}$ en een lokale warmteflux aan het oppervlak van ongeveer $0,0700 + 0,0045^{\circ}\text{W}/\text{m}^2$ berekend. Dit levert een temperatuur op van rond de 53°C aan de top van de Limburg Groep, die verder oploopt tot $243 + 33^{\circ}\text{C}$ (diepte $6395 + 272^{\circ}\text{m}$ NAP) aan de basis van de Limburg Groep (top Kolenkalk Groep) voor de Smurfit Kappa locatie.

Op basis van de nieuwe data is er een inschatting gemaakt van het geothermisch potentieel van de locatie. De Smurfit Kappa locatie is gelegen te Renkum boven het “diep” in de top van de Kolenkalk Groep. Naast de voornoemde temperatuur spelen hierbij de porositeit en de permeabiliteit een belangrijke rol. Deze parameters kunnen niet gekwantificeerd worden aan de hand van de nieuwe seismische data. De inzichten op stratigrafisch en structureel vlak uit de nieuwe data kunnen wel op kwalitatief vlak enige informatie opleveren. Aangezien de primaire porositeit en de bijhorende permeabiliteit van de Dinantiaan kalkstenen zeer laag is (Mozafari et al., 2019; Carlson, 2019), wordt er gezocht naar locaties met een hoge kans op secundaire porositeit. Ter hoogte van de voorgestelde locatie is deze gevonden langs een breukzone. Voor de Smurfit Kappa locatie gaat het om breuk (14) met een normaal verzet van ongeveer 200°m aan de top van de Kolenkalk Groep. De kans bestaat evenwel dat de secundaire porositeit sinds het ontstaan van de breuksystemen teniet gedaan is als gevolg van neerslag van mineralen.

Ten aan zien van bovengrondse warmtevraag

Project Renkum heeft een duidelijk, en in de project periode nader ontwikkelde, bovengrondse warmtevraag waarbij deze in het kader van de stoomvraag voor het SKP-productieproces optimaal ingevuld zal kunnen worden door geothermie op basis van de op de relevante diepte geschatte temperaturen. Daarmee heeft Project Renkum een op nationaal niveau relatief unieke positie voor vervolgonderzoek naar de haalbaarheid van UDG.

De binnen het vergunningsgebied van Project Nijmegen ingeschatte temperaturen lijken goed aan te sluiten bij de bovengrondse warmtevraag. Deze bestaat voornamelijk uit stadsverwarming en is

daarmee aanzienlijk lager van temperatuur dan bij het productieproces van SKP in Renkum. Doordat de relevante lagen op minder diepte lijken te liggen, gaat dit dan ook om meer conventionele geothermie. Ook voor conventionele geothermie geldt echter dat aanvullend onderzoek noodzakelijk is. Mogelijk kan Project Nijmegen zich in dat kader kwalificeren voor een boring in de regio in het kader van het nationale SCAN programma.

8.2 Vervolgstappen

In Fase 1b wordt een verdere inschatting gemaakt van het vermogenspotentieel van een geothermische bron. Zoals gezegd moeten hiervoor data verkregen worden over de porositeit en permeabiliteit van de in Fase 1a gevonden lagen.

Mogelijke stappen in een verder onderzoek zijn gericht: 1) op een verbetering van de lithostratigrafische interpretatie/correlatie van de seismische data, 2) op een verbetering van de tijd/diepte conversie van het 3D tijd-model naar een 3D diepte-model, 3) op een vergroten van de kennis m.b.t. het facies, de porositeit en de permeabiliteit van de Onder-Carboon het gesteenten en 4) op het nauwkeuriger localiseren van de breuken als zones van verhoogde secundaire porositeit ter hoogte van de voorgestelde locaties.

De laatste onderzoekstap kan gebeuren aan de hand van een lokale 3D seismische survey ter hoogte van de Smurfit Kappa, ENGIE en Radboud UMC locaties.

De eerste 3 onderzoekstappen zijn mogelijk aan de hand van een diepboring met monsternamen en Vertical Seismic Profiling. Hierbij wordt best eerst de lokale seismische survey uitgevoerd om daarna de diepboring zeer gericht te kunnen plaatsen.