

CRECCIT

Cost Reducing
Enhanced Composite Casing Installation
Technology

Eindrapportage Huisman Well Technology

CRECCIT

**Cost Reducing
Enhanced Composite Casing Installation
Technology**

Projectnummer: TEHE116370

Een project van:

Wayland Energy BV

Huisman Well Technology BV

Delft University of Technology (TU Delft)

CRECCIT

Cost Reducing Enhanced Composite Casing Installation Technology

Projectnummer: TEHE116370

Datum:	17 september 2020
Stimuleringsprogramma:	Topsector Energie (TSE) - Hernieuwbare Energie
Uitvoeringsorganisatie:	Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO)
Acroniem:	CRECCIT
Projectnaam:	Cost Reducing Enhanced Composite Casing Installation Technology
Projectnummer:	TEHE116370
Auteur(s):	Willem de Jong, Martin Legué, Pieter van Duivendijk
Document:	CRECCIT-eindrapportage HWT - rev001 (20200917)
Aantal bladzijden:	28
Gecontroleerd door:	Peter de Vin (directeur Huisman GEO)

1 Inhoudsopgave

1	Inhoudsopgave	4
2	Inleiding	5
3	Het CRECCIT-projectplan	6
3.1	Het oorspronkelijke projectplan liet de volgende opbouw zien:	6
3.2	Het nieuwe CRECCIT-projectplan	7
3.3	De nieuwe CRECCIT-planning	8
4	CRECCIT Eindrapportage Huisman Well Technology (HWT)	10
4.1	HWT O&O&I en Demo:.....	10
4.2	Materiaalonderzoek (glasvezels en harsen)	11
4.3	Verbetering van het CCM-productieproces	12
4.3.1	Het productieproces	12
4.3.2	De manier van harsinjectie en impregnatie van het vezelpakket.	13
4.3.3	De wijze en het moment van polymerisatie van de hars.	13
4.3.4	Het proces van uitharding van het laminaat.....	13
4.3.5	Het loskomen van de buis uit de matrijs.....	13
4.4	Verbetering van de CCM-productiemachine.....	14
4.4.1	Wikkelmachine (glasvezeldoeken).....	14
4.4.2	Geschaalde testcentrifuge	15
4.4.3	Harsinjectie	15
4.4.4	Full-size centrifuge (lengte 12-meter).....	16
4.4.5	Pull tool	18
4.4.6	Randapparatuur	19
4.5	Ontwikkeling van de Akiet High Strength Composite Casing & Tubing.....	19
4.6	Akiet HSCT/HSCC Acceptance Program (testen)	20
4.6.1	Lange-duur test onder hot-wet condities	21
4.7	Bescherming Intellectuele Eigendom.....	23
4.8	Het putontwerp van Wayland Energy	23
4.9	Vorbereidingen voor de HSCC-demonstraties	27
5	CRECCIT-project resultaten.....	27

2 Inleiding

Het CRECCIT-project is formeel gestart op 1 oktober 2017 met Akiet BV als penvoerder.

Akiet had in het laatste kwartaal van 2017 voor een geothermie ondernemer in Denemarken een batch van 1100 meter 9-5/8" Akiet HSCT-buizen geproduceerd, die van goede kwaliteit waren en er perfect uitzagen.

Begin 2018 werd een volgende productieserie voorbereid waarvoor nieuwe hars was ingekocht. Bij het opstarten van de nieuwe serie bleek dat het productieteam er niet meer in slaagde om dezelfde kwaliteit te realiseren. De buizen vertoonde witte vlekken en ruwe plekken aan de buitenzijde.

Uitgebreid onderzoek werd verricht met inschakeling van verschillende (composiet) specialisten. Deze evaluatie van de productietechnologie heeft geleid tot een rapport met de volgende conclusies en aanbevelingen:

Overall conclusions

- 1. Centrifugal casting of composite pipe is a promising technology for the production of high-end (composite) pipe*
- 2. Product not yet ready*
- 3. Technical background must be better understood and consolidated*
- 4. Structured R&D required on resins and reinforcing materials*
- 5. Structured mechanical, thermo-dynamical and chemical modelling required*
- 6. Structured prototyping and testing required of promising concepts*
- 7. IP must be claimed*

Recommendations

- 1. Separate R&D from production, step up R&D activity, use dedicated R&D facility within LS facility*
- 2. Improve team working and staff involvement*
- 3. Consolidate urgently current knowledge, generate more IP*
- 4. Develop strategy with involvement of top experts*
- 5. Increase involvement of MOCS in scientific and R&D approach*
- 6. Focus production and sales exclusively on a MVP approach (minimum viable product), including lining applications*
- 7. Focus financing on technology value*

De aandeelhouders hadden echter het vertrouwen in het Akiet managementteam en een goede afloop van de technologieontwikkeling verloren en besloten de financiering van het bedrijf per direct te stoppen. Op donderdag 29 maart 2018 (de dag voor Goede Vrijdag) werd het faillissement van Akiet aangevraagd en op dinsdag 3 april 2018 werd het faillissement van Akiet BV uitgesproken door de rechtbank te Lelystad.

Huisman heeft in de dagen daarop onderzocht of het haalbaar en zinvol was om de boedel van Akiet geheel of gedeeltelijk over te nemen. Hierover is positief besloten en een groot deel van de apparatuur van Akiet is overgenomen en overgebracht naar Schiedam. In de weken daarna zijn de werkzaamheden weer opgepakt. Ook werd besloten om Huisman Well Technology (HWT) als deelnemer ter vervanging van Akiet BV op te geven voor de gesubsidieerde projecten, waaronder het CRECCIT-project.

Op 1 mei 2018 is het 1^e wijzigingsverzoek voor het aanstellen van Wayland Energy als nieuwe penvoerder voor het CRECCIT-project verstuurd naar E-Innovatie van RVO. Het 2^e wijzigingsverzoek volgde op 13 juli 2018 waarin HWT werd opgegeven als nieuwe deelnemer in het CRECCIT-project.

Uit de begeleidende brief voor wijzigingen CRECCIT n.a.v. Akiet faillissement:

CRECCIT

Huisman heeft zich bereid verklaard om de werkzaamheden van Akiet in het CRECCIT-project over te nemen en mag gezien de kennis, ervaring en expertise zeker in staat worden geacht om de werkzaamheden niet alleen voort te zetten, maar door het inbrengen van haar specialisten en netwerk mogelijk beter en efficiënter uit te voeren.

Wijzigingsverzoek

Naar aanleiding van het onverwachte en plotselinge faillissement van Akiet BV hebben wij een wijzigingsverzoek bij RVO ingediend. De wijzigingen zijn:

- *Wijziging 1 – Nieuwe penvoerder Wayland Energy BV*
Het voorstel is gedaan om het project voort te zetten met Wayland Energy als nieuwe penvoerder voor het project.
Wayland zal hiervoor IDN Concepts BV machtigen als Intermediair voor het project, waardoor de contactpersoon voor RVO ongewijzigd blijft.
- *Wijziging 2 – Uitvoering van de werkpakketten door HWT*
Huisman Well Technology zal toetreden als nieuwe deelnemer en met behoud van de aan Akiet toegezegde subsidie de bijdrage van Akiet aan het project verzorgen.

De werkpakketten en budgetten van Wayland Energy en de TU Delft worden door deze wijziging niet beïnvloed.

3 Het CRECCIT-projectplan

3.1 Het oorspronkelijke projectplan liet de volgende opbouw zien:

Phase 1: preparation

Akiet will carry out the HSCC Acceptance Program to demonstrate to the competent authority that the design and quality of the HSCC system is adequate to withstand any possible occurring load case.

Work Package WP 1.1 – Akiet

- CRECCIT proposal submission
- Define the design of the 9½" HSCC (high strength composite casing system)
- Manufacture of the 9½" HSCC test samples
- Execute the 9½" HSCC Acceptance Program
- Test the HWT pipe handling equipment

Work Package WP 1.2 – Wayland

- Provide the required permits and geological reports
- Give out the Purchase Orders for the necessary materials, equipment and services
- Prepare the Purchase Orders for the installation of the geothermal doublet
- Prepare the Wayland location for the HSCC and ECI demonstration

Work Package WP 1.3 – TU Delft

- Appointment of selected researchers (PhD and/or postdoc)
 - The positions will be advertised internationally, candidates will be preselected based on their application documents and invited for interviews. Through other recent openings in the geothermal group, the TU Delft is already in contact with some suitable candidates.

- Prepare cooperation with GFZ.
 - The cooperation needs to be fixed in a contract or a cooperation agreement. It is foreseen that a PhD student will be co-supervised by GFZ on the mechanical aspects of the casing behaviour and well integrity.
- Define hardware (fibre optics, sensors and equipment) for the TU Delft CRECCIT research.
 - A fibre optic cable will be selected and purchased that can withstand the mechanical stress and the chemical environment of the geothermal well. While the primary focus of the fibre optic monitoring will be on distributed temperature sensing (DTS), additional fibres will be included in the cable to allow measurement of other parameters such as acoustic signals or vibrations (DAS). As the developments in this field are progressing rapidly, we want to be able to take advantage of new developments in this field. Additional fibres are only a minor cost factor, but they cannot be added later.
- Prepare the TU Delft CRECCIT research

Work Package WP 1.4 – Wayland / WEP

- Supply the Wayland well designs
- Supply the drilling program
- Consultation with the Dutch competent authorities
 - Demonstration of the HSCC installation
 - ECI operation through the installed HSCC
 - “BowTie 9½” HSCC” risk assessment schedule

Work Package WP 1.5 – Wayland / HWT / Vanguard Drilling

- Design & manufacture of all necessary interfaces, X-overs and modifications of the ECI equipment and tooling to fit the contracted drilling rig
- Install and test the specially designed handling equipment for the HSCC (to fit the chosen drilling rig)

Phase 2: installation of the Wayland geothermal doublet

Phase 3: The heat production phase and the TU Delft CRECCIT research

Phase 4: Dissemination

3.2 Het nieuwe CRECCIT-projectplan

De nieuwe planning in dit wijzigingsverzoek van augustus 2019 borduurt voort op de oorspronkelijke opzet en omvat de werkzaamheden van fase 1 tot en met fase 4, dus tot aan de einddatum van het project. De werkpakketten WP 1.1, WP 1.2 en WP 1.3 waren al in uitvoering en zijn niet gewijzigd.

De opgenomen werkpakketten en taken in het nieuwe projectplan zijn als volgt:

Phase 1: Preparation of Wayland doublet & Akiet HSCT & HSCC demonstration

Work Package WP 1.4 – Final Well Design (Wayland / Vanguard Drilling):

- Task 1.4.1: Supply the new Wayland well design(s)
- Task 1.4.2: Supply the drilling program
- Task 1.4.3: Consultation with the Dutch competent authorities

Work Package WP 1.5 – Akiet HSCT / HSCC Prototype Manufacture (Huisman GEO / HWT):

- Task 1.5.1: Design & build the 11-3/4" Akiet HSCT (tubing) for the demonstration
- Task 1.5.2: Design & build the 8-5/8" Akiet HSCC (casing) for the demonstration
- Task 1.5.3: Design & build of all necessary interfaces (MCI), X-overs and modifications of the installation equipment

Work Package WP 1.6 – Akiet HSCT / HSCC Acceptance Program tests (Huisman GEO / HWT):

- Task 1.6.1: Prepare and execute the Acceptance Program tests for the 11-3/4" Akiet HSCT
- Task 1.6.2: Prepare and execute the Acceptance Program tests for the 8-5/8" Akiet HSCC
- Task 1.6.3: Prepare and execute ECI simulation test @ the Huisman work shop and/or the Huisman Innovation Tower (HIT)
- Task 1.6.4: Install and test the specially designed HSCT / HSCC handling equipment (to fit the chosen drilling rig)

Phase 2: Installation of Wayland doublet & Akiet HSCT & HSCC demonstration

Work Package WP 2.1 – Injection Well Installation (All Partners):

- Task 2.1.0: Discussions with RVO to receive approval for the new approach
- Task 2.1.1: Location preparation & general project management of the installation (injector)
- Task 2.1.2: Install sections with steel casing
- Task 2.1.3: Run / install 8-5/8" Akiet HSCC (casing) below the reservoir, perform cement job demonstration and complete the well
- Task 2.1.4: Perform the first well test

Work Package WP 2.2 – Production Well Installation (All Partners):

- Task 2.2.1: General project management of the installation of the second well (producer)
- Task 2.2.2: Install sections with steel casing
- Task 2.2.3: Run / install 11-3/4" Akiet HSCT (tubing) with the FO cable and complete the well
- Task 2.2.4: Perform the second well test

Phase 3: The energy / heat production phase & the TU Delft CRECCIT research

Work Package WP 3.1 – Exploitation & logging operations (Wayland with TU Delft & HWT):

- Task 3.1.1: Prepare the exploitation of the geothermal doublet and arrange permissions
- Task 3.1.2: Start the exploitation phase of the geothermal doublet
- Task 3.1.3: Prepare and execute the logging operations with Vanguard Drilling, Huisman GEO / HWT & TU Delft

Work Package WP 3.2 – Research & Monitoring program (TU Delft with Wayland & HWT):

- Task 3.2.1: Prepare and execute the TU Delft (RDE) research program, supported by Wayland & HWT
- Task 3.2.2: Monitor and investigate the Akiet HSCT and the wells during the CRECCIT project period and beyond
- Task 3.2.3: Coordinate the cooperation with GFZ

Phase 4: Dissemination

Work Package WP 4.1 – Dissemination (Performed by consortium and led by TU Delft)

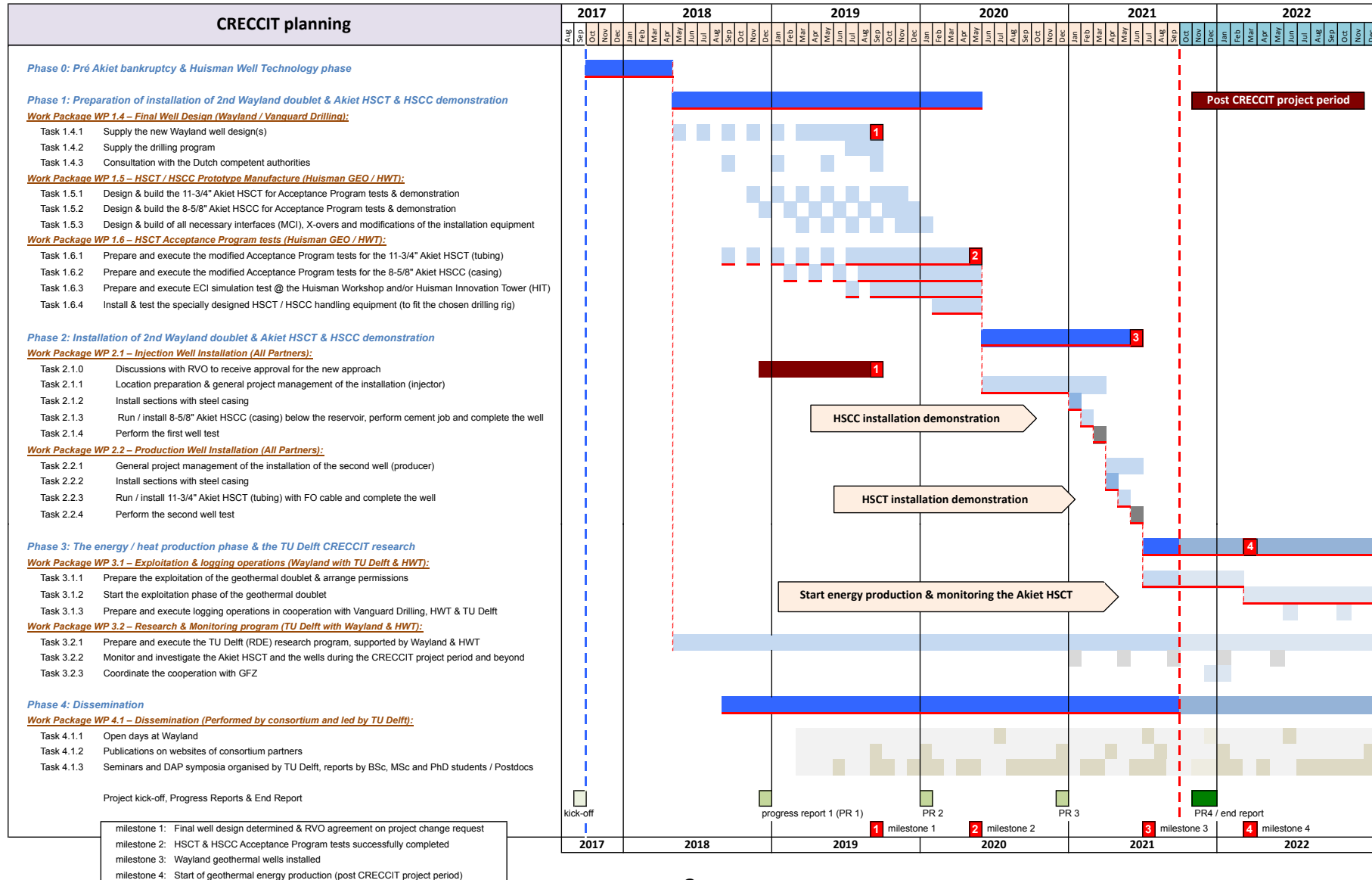
- Task 4.1.1: Open days at Wayland
- Task 4.1.2: Publications on websites of consortium partners
- Task 4.1.3: Seminars and DAP symposia organised by TU Delft, reports by BSc, MSc and PhD students / Postdocs

3.3 De nieuwe CRECCIT-planning

De planning behorende bij het nieuwe CRECCIT-projectplan is weergegeven op volgende pagina.

CRECCIT – eindrapportage Huisman Well Technology

September 2020



4 CRECCIT Eindrapportage Huisman Well Technology (HWT)

4.1 HWT O&O&I en Demo:

In dit hoofdstuk wordt verslag gedaan van de activiteiten van HWT zoals ook weergegeven in de CRECCIT-begroting volgens het voorbeeld van RVO onder de tabbladen **D2 O&O&I** en **D2 Demo**.

Omdat het project vroegtijdig is gestopt, zijn de deelnemers niet toegekomen aan de installatie van het geothermisch doublet. Daarom worden alleen activiteiten behorende bij de werkpakketten van ‘*Phase 1: Preparation of Wayland doublet & Akiet HSCT & HSCC demonstration*’ behandeld:

- WP 1.5 Ontwerp en bouw van Akiet HSCT/HSCC-prototypes ¹
- WP 1.6 Akiet HSCT/HSCC Acceptance Program

Voor de activiteiten genoemd onder HWT Demo worden alleen de voorbereidende werkzaamheden in de rapportage (en declaraties) opgenomen:

- **A3. Aangeschafte machines en apparatuur**
 - RCM-productielijn voor bouw 8-5/8" HSCT-testsamples & prototypes
 - RCM-productielijn voor bouw 10-3/4" HSCT-testsamples & prototypes
 - RCM-centrifuge matrijzen voor 8-5/8" en 7" HSCT-prototypen
 - Ontwerp en bouw van een on-site uitlijningsgereedschap (alignment tool), waarvoor drie maatvoeringen voor de mechanische connecties noodzakelijk zijn
- **A4. Verbruikte materialen en hulpmiddelen**
 - Materialen voor 10-3/4" HSCT test samples en prototypes
 - Materialen voor 8-5/8" HSCT test samples en prototypes
 - Steel X-overs voor 10-3/4" HSCT test samples en prototypes
 - Disposables
 - Materialen & Equipment
- **A5. Tenaamstelling en instandhouding rechten van intellectueel eigendom**
 - Octrooi-onderzoek en -aanvragen

HWT heeft zich de eerste maanden toegelegd op het onderzoeken van de materialen (harsen en glasvezels) en het doorgronden, verbeteren en kunnen beheersen van het RCM-productieproces ². Dit bleek noodzakelijk om de kwaliteit van de Akiet buizen zodanig te verbeteren dat kon worden voldaan aan de eisen van het Acceptance (test) Program, en dat het mogelijk werd om, met meer begrip van zaken, productmodificaties te kunnen aanbrengen indien een beoogde toepassing dit vereist.

¹ HSCC / HSCT = High Strength Composite Casing / Tubing. Tijdens het opstellen van het projectvoorstel in 2016-2017 werd dit onderscheid tussen casing en tubing nog niet gemaakt. Qua materialen zijn de buissystemen gelijk, maar afhankelijk van de beoogde toepassing zullen de wanddikte en de vezelarchitectuur (het aantal glasvezels en de vezeloriëntatie) verschillen. Huisman is overgegaan op de naamgeving van Akiet buizen, waarmee glasvezelversterkte kunststof (composiet) buizen voor verschillende down-hole toepassingen worden bedoeld, die zijn geproduceerd met de door Akiet en Huisman Well Technology ontwikkelde Rotational Casting Manufacturing (RCM), tegenwoordig Centrifugal Casting Manufacturing (CCM) genoemd.

² RCM = Rotational Casting Manufacturing. Tegenwoordig wordt de term CCM = Centrifugal Casting Manufacturing gebruikt omdat het productieproces voor de noodzakelijke productkwaliteit hoge toeren vereist (circa 2500 RPM) met een matrijs van 12-meter lengte en een gewicht van 3-4 ton. De belastingen die hieruit voortkomen, stellen hoge eisen aan de constructie en de onderdelen van de centrifuge en hebben veel onderzoek en engineering nodig gehad om een robuust en stabiel proces te garanderen.

Daarnaast zijn speciale testopstellingen ontwikkeld en gebouwd voor het uitvoeren van een reeks testen met nieuwe test samples zodra een belangrijke verbeteringsstap in het productieproces en/of de RCM-/CCM-productielijn was gerealiseerd.

4.2 Materiaalonderzoek (glasvezels en harsen)

In het kader van het materiaalonderzoek voor de verbetering van het product en van het productieproces zijn de volgende werkzaamheden verricht:

1. Overzicht opstellen van bestaande (Akiët) en door HWT uitgevoerde harstesten.
2. Processimulaties uitgevoerd van het temperatuur verloop tijdens het curingproces (uitharding) om inzicht te krijgen in de onvolkomenheden ('witte vlekken' probleem) in het product.
3. Onderzoek van de service T_g ³ van verschillende harssoorten middels:
 - De aanschaf en bouw van een plaatmachine voor infusie-testen,
 - De fabricage van testmateriaal,
 - De aanschaf viscositeitsmeter voor het in beeld te brengen van de curing processen,
 - Het opzetten en uitvoeren van testen met MOCS (ingenieursbureau gespecialiseerd in composieten) in samenwerking met de TU Delft (faculteit L&R).
4. Onderzoeken van andere, alternatieve glasvezels en glasvezeldoeken → zoeken naar en inkopen van andere glasvezeldoeken met epoxy-specifieke sizing (primer-achtige coating voor een goede vezel-matrix (glasvezel-epoxy) hechting), (beurs)bezoeken gebracht aan SAERTEX, HEXCEL, ICC Stuttgart en JEC Parijs.
5. Onderzoeken van de relatie tussen harsen, het productieproces en de productkwaliteit, met als doel het kunnen aanpassen van de harssamenstelling en/of inkopen van andere harsen die een goede CCM-verwerkbaarheid (met name bepaald door de injectie, impregnatie en uitharding) combineren met een goede productkwaliteit. Hiervoor zijn zeker elf alternatieve harssoorten onderzocht waarmee buizen zijn gemaakt die aan de belangrijkste testen van het acceptatie programma zijn onderworpen.
6. Onderzoeken van de relatie tussen de dikte van het glasvezelpakket en de hars-impregnatie. Dat vormde een probleem bij Akiët, waardoor de wanddikte van de buizen werd beperkt tot 20-25 lagen glasvezeldoek.
7. Onderzoeken van het gedrag van de harsen (matrix-materialen) in de tijd, gericht op de invloed van de verzadiging met (geo)water, de invloed van de temperatuur (tot circa 85°C), de veroudering van het materiaal onder de verschillende belastingen en bestuderen van het kruip-gedrag van de onderzochte epoxyharsen.
8. FEM analyses uitgevoerd voor de anisotrope materialen (composieten) voorafgaand aan de testen.

³ Service T_g : Glass transition temperature, of glasovergangstemperatuur. De glasovergangstemperatuur (T_g), is de temperatuur waarbij een hars overgaat van de 'glasachtige' toestand (stijf en bros, d.w.z. weinig plastische vervorming bij breuk) naar de 'rubberachtige' toestand (slap en taai). Gebruik van een composiet in de buurt van of boven deze temperatuur wordt afgeraden. De T_g hangt af van de omstandigheden tijdens het uitharden (bij thermoharders zoals voor de Akiët buizen wordt gebruikt). Een hogere T_g kan bereikt worden door de uitharding bij een hogere temperatuur en bij een langere periode van verwarming te laten plaatsvinden.

4.3 Verbetering van het CCM-productieproces

Voor het onderzoeken van het CCM-productieproces is in aanvang gebruik gemaakt van de geschaalde 2-meter CCM-machine, die speciaal voor onderzoek en ontwikkelingsdoeleinden uit de boedel van Akiet was overgenomen. Het werken met een geschaalde machine was tevens een uitstekende manier om de kosten van het onderzoek te beperken.

Voor het onderzoeken en verbeteren van de CCM-productiemachine is de productielijn van Akiet uit Lelystad gedemonteerd, verhuisd en vervolgens weer opgebouwd in de hal in Schiedam.

Het productieproces bepaalt in hoge mate welke eisen er aan de CCM-productiemachine moeten worden gesteld en wat voor soort oplossingen hiervoor nodig zijn. De noodzakelijke verbeteringen zijn grotendeels zelf ontwikkeld. Indien mogelijk zijn onderdelen aangeschaft en geïnstalleerd. De verbeteringen zijn doorgevoerd in de 12-meter CCM-productiemachine.

Voor het onderzoeken en verbeteren van het productieproces en de productiemachine is steeds uitgegaan van de maatvoering 9-5/8" (uitwendige diameter), zodat de verschillende componenten zoals de wikkelbank (wikkelen van glasvezeldoeken), de centrifuge met de bijbehorende matrijs (harsinjectie, centrifugeren, impregnatie en uitharding) en de pull-tool (voor het uit de mal trekken van de uitgeharde buis) goed op elkaar waren afgestemd.

Dezelfde maatvoering is ook gebruikt voor het produceren van de testsamples voor het uitvoeren van de testen uit het Akiet HSCC Acceptance Program. Middels relatief eenvoudige berekeningen kunnen de resultaten vervolgens worden omgezet naar andere maatvoeringen.

4.3.1 Het productieproces

Onderzoeken en verbeteren van het productieproces en de productiecyclus, waarbij de voordelen van het CCM-proces zijn:

- Maatvast product (voornamelijk gericht op de uitwendige diameter van de buizen voor het contact met de gereedschappen bij de installatie van de putten),
- Gladde binnen en buitenzijde van de buizen,
- Iedere glasvezel oriëntatie is mogelijk ($45^\circ/45^\circ$ tot $0^\circ/90^\circ$); De gewenste oriëntatie (richting) van de glasvezels hangt af van de optredende belasting. Het CCM-productieproces geeft geen beperkingen aan de vezel oriëntatie, waardoor een meer optimaal ontwerp van de buizen (vezel architectuur) mogelijk is.
- Uitstekende impregnatie, ontstaan door de middelpuntvliedende kracht waarmee de hars door de glasvezeldoeken wordt geperst en daarbij alle plaatsen bereikt,
- Hoog vezel-volume-gehalte (sterkte van het laminaat); De sterkte van composiet wordt immers geleverd door de vezels en hoe hoger het vezel-volume gehalte, hoe sterker het laminaat en product.
- Geen insluitels (luchtbellen en/of onzuiverheden) die de oorzaak zijn van het ontstaan van kleine barstjes (micro-cracks) en scheuren in de hars en het laminaat, waardoor vocht kan indringen en het composiet ernstig verzwakt.

Om een goede productkwaliteit zoals boven omschreven te bereiken, is het productieproces uitvoerig onderzocht. De belangrijkste parameters die voor een belangrijk deel de kwaliteit van het product bepalen, bleken te zijn:

- De gebruikte materialen (hars en glasvezels),
- Een gelijkmatige verdeling van de temperatuur (over het gehele product in de matrijs),
- Het temperatuurverloop (tijdens de verschillende fasen van het productieproces),

- De te hanteren rotatiesnelheden (tijdens de verschillende fasen van het productieproces),
- De optimale onder- en overdruk in de matrijs (tijdens de verschillende fasen van het productieproces),
- Het uithardingsproces (curing) van het materiaal en product,
- De exacte timing van de overgangen naar de benodigde temperatuur, rotatiesnelheid, atmosferische druk gedurende het gehele proces en van de uitharding van het product.

Voor het verbeteren van de productiemachine zijn de volgende fasen van het productieproces onderzocht:

- De manier van hars-injectie en de impregnatie van het vezelpakket,
- De wijze en het moment van polymerisatie van de hars
- Het proces van uitharding van het laminaat
- Het loskomen van de buis uit de matrijs

4.3.2 De manier van harsinjectie en impregnatie van het vezelpakket.

Om een goede, gelijkmatige verspreiding van de hars over de gehele matrijs te verkrijgen, moet de hars zeer vloeibaar zijn (lage viscositeit). Deze wordt via een injectiebuis in de met hoge snelheid ronddraaiende matrijs geïnjecteerd. Een gelijkmatige verspreiding van de epoxyhars over de gehele matrijs en de glasvezeldoeken is noodzakelijk voor een volledige impregnatie (doordringing van de epoxyhars in de glasvezeldoeken).

Een goede impregnatie is voorwaarde voor een sterke vezelmatrix-hechting, waarbij de hechting van de hars aan de glasvezels voor een belangrijk deel ook afhangt van de gebruikte seizing (coating, of primer) die door de fabrikant en/of leverancier op de glasvezels is aangebracht.

4.3.3 De wijze en het moment van polymerisatie van de hars.

Polymerisatie (chemische reactie tussen de twee componenten van de epoxyhars) mag pas optreden als de hars over de gehele matrijs gelijkmatig is verspreid en nadat de glasvezeldoeken volledig zijn geïmpregneerd. Na de impregnatiefase en het polymeriseren van de hars wordt het toerental van de matrijs verlaagd en zo aangehouden totdat het product volledig is uitgehard.

4.3.4 Het proces van uitharding van het laminaat.

Gebleken is dat de uitharding van buiten naar binnen moet plaatsvinden omdat de hars tijdens het uitharden krimpt en er luchtballen ontstaan als de hars aan de binnenzijde van de buis al hard is en er geen hars kan worden aangevoerd om de krimp op te vangen. Als de hars aan de buitenzijde (oftewel tegen de binnenkant van de matrijs) al is uitgehard en het stollingsproces van buiten naar binnen toe plaatsvindt, kan de hars gewoon krimpen zonder gevaar voor het ontstaan van lucht-insluitingen, of luchtballen.

4.3.5 Het loskomen van de buis uit de matrijs.

Nadat de hars is gestold, koelt het product nog verder af en krimpt het materiaal nog verder. Deze productkrimp is gunstig voor het verwijderen van het product uit de matrijs, omdat het product na afkoeling net iets kleiner is dan de matrijs. Vanwege de grote lengte van het product en de gewenste, relatief geringe productkrimp, is er nog steeds veel kracht nodig om het product uit de matrijs te verwijderen. Speciaal hiervoor is de pull-tool ontwikkeld.

Daarnaast heeft Huisman in de CRECCIT-projectperiode:

- Gewerkt aan de verbetering van het vacuümsysteem voor de centrifuge, met name aan de temperatuurregelingen van de centrifuge door:
 - Toepassing van gekoelde sensoren en positionering ervan t.o.v. de roterende centrifuge mal,
 - Compleet zwarten van de mal zodat reflecties temperatuur metingen niet meer kunnen verstoren,
 - Nauwkeurige kalibratie van sensoren,
- Het CCM-procesverloop geheel herschreven (aangepast aan het voortschrijdend inzicht door metingen tijdens het polymerisatie proces en metingen met viscositeitsmeter),
- Het CCM-proces (harsinjectie, polymerisatie, temperatuurverloop en rotatiesnelheden van de centrifuge, en de uitharding van het product) volledig geautomatiseerd, en
- Een kwaliteitscontrole systeem voor het gehele productieproces ontworpen en geïmplementeerd.

4.4 Verbetering van de CCM-productiemachine

Naast het productieproces zijn de onderdelen van de CCM-productielijn ook onderzocht en op verschillende punten verbeterd.

4.4.1 Wikkelmachine (glasvezeldoeken)

- Onderzoeken en verbeteren van het type wikkeldoorn voor het inbrengen en afwikkelen van de gewikkelde glasvezeldoeken in de 12-meter centrifuge matrijs
- Onderzoeken en verbeteren van de (glasvezeldoek) wikkel-machine en/of de manier van wikkelen en in de matrijs aanbrengen. Hiervoor zijn 10.6" Akiel buizen getest om later toe te kunnen passen in een 11-3/4" matrijs voor buizen met een wanddikte van 20mm. Speciale aandacht ging hierbij uit naar het aanhechten van de glasrollen, oftewel de techniek voor het naadloos verbinden van de glasrollen op de wikkeldoorn met een nieuwe rol glas. Om dit efficiënt en zo naadloos mogelijk te doen, zijn uitgebreide testen gedaan. Er is gestreefd om maximaal twee nieuwe aanhechtingen per buis (van 12 meter lengte) te hebben.



Figuur 1: De wikkelbank voor glasvezeldoeken

4.4.2 Geschaalde testcentrifuge

- Voor het onderzoeken van de invloed van het aantal lagen glasvezeldoek op het injectie-, impregnatie- en polymerisatieproces is het team begonnen met zogenaamde “platte plaat testen”, waardoor de kosten relatief laag konden worden gehouden.
- Vervolgens is de korte (2-meter) testcentrifuge samengesteld voor het onderzoek naar infusie defecten (impregnatie en polymerisatie onvolkomenheden) en het procesverloop.
- Voor dit doel is een inductieverwarming ontwikkeld en toegepast op testcentrifuge.



Figuur 2: De ‘platte plaat testmachine’



Figuur 3: De 2-meter CCM-testcentrifuge met inductieverwarming

4.4.3 Harsinjectie

- Onderzoeken en verbeteren van het hars-injectie systeem zodanig dat een snelle en volledige verspreiding van de hars over de gehele lengte van de matrijs en daarmee ook over het volledige oppervlak van de glasvezeldoeken wordt gerealiseerd.
- Vlak voor het injecteren worden de twee componenten van de epoxyhars samengevoegd en goed gemixt. Het is belangrijk dat de temperatuur van de samengevoegde hars exact juist is. Hiervoor is een Decumed B component mixer en een extra temperatuursensor toegevoegd.
- Tot voorkort was het niet gelukt om een goede Akiel 9-5/8” buis te produceren met meer dan 25 lagen vezeldoek. De huidige 9-5/8” Akiel buizen zijn voorzien van 24 lagen. Voor diepere geothermie projecten (dieptes > 1250 meter, temperaturen > 75°C) zijn voor het

opvangen van met name de externe drukbelastingen (collapse) gedurende 30 jaar absoluut grotere wanddiktes nodig. Een dikkere laag glasvezeldoeken bemoeilijkt echter het kritische proces van impregnatie en polymerisatie. Om dit te onderzoeken zijn productietesten uitgevoerd voor buizen met een grotere wanddikte, oftewel met meer lagen glasvezeldoek. Een bijkomend probleem wordt gevormd door het krimpen van de hars. Het polymeriseren van de epoxyhars is een exotherme reactie, wat wil zeggen dat er warmte bij vrijkomt. Omdat er voor grotere wanddiktes meer hars nodig is, wordt het krimpen van de hars tijdens het uitharden moeilijker te beheersen (zie ook paragraaf 4.3.4). Het onderzoek heeft geleid tot een uit 32 lagen bestaand, nagenoeg perfect product (kwaliteit $\pm 95\%$), waardoor de overtuiging bestaat dat diameters zoals 11-3/4" en 13-3/8" binnenkort succesvol kunnen worden geproduceerd. Daarom wordt het onderzoek naar de hars-impregnatie en de dikte van het vezelpakket ook na beëindiging van het CRECCIT-project per 1 juli 2020 nog voortgezet.



Figuur 4: Akiet buis met 32 lagen in plaats van 24 lagen glasvezeldoek

4.4.4 Full-size centrifuge (lengte 12-meter)

- Een belangrijk onderdeel van de CCM-machine wordt gevormd door het loopwerk van de centrifuge, opgebouwd uit lagers, loopwielen en loopvlakken, die zeer nauwkeurig moeten zijn afgesteld, omdat bij iedere productiecyclus de matrijs van circa 2000 kilogram, gelagerd met 18 loopwielen van 100 kilogram per stuk, met 2400 toeren per minuut enkele uren staat te draaien. Vanzelfsprekend zal iedere geringe afwijking leiden tot grote slijtage van het loopwerk en tot mogelijke gevaren voor het personeel. Voor de noodzakelijke verbetering van het systeem is:
 - Een alternatief voor de wielophanging onderzocht (test model op schaal aanwezig),
 - Het verenpakket voor de topwielen aangepast,
 - Het loopvlakmateriaal aangepast, en
 - Zijn trilling metingen naar de eigenfrequentie van de matrijs uitgevoerd.
- De constructie van de 12-meter centrifugematrijsen is uitgebreid onderzocht en ook op dit vlak zijn verbeteringen gerealiseerd. Op grond van de bevindingen is voor de technologie-demonstratie van het CRECCIT-project een nieuwe 11-3/4" centrifugematrijs ontworpen.

Omdat het CRECCIT-project is stopgezet, is helaas nog geen opdracht verstrekt aan de gereedschap makerij voor de vervaardiging van deze matrijs.

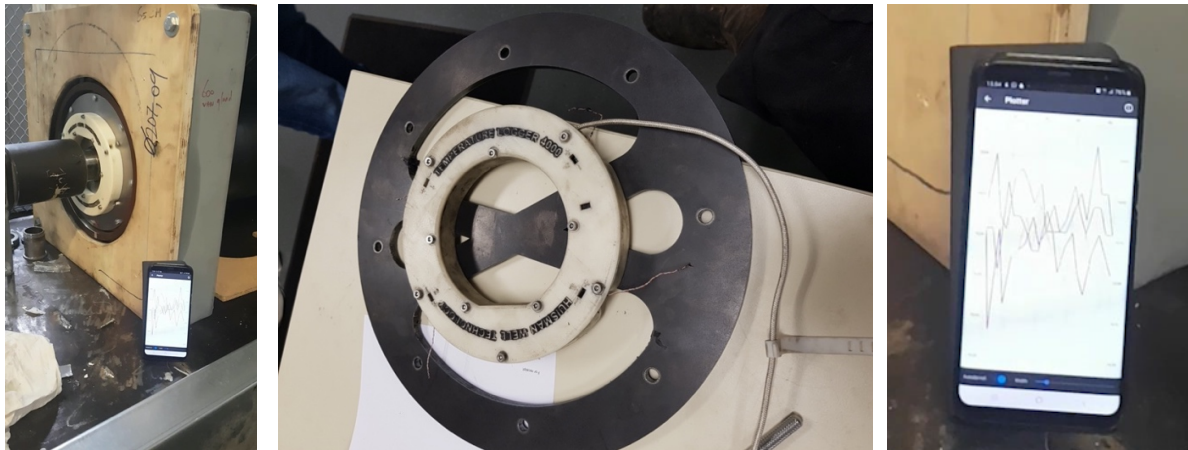
- De centrifugemallen zijn anti-reflecterend uitgevoerd zodat een juiste temperatuurmeting mogelijk werd voor het kunnen realiseren van een gelijkmatige verwarming van de matrijs en de hars (het product).
- De behuizing van centrifugematrijs is aangepast voor het kunnen aanbrengen van extra meetpunten om een gelijkmatige verwarming van de matrijs en de hars (het product) te controleren en realiseren



Figuur 5: De centrifuge van de CCM productielijn met links voor de harsinjectie apparatuur en rechts onder een detail van het loopwerk (loopvlak op de matrijs met drie loopwielen) dat in zesvoud op de 12-meter centrifuge is aangebracht

- Voor het op de juiste wijze meten, aanpassen en handhaven van de voor het productieproces noodzakelijke temperatuur binnenin de centrifuge matrijs is gebruik gemaakt van thermokoppels die op verschillende plaatsen in de wand het product (de buis) zijn geplaatst. Hiervoor is een meetinstrument ontwikkeld en gebouwd, inclusief logging, data-analyses en bluetooth-connectie (zie figuur 6 op de volgende bladzijde).
- De procestijd, het temperatuurverloop tijdens het proces en de temperatuuroptimalisatie in de centrifuge zijn uitgebreid onderzocht. Vele testen (experimenten) zijn uitgevoerd en middels een iteratieve benadering is het centrifugeproces geoptimaliseerd.
- Een systeem van koeling door de buis heen is ontwikkeld en uitvoerig getest.

September 2020



Figuur 6: Het ontwikkelde (temperatuur) meetinstrument ingebouwd in de 2-meter centrifuge (links) met de bluetooth datatransmissie ring (midden) en uitlezing via mobiel (rechts)

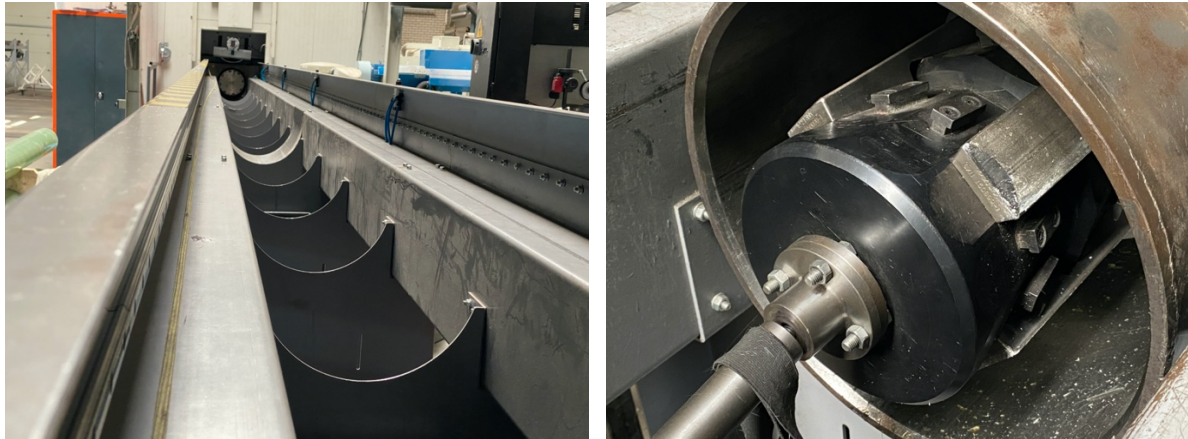
- De swivel-seals zijn aangepast voor een betere afdichting en om de centrifuge geschikt maken voor overdruk (aandrukken hars en vezeldoeken tegen binnenwand van de matrijs)
- Software ontwikkeld en geïmplementeerd voor de automatisering van het CCM-proces om de menselijke factor bij de bediening van de centrifuge zoveel mogelijk te elimineren.
- Een speciale polycarbonaat centrifugedeksel (afsluiter) is ontwikkeld om een visuele procesbeheersing mogelijk te maken.



Figuur 7: De polycarbonaat afsluitdeksel van de centrifugematrijs om visuele inspectie (tijdens onderzoek) mogelijk te maken

4.4.5 Pull tool

- Voor het uit de matrijs trekken van het gereed product is door Akiet de pull-tool ontwikkeld en gebouwd. Verbeteringen zijn met name aangebracht aan de manier van vastklemmen van het uiteinde van het product. Dit klemmechanisme van de pull-tool is in feite een stalen 'cross-over' (steel X-over) omdat het een onderdeel is dat een gecontroleerde overgang van composiet naar staal verzorgt, waarbij grote krachten op het relatief zachte composiet worden geleverd, terwijl het gereed product niet mag beschadigen. Bedenk hierbij dat de buis strak in de matrijs zit, aan de binnenzijde glad is en dat een klemkracht van binnen naar buiten het gereed product alleen maar vaster in de matrijs zal klemmen.



Figuur 8: De pull tool straat aan het uiteinde van de centrifuge met rechts het onderdeel voor het uit de matrijs trekken van het gereed product (cross-over)

4.4.6 Randapparatuur

Een belangrijk onderdeel van het productieproces is de nabehandeling van het product (de buizen). Voor de toepassing in geothermische putten zullen de composiet buizen bestand moeten zijn tegen temperaturen tot circa 85°C. De temperatuurbestendigheid van composieten wordt bepaald door de glasovergangstemperatuur (T_g) en hangt voor een groot deel af van de omstandigheden tijdens het uitharden. Een hogere T_g kan bereikt worden door de uitharding bij een hogere temperatuur en bij een langere periode van verwarming te laten plaatsvinden (post-curing). Huisman heeft ten aanzien van het post-cure proces van de Akiet buizen de volgende werkzaamheden verricht:

- Postcure proces geheel gewijzigd en geoptimaliseerd voor de maximale T_g in het laminaat. Deze activiteit is verricht in samenwerking met het ingenieursbureau MOCS, en de faculteit Lucht- en Ruimtevaarttechniek van de TU Delft,
- Postcure oven compleet gereviseerd en gecertificeerd, voorzien van nieuwe logica met temperatuur sensors en logger.

Daarnaast is gewerkt aan de verschillende randapparatuur systemen voor de verbetering van het productieproces en/of de arbeidsomstandigheden van de operators.

- Dampafzuiging systeem voor centrifuge, testruimte en oven in hal ontworpen en geïnstalleerd,
- Vacuümpompen zijn meerdere malen gereviseerd,
- Filtersystemen zijn verbeterd.

4.5 Ontwikkeling van de Akiet High Strength Composite Casing & Tubing

Voor het CRECCIT-project waren verschillende maten Akiet buizen noodzakelijk:

- 8-5/8" Akiet HSCC (casing) voor de cementeer test onderin de Wayland injectieput
- 9-5/8" Akiet HSCT (tubing) voor de 2^e sectie van de Wayland productieput (in laatste putontwerp toegevoegd)
- 11-3/4" Akiet HSCT (tubing) voor de 1^e sectie van de Wayland productieput
- 13-3/8" Akiet HSCC (casing) voor de ECI test door de geïnstalleerde en gecementeerde HSCC (casing) heen

Voor het verbeteren van de composiet buissystemen is voornamelijk uitgegaan van de 9-5/8" Akiet buizen (uitwendige diameter), waarop de wikkelbank (glasvezeldoeken), de centrifuge (matrijs voor

September 2020

harsinjectie, impregnatie en uitharding) en de pull-tool (voor het uit de mal trekken van de uitgeharde buis) zijn afgestemd. Deze maatvoering is ook gebruikt voor het produceren van de testsamples voor het uitvoeren van de testen uit het Akiet HSCT & HSCC Acceptance Program.

Middels relatief eenvoudige berekeningen kunnen de resultaten worden omgezet naar de voor een project noodzakelijke maatvoering(en).

De 11¾" matrijs is nooit geïnvesteerd geworden omdat het project vroegtijdig werd gestopt.

Het inkoopproces voor de 13-3/8" Akiet HSCT (tubing) is gestart. Voor de 13-3/8" matrijs voor de CCM-centrifuge is een aantal offertes aangevraagd. Levering was voorzien eind juli 2020, maar is vanwege COVID-19 maatregelen vertraagd. Na oplevering van de matrijs zijn minimaal vier weken nodig om de matrijs in de CCM-centrifuge te plaatsen en de CCM-productielijn voor productie gereed te maken (inbedrijfstelling en afstemming van procesparameters).

In april 2020 zijn 7 stuks van de 13-3/8" doorn voor de (glasvezeldoeken) wikkelmachine besteld.



Figuur 9: Een gereed, maar imperfect test sample en gewikkelde glasvezeldoeken op de doorn (met een afbeelding van het ingegoten unieke identificatienummer met productiedatum)

4.6 Akiet HSCT/HSCC Acceptance Program (testen)

In 2016 was een testprogramma opgesteld waarmee kon worden aangetoond dat de composiet buissystemen bestand zouden zijn tegen de in een geothermische put optredende belastingen, zowel tijdens de installatie als gedurende de exploitatiefase van 30 jaar.

In het testprogramma dat het Akiet HSCC Acceptance Program werd genoemd, waren de testen voornamelijk gericht op de weerstand tegen inwendige druk (burst), uitwendige druk (collapse), axiale trek (tension), axiale druk (compression), torsie en erosie. Daarnaast is het belangrijk dat de testen worden uitgevoerd bij de in de put geldende werktemperatuur (circa 80°C), volledig verzadigd met water (Hot-Wet condities) en dat voor lange duur (van 1.000 uren tot 10.000 uren). Deze Hot-Wet testen zijn reeds uitgevoerd voor interne en externe druk (burst en collapse).

De testen moeten voor het Akiet HSCC Acceptance Program en Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) worden uitgevoerd voor het gehele composiet buissysteem, d.w.z. de buizen en de mechanische verbinding. In het CRECCIT-project zijn tot nog toe alleen testen opgenomen gericht op de buizen.

De Akiet buizen werden ook getest op torsie tot falen. De prestaties van de buizen bleken aanzienlijk hoger dan wat nodig is voor het “opmaken” en “uitbreken” van de schroefdraadverbindingen, hetgeen de hoogste belasting is voor de buissystemen in het CRECCIT-project. Het is daarom veilig om aan te nemen dat Akiet buizen niet de zwakste schakel zullen vormen in de totale ketting (“casing string”).



Figuur 10: De interne druk testopstellingen (links en midden) en de externe druk testopstellingen (rechts)

4.6.1 Lange-duur test onder hot-wet condities

Een belangrijke test is de endurance test (lange duurttest) van de buis en de verbinding.

Hiervoor is een testopstelling gebouwd waar een Akiet HSCT-buis van circa 1 meter lengte, voorzien van een composiet schroefdraad aan beide uiteinden, momenteel al ruim 9 maanden in hot-wet condities (verzadigd met water van 80° Celsius) aan een trekbelasting van 50 ton is onderworpen.



Figuur 11: Het Akiet testsample voor de lange-duur trektest voor de HSCT-buis en verbinding

Middels deze lange-duur trektest (10.000 uur) wordt aangetoond dat het Akiet buissysteem, bestaande uit de composiet buis met schroefdraadverbinding, bestand is tegen de axiale trek belastingen die optreden bij de installatie en de 30 tot 40 jaar durende exploitatiefase van het geothermisch doublet van Wayland Energy.

De ontwikkeling van de mechanische verbinding is onderdeel van het CAGE-project dat door GEOTHERMICA en de Hernieuwbare Energieregeling wordt ondersteund. De kosten van deze werkzaamheden, waaronder die voor de lange-duur trektest, zijn daarom niet opgenomen in het kostenoverzicht van het CRECCIT-project.



Figuur 12: De lange-duur trektest voor de HSCT-buis met schroefdraadverbinding

4.7 Bescherming Intellectuele Eigendom

Tijdens de uitvoering van het CRECCIT-project is in samenwerking met TNO Eindhoven (GeoWell) besloten om af te zien van de verlijmde verbinding. De kruipeigenschappen⁴ van de lijmen bleken een show-stopper voor de lange-termijn toepassing in geothermische putten (verzadigd van water met een temperatuur van 60° tot 95° Celsius gedurende 30 tot 40 jaren).

Het materiaalonderzoek met TNO werd verricht in het GeoWell project (Horizon 2020), waar ook een eerste concept van de geschroefde verbinding werd ontwikkeld. De verdere ontwikkeling en uitwerking van de mechanische geschroefde verbinding een volwaardig prototype is uitgevoerd in het kader van het CAGE-project (Geothermica en Hernieuwbare Energieregeling).

Ook voor de installatie van de composiet tubing in de putten van Wayland Energy was een mechanische verbinding onontbeerlijk. De bescherming van de intellectuele eigendom van het composiet buissysteem is ondergebracht in het CRECCIT-project omdat dit project oorspronkelijk voorafging aan het CAGE-project.

De volgende octrooiaanvragen zijn ingediend:

- NL2010598 – (Overgenomen van Akiet)
- P34140NL00 – Threaded tubular
- P34444NL00 – Annulus with lowered water level

Daarnaast is een verkennende search uitgevoerd naar het ‘embedden’ of inbouwen van sensoren in de wanddikte van de composiet buizen.

Wat betreft het CCM-productieproces heeft Huisman besloten om de ontwikkelde technologie en verbeteringen aan de verschillende onderdelen van de productielijn niet openbaar te maken en een beleid te voeren dat de geheimhouding kan garanderen.

4.8 Het putontwerp van Wayland Energy

Als gevolg van aanvullend geologisch onderzoek zijn de inzichten in de ontwikkeling van het geothermisch veld zoals Wayland Energy het voor ogen had, meerdere malen aangepast. Dit heeft ook gevolgen gehad voor de verschillende optionele putontwerpen en de wijze waarop composiet buissystemen hierin een rol konden spelen. Hoewel het maken van het putontwerp onder de verantwoordelijkheid viel van Vanguard Energy Management, heeft Huisman Well Technology wel een rol gespeeld in de advisering ten aanzien van het gebruik van composiet.

Gedetailleerd geologisch onderzoek heeft laten zien dat het produceren uit de diepere laag, de Alblasserdam, ondanks de hogere temperatuur, geen verbetering zal opleveren ten opzichte van productie uit de hoger gelegen watervoerende lagen, de Delft en Berkel zanden.

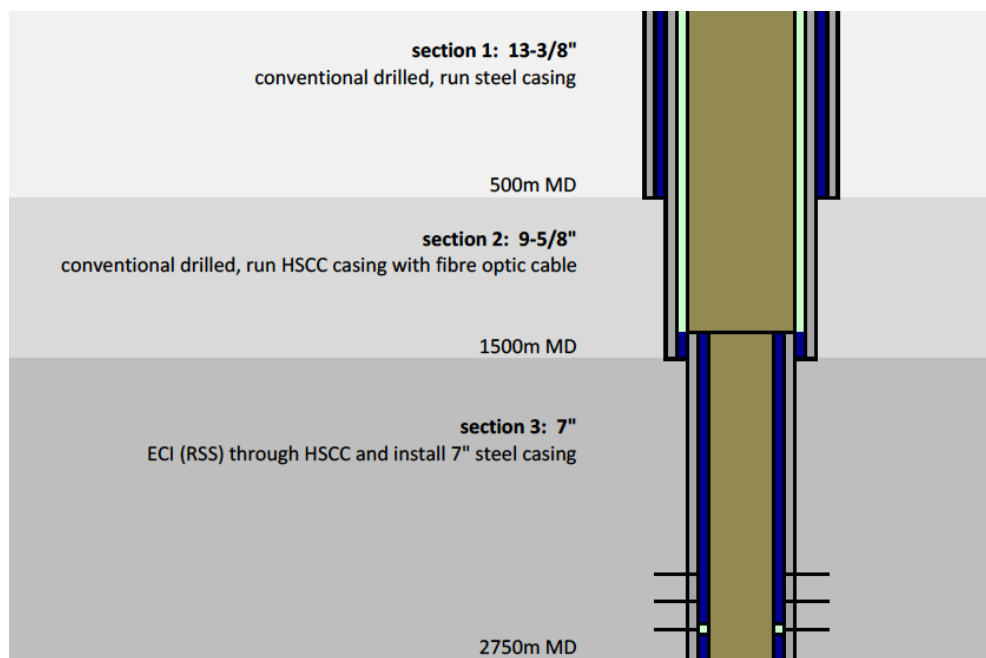
Uit financieel-economische en risico mitigatie overwegingen heeft Wayland Energy besloten de Alblasserdam niet aan te boren. Dit heeft grote consequenties gehad voor het putontwerp, die de uitvoering van de Akiet casing installatie testen in de injectieput technisch onmogelijk maakten.

⁴ **Kruip** is de blijvende vervorming van een materiaal dat gedurende langere tijd belast is met bijvoorbeeld trek- of drukkracht. Anders gezegd, **kruip** is de langzame plastische vervorming van een materiaal onder constante belasting. Het kruipgedrag is meestal ook temperatuur afhankelijk. **Kruip** is doorgaans een ongewenst verschijnsel, en kan een beperkende factor zijn voor de levensduur van een object.

Bij het oude ontwerp werd uitgegaan van perforeren van de casing in de Alblasterdam, Delft en de Berkel lagen, dit wordt gedaan nadat de te perforeren productiebuis gecementeerd is. In het originele putontwerp was onder deze productiebuis een sectie te cementeren composiet casing opgenomen. In het nieuwe ontwerp wordt gebruik gemaakt van vooraf geperforeerde stalen buizen (liners) met daaromheen een buisvormige roest vast stalen filter (wire wrap screen, of WWS) om het binnendringen van zandkorrels in de put te voorkomen. Door deze wijziging is het niet langer mogelijk de composiet casing te cementeren omdat vervolgens ook de wire wrap screens gecementeerd zouden worden en er niet meer geïnjecteerd kan worden (cement is een blokkade tussen de injectiebuis en de formatie).

Het definitieve putontwerp is nagenoeg ongewijzigd gebleven, ten opzichte van de versie die was opgenomen in het goedgekeurde wijzigingsverzoek, met dien verstande dat:

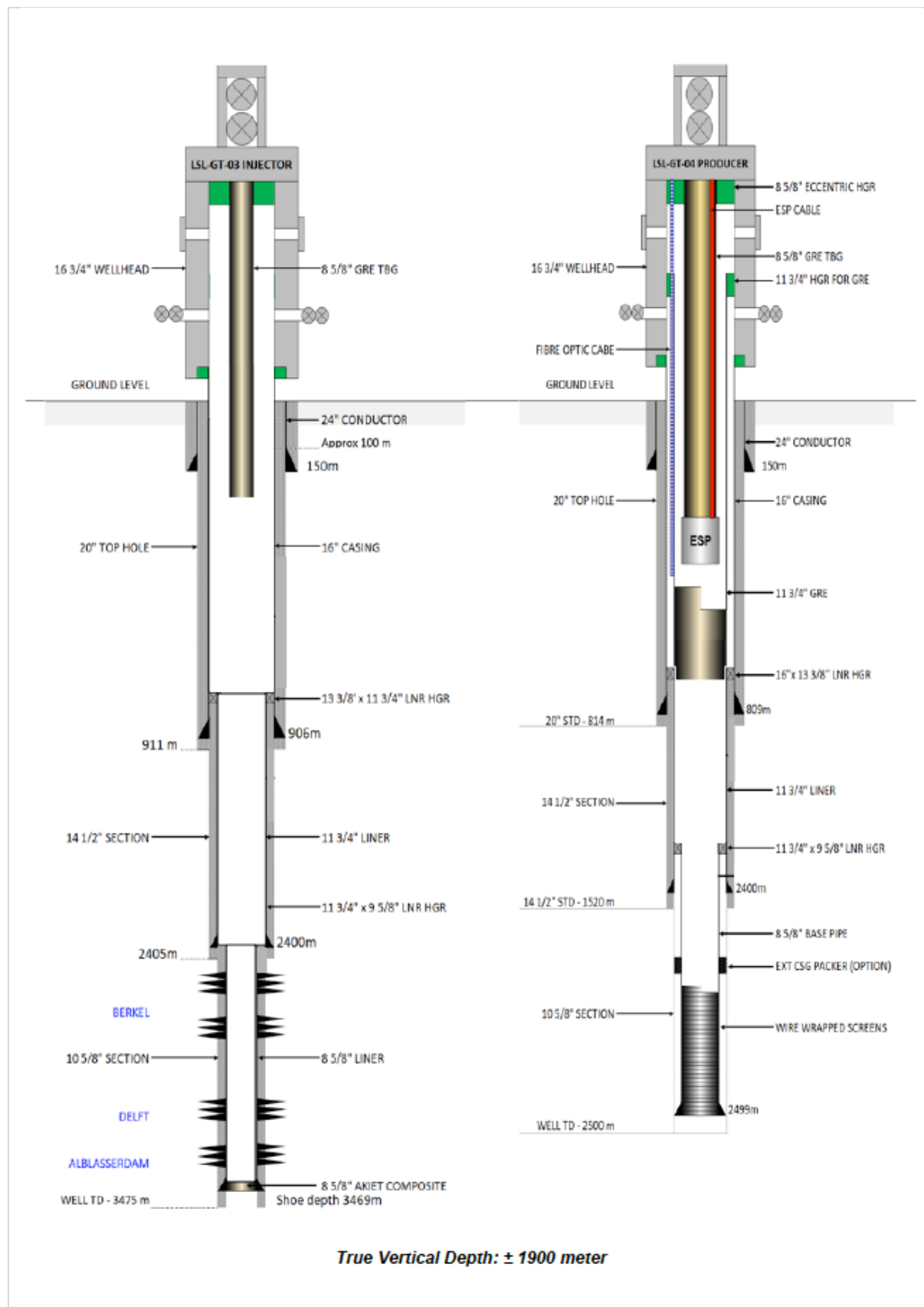
- De lengte van de 10-5/8" sectie van de injector met 600 meter is afgenomen door het niet-aanboren van de Alblasterdam, en
- Ter bescherming tegen corrosie is teruggevalen op een volledig met composiet tubing (HSCT) beklede productieput, vergelijkbaar met een voorgaand ontwerp. In het nieuwe putontwerp zijn nu twee maten HSCT opgenomen, namelijk: 11-3/4" HSCT tot voorbij de ESP en voorzien van een kabel met optische vezels, en als extra t.o.v. het ontwerp van augustus 2019 een 9-5/8" HSCT-sectie tot aan de reservoirs.



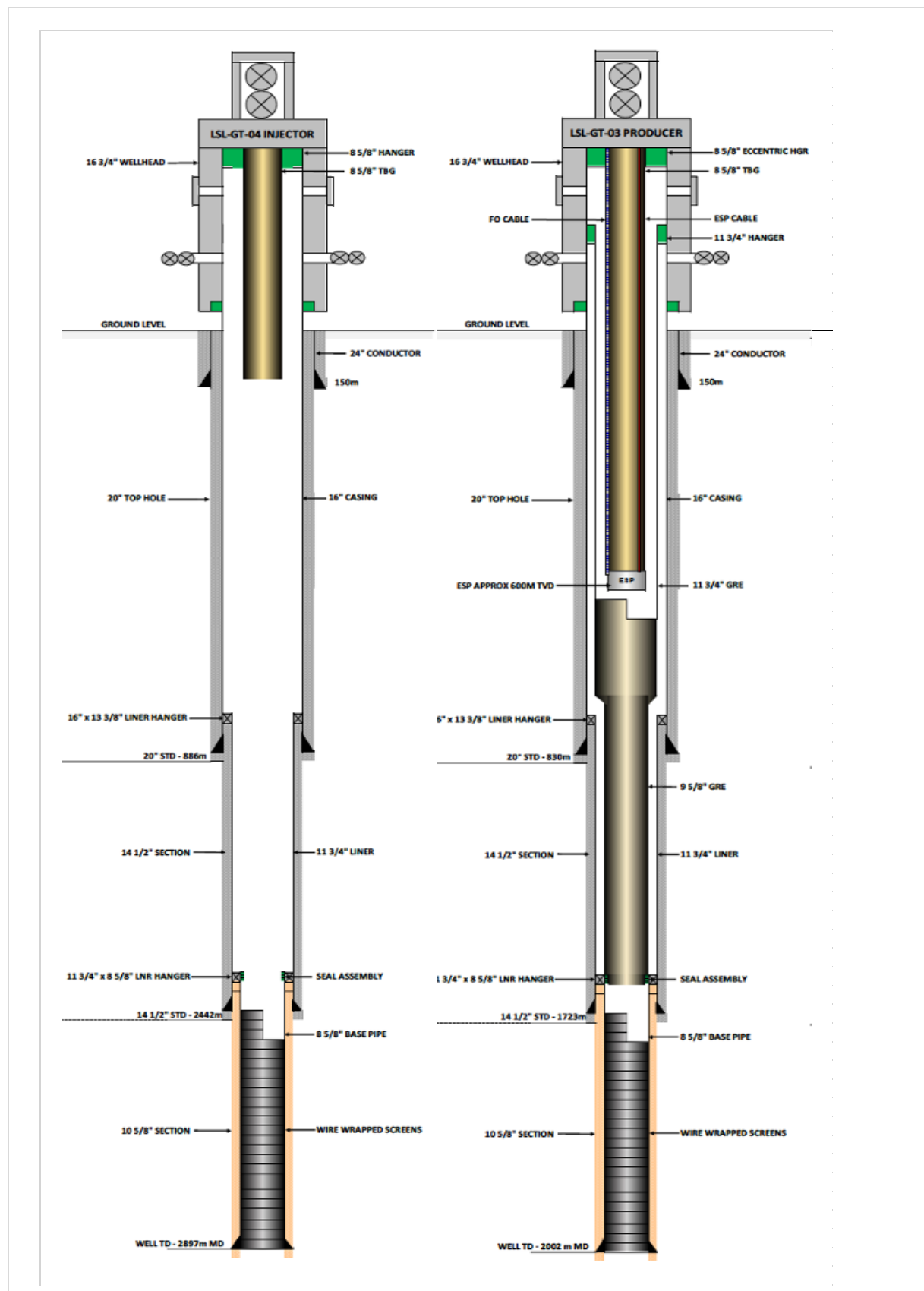
Figuur 13: het oorspronkelijk concept put-ontwerp van Wayland Energy per 2017 (injectieput en productieput)

Het concept put-ontwerp ging ervan uit dat de putten vrijwel recht en verticaal naar beneden konden worden uitgevoerd. Op de gekozen locatie bleek dit niet mogelijk en werd het ontwerp aangepast. Beide putten moesten sterk gedeveerd worden uitgevoerd hetgeen de installatie met composiet casing ernstig bemoeilijkte. Daarnaast zou de geïnstalleerde Akiel HSCC van de tweede sectie voor het installeren van de derde sectie veel zwaarder worden belast dan waarmee in het oorspronkelijke projectplan rekening werd gehouden.

Besloten werd om het concept put-ontwerp op de mogelijkheden (en beperkingen) van de Akiel buissystemen (casing en tubing) aan te passen.



Figuur 14: het concept put-ontwerp van Wayland Energy per augustus 2019



Figuur 15: het definitief put-ontwerp van Wayland Energy per april 2020

4.9 Voorbereidingen voor de HSCC-demonstraties

Deze voorbereidende demonstraties uit het CRECCIT-project zijn:

- Het cementeren van een HSCC (casing) in een voorgeboord gat (zwaarste belasting voor een HSCC door hoge temperatuur (exotherme reactie van het cement) in combinatie met externe druk = collapse belasting en tevens om inzicht te krijgen in cement bonding t.o.v. de HSCC), en
- Het demonstreren van een ECI, of booroperatie door een geïnstalleerde en gecementeerde composiet casing (demonstratie van de bestendigheid van de HSCC tegen de belastingen als gevolg van stoten, schuren en schaven tegen de binnenwand van de HSCC).

De eerste demonstratie zou in de Wayland put worden uitgevoerd, terwijl voor de tweede demonstratie een speciale testopstelling zou worden ontworpen en gebouwd.

In samenwerking met TNO en EBN (Energie Beheer Nederland) heeft Huisman een TKI-project-voorstel ingediend en toegewezen gekregen. Het betreft de installatie van een onderzoek- en test-put in het TNO-laboratorium (voorheen Shell) te Rijswijk.

Met de uitvoering van deze installatie konden ook de in CRECCIT te realiseren belangrijke testen ter voorbereiding op de HSCC & ECCI-demonstratie van het CAGE-project op een gecontroleerde wijze voor de aanvang van het CAGE-project worden uitgevoerd en zou aan de bijbehorende doelstellingen van het CRECCIT-project worden voldaan.

De status voor de uitvoering van de boringen van het CRECCIT-project was als volgt:

- Wayland en de joint venture (JV) van Huisman GEO en Züblin Nederland hebben een Agreement opgesteld met daarin de uitgangsvoorwaarden om voor 1 juli 2020 tot een contract te komen
- Het definitieve put-ontwerp is gereed,
- Het Final RFQ-package (request for quotation) voor het aanbesteden van de diverse boor-services is gereed en door de Joint Venture van Zublin en Huisman ontvangen,
- De uitvoering (de installatie van het geothermisch doublet) staat gepland voor het tweede kwartaal van 2021 (zie de planning op de volgende bladzijde).

Helaas zal de put door het vroegtijdig stoppen van het CRECCIT-project niet meer met Akiet tubing worden uitgevoerd.

5 CRECCIT-project resultaten

- Een perfect uitziende Akiet (composiet) buis van hoge kwaliteit, die uitvoerig is getest en voldoet aan de eisen gesteld voor installatie voor de Wayland Energy putten. Dit wordt door Huisman GEO het Minimum Viable Product (MVP) genoemd.
- Veel kennis en ervaring opgedaan en vastgelegd over het CCM-productieproces.
- Veel kennis en ervaring opgedaan en vastgelegd over het ontwerpen en produceren van de Akiet (hoge sterkte composiet) buissystemen.
- Een goed functionerend, controleerbaar, beheersbaar, gecertificeerd, en wat betreft de centrifuge, volledig geautomatiseerd CCM-productieproces.
- Een kwaliteitssysteem voor de Akiet buizen (quality control & traceability).
- Kennis over en ideeën voor de tweede generatie CCM-machines voor seriematige productie van verschillende diameters Akiet buissystemen.

- Een eerste serieproductie van de 9-5/8" Akiet buizen werd gestart in Juni 2020. De serieproductie werd vervroegd gestopt omdat de subsidie voor de demonstratie bij Wayland Energy kwam te vervallen. Het putontwerp was op basis van aanvullend geologisch onderzoek aangepast aan de nieuwe inzichten, waardoor er geen installatie van de Akiet HSCC (composiet casing) onderin de injectieput van Wayland meer mogelijk was. Jammer genoeg was dit wel een belangrijk onderdeel van de totale technologie demonstratie.
- De opschaling van de productiefaciliteit voor de Akiet buissystemen en de aanschaf en/of upgrading van de benodigde gereedschappen voor de continue (serie)productie zou medio 2020 worden gestart.



Figuur 16: Gereed product van de eerste serieproductie van Akiet (HSCC) buizen

CONTROLEVERKLARING VAN DE ONAFHANKELIJKE ACCOUNTANT

Aan: het bestuur van Huisman Well Technology B.V.

Ons oordeel

Wij hebben bijgaande subsidiedeclaratie met een kostenbedrag ad € 1.961.580 ingevolge het project “Cost Reducing Enhanced Composite Casing Installation Technology” met referentienummer TEHE116370 van Huisman Well Technology B.V. te Schiedam over de periode 13 juli 2018 tot en met 30 juni 2020 gecontroleerd.

Naar ons oordeel is de subsidiedeclaratie ingevolge het project “Cost Reducing Enhanced Composite Casing Installation Technology” met referentienummer van Huisman Well Technology B.V. over de periode 13 juli 2018 tot en met 30 juni 2020 in alle van materieel belang zijnde aspecten opgesteld in overeenstemming met de beschikking d.d. 27 juni 2017 met referentienummer TEHE116370 en de aanvullende wijzigingen d.d. 16 november 2017, 18 september 2018, 15 november 2019 en 9 juni 2020 met hetzelfde referentienummer.

De basis voor ons oordeel

Wij hebben onze controle uitgevoerd volgens het Nederlands recht, waaronder ook de Nederlandse controlestandaarden vallen. Onze verantwoordelijkheden op grond hiervan zijn beschreven in de sectie 'Onze verantwoordelijkheden'.

Wij zijn onafhankelijk van Huisman Well Technology 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 subsidiedeclaratie ingevolge het project “Cost Reducing Enhanced Composite Casing Installation Technology” met referentienummer TEHE116370 van Huisman Well Technology B.V. over de periode 13 juli 2018 tot en met 30 juni 2020 is opgesteld voor Rijksdienst voor Ondernemend Nederland met als doel Huisman Well Technology in staat te stellen te voldoen aan de subsidiebeschikking en de aanvullende wijzigingen.



A member of Russell Bedford International.

BANK NL 97 ABNA 0490 6856 33

BTW 8529.23.363.B.01

KVK 58205969

Audit To Be heeft een samenwerkingsverband met



adviseurs en accountants



Op alle met ons gesloten overeenkomsten zijn van toepassing de algemene voorwaarden voor dienstverlening waarin een beperking van onze aansprakelijkheid is opgenomen. Deze kunnen u op aanvraag worden toegezonden.

Hierdoor is de subsidiedeclaratie ingevolge het project “Cost Reducing Enhanced Composite Casing Installation Technology” met referentienummer TEHE116370 van Huisman Well Technology B.V. mogelijk niet geschikt voor andere doeleinden. Onze controleverklaring is derhalve uitsluitend bestemd voor Rijkdienst voor Ondernemend Nederland en dient niet te worden verspreid aan of te worden gebruikt door anderen. Ons oordeel is niet aangepast als gevolg van deze aangelegenheid.

Verantwoordelijkheden van het bestuur

Het bestuur is verantwoordelijk voor het opstellen van de subsidiedeclaratie ingevolge het project “Cost Reducing Enhanced Composite Casing Installation Technology” met referentienummer TEHE11637 in overeenstemming met de vereisten voor financiële verslaggeving van de subsidiebeschikking tussen Huisman Well Technology B.V. en Rijkdienst voor Ondernemend Nederland met de subsidiebeschikking en de aanvullende wijzigingen. In dit kader is het bestuur verantwoordelijk voor een zodanige interne beheersing die het bestuur noodzakelijk acht om het opstellen van de subsidiedeclaratie mogelijk te maken zonder afwijkingen van materieel belang als gevolg van fraude of fouten.

Onze verantwoordelijkheden

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 dit overzicht 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, ethische voorschriften en de onafhankelijkheidseisen. Onze controle bestond onder andere uit:

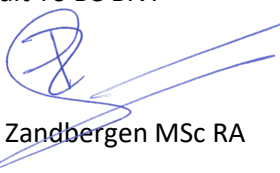
- het identificeren en inschatten van de risico's dat de gewaarmerkte subsidiedeclaratie afwijkingen van materieel belang bevat als gevolg van fouten of fraude, het in reactie op deze risico's bepalen en uitvoeren van controlewerkzaamheden en het verkrijgen van controle-informatie die voldoende en geschikt 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 entiteit;

- het evalueren van de geschiktheid van de gebruikte grondslagen voor financiële verslaggeving en het evalueren van de redelijkheid van schattingen door het bestuur en de toelichtingen die daarover in de subsidiedeclaratie staan;
- het evalueren van de presentatie, structuur en inhoud van de subsidiedeclaratie en de daarin opgenomen toelichtingen; en
- het evalueren of de subsidiedeclaratie onderliggende transacties en gebeurtenissen zonder materiële afwijkingen weergeeft.

Wij communiceren met de met governance belaste personen onder andere over de geplande reikwijdte en timing van de controle en over de significante bevindingen die uit onze controle naar voren zijn gekomen.

Voorburg, 18 september 2020

Audit To Be B.V.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized 'M' and 'Z' followed by a long horizontal stroke.

M. Zandbergen MSc RA

Digitaal ondertekend door Mattheüs Zandbergen
DN: cn=Mattheüs Zandbergen, c=NL, o=Mattheüs
Zandbergen, email=t.zandbergen@audit-to-be.nl
Datum: 2020.09.22 09:24:56 +02'00'

SUBSIDIE DECLARATIE

Cost Reducing Enhanced Composite Casing Installation Technology

Kenmerk TEHE116370

Huisman Well Technology B.V.

13 juli 2018 tot en met 30 juni 2020

Fase	Uren	Tarief	Begroting	Actuals	Verschillen
OOI A1 - Loonkosten (@E60/u)	9.980	60	598.800	912.030	-313.230
OOI A2 - Machine en apparatuurkosten			400.000	-	400.000
OOI A4 - Aan derden verschuldigde kosten			177.650	276.019	-98.369
Demo A3 - Aangeschafte machines en apparatuur			346.360	277.058	69.302
Demo A4 - Verbruik materialen en hulpmiddelen			427.421	389.427	37.994
Demo A5 - Tenaamstelling, verwerving, instandhouding IP			125.000	22.548	102.452
Niet gealloceerd CRECCIT kosten			-	84.498	-84.498
Totaal			2.075.231	1.961.580	113.651

Financiering

Deelnemer	Begroting	Actuals	Verschillen
RVO	1.016.872	588.332	428.540
Huisman Well Technology B.V. Eigen middelen	1.058.359	1.373.248	-314.889
Totaal	2.075.231	1.961.580	113.651



Onderwerp: Verantwoording subsidiebedrag Creccit

Schiedam 22 september 2020,

Middels de controleverklaring van de onafhankelijke accountant is er voor Huisman Well Technology een kosten bedrag van €1.961.580 verantwoord met betrekking tot de subsidiedeclaratie voor het project Creccit.

Dit bedrag bestaat uit de volgende kostenposten (actuals weergegeven tov de begroting in de RVO beschikkingsbrief van 15 november 2019):

Fase	Uren	Tarief	Begroting	Actuals
O&O&I A1 - Loonkosten (€60/uur)	9980	60	€ 598,800	€ 912,030
O&O&I A2 - Machine en apparatuurkosten			€ 400,000	€ 0
O&O&I A3 - Aan derden verschuldigde kosten			€ 177,650	€ 276,019
Demo A3 - Aangeschafte machines en apparatuur			€ 346,360	€ 277,058
Demo A4 - Verbruik materialen en hulpmiddelen			€ 427,421	€ 389,427
Demo A5 - tenaamstelling, verwerving, instandhouding IP			€ 125,000	€ 22,548
Niet gealloceerd Creccit kosten				€ 84,498
Totaal			€ 2,075,231	€ 1,961,580

Gebaseerd op de begrootte kosten is er een subsidiebedrag van €1.016.871 toegekend met de volgende uitgangspunten:

Verdeling begroting subsidiebeschikking	Totaal	Waarvan IO	Waarvan EO	Waarvan DEMO
Beschikte kosten bedragen	€ 2,075,231	€ 802,650	€ 373,800	€ 898,781
Subsidiepercentages		60%	35%	45%
Beschikte subsidie	€ 1,016,871	€ 481,590	€ 130,830	€ 404,451

In werkelijkheid zijn er minder kosten gemaakt dan begroot waardoor het uiteindelijk bereikte subsidiebedrag lager uit zal vallen dan het toegekende bedrag.

Voor de bepaling van het uiteindelijk bereikte subsidiebedrag geldt:

- Voor de gele posten het Demo subsidiepercentage van 45%
- Voor de oranje post waar de kosten niet specifiek aan 1 van de percentages valt toe te kennen het EO percentage van 35% (= het laagst mogelijke percentage)
- Voor de groene kosten het IO en EO percentage berekend zoals in de oorspronkelijke begroting:
 - $802.650/(802.650+373.800) = 68\%$ voor het IO gedeelte
 - $373.800/(802.650+373.800) = 32\%$ voor het EO gedeelte
 - Het daaruit voortkomende deelbedrag van A1 en A3 te vermenigvuldigen met de IO (60%) en de EO (35%) subsidiepercentages
 - Hierbij dient in ogenschouw genomen te worden dat het project vroegtijdig is afgebroken waardoor geen daadwerkelijke demonstratie heeft plaats gevonden en de meeste van deze kosten derhalve vooral op IO betrekking hebben maar de oorspronkelijke verdeling tussen IO en EO is gehandhaafd

Fase	Actuals	perc IO	perc EO	IO bedrag A1	EO bedrag A2	IO sub %	EO sub %	Demo sub %	Actual subs
O&O&I A1 - Loonkosten (€60/uur)	€ 912,030	68%		€ 622,246		60%			€ 373,347
			32%		€ 289,784		35%		€ 101,425
O&O&I A2 - Machine en apparatuurkosten	€ 0								
O&O&I A3 - Aan derden verschuldigde kosten	€ 276,019	68%		€ 188,318		60%			€ 112,991
			32%		€ 87,701		35%		€ 30,695
Demo A3 - Aangeschafte machines en apparatuur	€ 277,058							45%	€ 124,676
Demo A4 - Verbruik materialen en hulpmiddelen	€ 389,427							45%	€ 175,242
Demo A5 - tenaamstelling, verwerving, instandhouding IP	€ 22,548							45%	€ 10,147
Niet gealloceerd Creccit kosten	€ 84,498						35%		€ 29,574
Totaal	€ 1,961,580								€ 958,097

Uit deze berekening volgt een subsidiebedrag van €958.097 zoals opgevoerd in het formulier "Vaststelling subsidie". Dit bedrag is gebaseerd op de werkelijk gemaakte kosten zoals verantwoord en ligt, alhoewel lager als het beschikte subsidiebedrag, aanmerkelijk hoger als het reeds bevoorschotte bedrag van €588.332.