

TNO PUBLIEK

Energy & Materials Transition

Westerduinweg 3
1755 LE Petten
Postbus 15
1755 ZG Petten

www.tno.nl

T +31 88 866 50 65

TNO-rapport

TNO 2023 R11398 | Voortgangsrapportage jaar 2

**Process efficient Solid and Liquid Dewatering
and Drying (SOLIDARITY)**

Openbare voortgangsrapportage jaar 2

Datum 9 augustus 2023
Auteur(s) Y.C. van Delft

Aantal pagina's 21
Opdrachtgever RVO
Projectnaam SOLIDARITY
Projectnummer 060.44280

Alle rechten voorbehouden

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

© 2023 TNO



Samenvatting

Introductie

Bij veel industriële processen wordt ontwateren, drogen en selectief verwijderen van opgeloste stoffen gebruikt voor het concentreren en isoleren van producten, het scheiden van vloeistofmengsels en het ontwateren van vaste stoffen. Vaak worden hiervoor energie-intensieve verdampingsprocessen zoals meertrapsverdamping, destillatie en sproeidrogen gebruikt. Om de energietransitie, inclusief een aanzienlijk verminderde CO₂-footprint, te realiseren, is een combinatie van elektrificatie en verbeterde energie-efficiëntie van thermische processen nodig voor het drogen en ontwateren van industriële stromen.

Door de papier- en procesindustrie wordt gevraagd om nieuwe en innovatieve droog- en ontwateringstechnieken die breed inzetbaar zijn. In de afgelopen jaren zijn diverse van deze nieuwe technologieën, zoals airless drying, elektrodialyse en pervaporatie, ontwikkeld tot TRL 4-5. Er zijn echter twee belangrijke barrières die de verdere ontwikkeling van deze technologieën tot TRL 5-6 en marktintroductie belemmeren. Ten eerste zijn voor eindgebruikers de technologieën onvoldoende bewezen en is de business case onvoldoende duidelijk voor een investeringsbesluit. Ten tweede speelt voor systeemintegratoren en EPCs de onbekendheid met de technologie/het product een rol, waardoor integratie in bestaande systemen niet altijd eenvoudig is.

Doelstelling van het project

Het doel van het project 'Process efficient solid and liquid dewatering and drying (SOLIDARITY)' is om de industrie te helpen om te voldoen aan de klimaatdoelstellingen, door de efficiency van hun industriële processen te verbeteren middels het demonstreren van kosteneffectief drogen en ontwateren door technologieontwikkeling en innovaties in vloeistof-vaste stof- en vloeistof-vloeistofscheidingen te combineren.

Het einddoel van de ontwikkeling, waar het SOLIDARITY project een belangrijke stap in moet maken, is om op termijn de warmtevraag in de industriële processen met 30-40% te verlagen en meer duurzame elektriciteit te gebruiken. Het emissie reductiepotentieel wordt daarmee circa 3-5 Mton CO₂ per jaar uitgaande van duurzaam (CO₂-neutraal) opgewekte elektriciteit. Eerste implementatie van de sleuteltechnologieën is voorzien in 2030.

Resultaten

De belangrijkste projectresultaten in rapportageperiode 2 zijn:

- Drie herhaalbare sleuteltechnologieën zijn ontwikkeld voor drogen en ontwateren. De prestaties zijn op lab/bench-schaal gedemonstreerd (Mijlpaal 1);
- Labschaal pervaporatietesten met geoptimaliseerde HybSi membranen voor ontwatering van triethyleenglycol (TEG) zijn succesvol voltooid en gerapporteerd;
- Ontwerp, constructie en eerste testen van integrale prototype van een volledig bipolaire-membraan-elektrodialyse (BPED) systeem zijn afgerond. Het BPED-systeem is op locatie bij Carbogen gedemonstreerd;
- Het BPED-systeem voldoet aan de verwachtingen van Carbogen. De Value Proposition ziet er goed voor de (toekomstige) situatie dat de eisen voor de afvalwaterbehandeling worden aangescherpt. De voorbehandeling verdient echter aandacht omdat deze moeilijk implementeerbaar wordt geacht;

- Het modellerwerk voor ontwateren van vormpapier en drogen van vormpapier en vlakpapier is afgerond. De aandacht verschuift naar validatie en procesverbetering. Er wordt gewerkt aan drie productgroepen, Smooth Molded Fiber, Rough Molded Fiber en Vlakpapier. Van de drie is Rough Molded Fiber afgerond, voor Smooth Molded Fiber en Vlakpapier ligt het zwaartepunt nu op modelvalidatie. Eerste ideeën voor verbeterde processen en het vervolg worden uitgewisseld;
- In november 2022 bekroonde de jury van de Technologiekering Paper & Board het ontwikkelingswerk op het gebied van airless drying, onderdeel van Resultaat 3 in het SOLIDARITY project.

Inhoudsopgave

	Samenvatting	2
1	Gegevens project.....	5
2	Penvoerder en partners	6
3	Achtergrond en doelstelling van het project	7
3.1	Introductie	7
3.2	Doelstelling van het project	7
4	Werkwijze en resultaten	8
4.1	Werkwijze	8
4.2	Uitgevoerde activiteiten en behaalde resultaten in rapportage periode 2	11
5	Bijdrage aan de doelstelling van de regeling	17
6	Spin off binnen en buiten de sector	19
7	Disseminatie.....	20
8	Handtekening	21

1 Gegevens project

Projectnummer	MOOI42003
Projecttitel	Process efficient Solid and Liquid Dewatering and Drying (Solidarity)
Projectleider	TNO
Projectpartners	Wageningen Food & Biobased Research (WFBR), CARBOGEN AMCIS BV, ESKA BV, Technip FMC, Pervatech, Waterfuture, Huhtamaki, VNP, RUG.
Projectduur	01.07.2021 – 30.06.2024

Het project is uitgevoerd met Topsector Energie subsidie van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. De specifieke subsidie voor dit project betreft MOOI-subsidie ronde 2020.

Contactpersonen

TNO	Yvonne van Delft yvonne.vandelft@tno.nl
WFBR	Norbert Kuipers norbert.kuipers@wur.nl
Huhtamaki	Anton Wemmers anton.wemmers@huhtamaki.com

2 Penvoerder en partners

Naam	Type	Rol in project
TNO	Kennisinstelling (niet-economische activiteiten)	Penvoerder, technologie ontwikkeling, TEE
Wageningen Food & Biobased Research (WFBR)	Kennisinstelling (niet-economische activiteiten)	Technologie ontwikkeling
CARBOGEN AMCIS BV	Grote onderneming	Eindgebruiker, business case, locatie veldtest
ESKA BV	Grote onderneming	Eindgebruiker, business case, integratie in bestaande proces
Technip FMC	Grote onderneming	EPC, business case, integratie in bestaande proces, technologie ontwikkeling en veldtesten
Pervatech	MKB	Membraantesten, levering membranen en modules, input business case
Waterfuture	MKB	Leverancier van apparatuur en systemen, levering labschaal unit en BPED pilot installatie
Huhtamaki	Grote onderneming	Eindgebruiker, business case, integratie in bestaand proces
VNP	MKB	Distributie van resultaten, betrekken van stakeholders van de Nederlandse papierindustrie
RUG	Kennisinstelling (niet-economische activiteiten)	Kennis o.g.v. gezamenlijke innovaties en energie economie, modelering strategische besluitvorming

3 Achtergrond en doelstelling van het project

3.1 Introductie

Bij veel industriële processen wordt ontwateren, drogen en selectief verwijderen van opgeloste stoffen gebruikt voor het concentreren en isoleren van producten, het scheiden van vloeistofmengsels en het ontwateren van vaste stoffen. Vaak worden hiervoor energie-intensieve verdampingsprocessen zoals meertrapsverdamping, destillatie en sproeidrogen gebruikt. Om de energietransitie, inclusief een aanzienlijk verminderde CO₂-footprint, te realiseren, is een combinatie van elektrificatie en verbeterde energie-efficiëntie van thermische processen nodig voor het drogen en ontwateren van industriële stromen. Door de papier- en procesindustrie wordt gevraagd om nieuwe en innovatieve droog- en ontwateringstechnieken die breed inzetbaar zijn. In de afgelopen jaren zijn diverse van deze nieuwe technologieën, zoals airless drying, elektrodialyse en pervaporatie, ontwikkeld tot TRL 4-5. Er zijn echter twee belangrijke barrières die de verdere ontwikkeling van deze technologieën tot TRL 5-6 en marktintroductie belemmeren. Ten eerste zijn voor eindgebruikers de technologieën onvoldoende bewezen en is de business case onvoldoende duidelijk voor een investeringsbesluit. Ten tweede speelt voor systeemintegratoren en EPCs de onbekendheid met de technologie/het product een rol, waardoor integratie in bestaande systemen niet altijd eenvoudig is.

3.2 Doelstelling van het project

Het doel van het project 'Process efficient solid and liquid dewatering and drying (SOLIDARITY)' is om de industrie te helpen om te voldoen aan de klimaatdoelstellingen, door de efficiency van hun industriële processen te verbeteren middels het demonstreren van kosteneffectief drogen en ontwateren door technologie ontwikkeling en innovaties in vloeistof-vaste stof en vloeistof-vloeistof-scheidingen te combineren.

Het einddoel van de ontwikkeling, waar het SOLIDARITY project een belangrijke stap in moet maken, is om op termijn de warmtevraag in de industriële processen met 30-40% te verlagen en meer duurzame elektriciteit te gebruiken. Het emissie reductiepotentieel wordt daarmee circa 3-5 Mton CO₂ per jaar uitgaande van duurzaam (CO₂-neutraal) opgewekte elektriciteit. Eerste implementatie van de sleuteltechnologieën is voorzien in 2030.

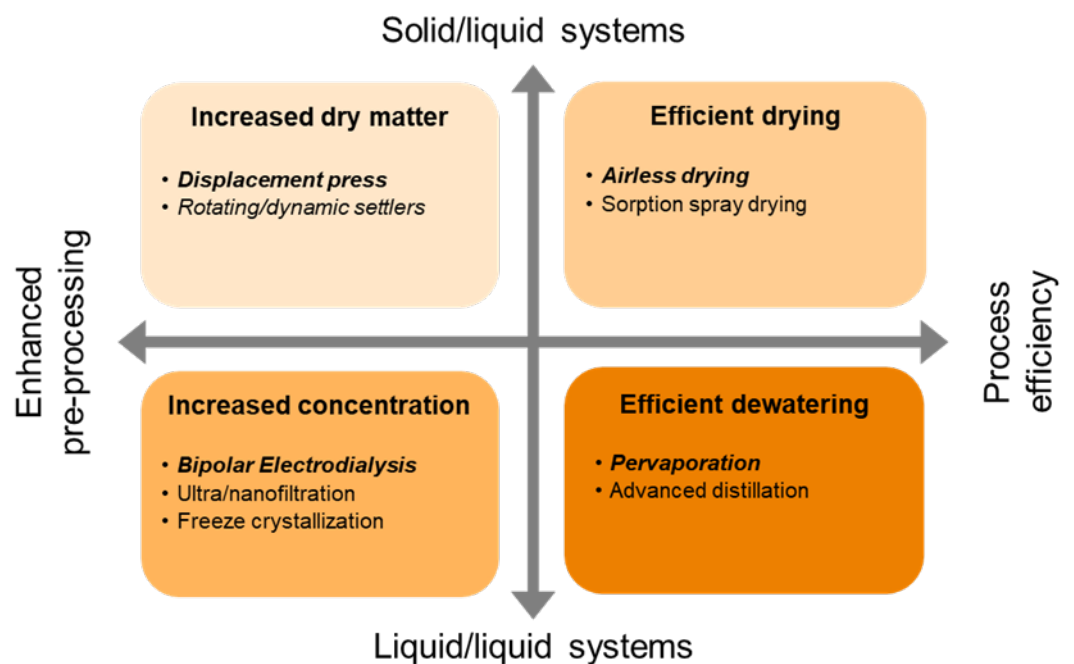
4 Werkwijze en resultaten

4.1 Werkwijze

Het project zal de volgende resultaten opleveren:

- Drie herhaalbare sleuteltechnologieën ontwikkeld voor drogen en ontwateren en verificatie van de prestaties;
- Innovatieve droog- en ontwateringstechnologieën geïntegreerd in 2 processen (hergebruik van zoutstromen en papierproductie) en betrouwbaar werkend in industriële omgeving;
- Een nieuw besluitvormingsmodel voor innovatieve droog- en ontwateringstechnologieën, inclusief economische en strategische overwegingen;
- Een roadmap voor actoren uit de industrie om de impact in Nederland te maximaliseren;
- Verspreide technische en niet-technische inzichten over het industriële netwerk.

De herhaalbare sleuteltechnologieën die moeten worden ontwikkeld voor TRL5-6 zijn vetgedrukt weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1: Matrix met de onderzoeksgebieden (kwadranten) en technologieën voor drogen en ontwateren van vloeistof/vloeistof- en vaste stof/vloeistof-systemen.

Het project is verdeeld in resultaten. De onderverdeling in resultaten is weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1: Overzicht van de resultaten en activiteiten

Resultaat	Korte beschrijving	Partners	Activiteiten
1	Efficiënt ontwateren van glycol op TRL5-6	Technip FMC, Pervatech, TNO	1.1 Business case 1.2 Lab/bench schaaltesten 1.3 Voorbereiding veldtesten 1.4 Roadmap
2	Efficiënt hergebruik van zoutstromen op TRL5-6	Carbogen, WFBR, Water Future	2.1 Programma van Eisen voor (BPED) prototype 2.2 Geselecteerde commerciële membranen en voorbehandeling 2.3 Ontwerp, constructie en testen met geïntegreerde prototype 2.4 Gevalideerde geïntegreerde prototype op locatie 2.5 Waarde propositie CARBOGEN en BPED technologie 2.6 Roadmap
3	Efficiënte papierproductie met verbeterde ontwatering en drogen op TRL5-6	ESKA Huhtamaki VNP TNO	3.1 Evaluatie ontwateren & drogen 3.2 Ontwateringstechnologieën 3.3 Droogtechnologieën 3.4 Herontworpen processen inclusief integratie 3.5 Roadmaps voor verdere ontwikkeling
4	Impact in Nederland	RUG, TNO, alle partners	4.1 Modelering strategische besluitvorming 4.2 Modelering onzekerheid in investeringsbesluiten 4.3 Impact analyse 4.4 Roadmap drogen en ontwateren
5	Learning community, publicaties en disseminatie	VNP, WFBR, TNO	5.1 Coördinatie van learning communities 5.2 Publicatie & Disseminatie

In SOLIDARITY worden drie herhaalbare sleuteltechnologieën ontwikkeld in drie specifieke toepassingen: glycol ontwatering, hergebruik van zoutstromen en papierproductie voor vier verschillende eindgebruikers (TechnipFMC, Carbogen, Eska, Huhtamaki). TNO, VNP, Pervatech en WFBR richten zich op modellering van de transportmechanismen voor water in papier, het screenen en verbeteren van membranen en het testen van de verbeterde sleuteltechnologieën (airless drying, pervaporatie en elektrolyse) op lab/bench schaal in o.a. het TNO Mollier lab voor drogen en ontwateren. Voor de veldtesten worden bestaande machines (Huhtamaki, Eska) omgebouwd c.q. aangepast en nieuwe geïntegreerde prototypes ontworpen en gebouwd (WaterFuture, WFBR). Vervolgens worden de sleuteltechnologieën enkele maanden op locatie getest met industriële mengsels en procescondities. Samen met de eindgebruikers wordt een evaluatie gemaakt van het technisch-economische potentieel in hun processen en het herhaalpotentieel in Nederland en de EU. De resultaten zullen worden gecombineerd met het bepalen van de stappen die nodig zijn voor verdere implementatie om de impact in Nederland te maximaliseren. In deze roadmap zullen ook niet-technologische inzichten worden

meegenomen, die o.a. voortkomen uit de modellering van strategische besluitvormingsprocessen (RUG) en onzekerheid (financieel, ecologisch) in investeringsbeslissingen (TNO).

In de rapportage periode 1 en 2 zijn de onderstaande mijlpalen en go-nogo besluiten gepland. Mijlpalen 2 en 5 zijn gepland voor rapportage periode 3, respectievelijk in maand 30 en maand 35.

<p>Mijlpaal 1 (M18)</p> <p>Behaalde resultaten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Drie herhaalbare sleuteltechnologieën ontwikkeld voor drogen en ontwateren en verificatie van de prestaties op lab/bench schaal. <p>Motivatie:</p> <p>Op dit punt in het project hebben alle sleuteltechnologieën die in de praktijk worden getest, een experimenteel programma op laboratoriumschaal ondergaan en hebben aangetoond dat de prestaties voldoen aan de doelstellingen.</p>
<p>Mijlpaal 3 (M6)</p> <p>Behaalde resultaten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Key actoren, prestatie-indicatoren, input en output parameters voor strategische/onzekerheid/impact modellen en roadmap bepaald. <p>Motivatie:</p> <p>Afstemming over key actoren, prestatie-indicatoren, input- en outputparameters voor strategische/onzekerheid/impactmodellen en roadmap is nodig voordat de modellering en roadmapping begint.</p>
<p>Mijlpaal 4 (M24)</p> <p>Behaalde resultaten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nieuwe beslismodellen voor innovatieve technologieën. <p>Motivatie:</p> <p>De ontwikkelde beslismodellen zijn gevalideerd en kunnen worden toegepast voor innovaties en investeringen in drogen en ontwateren.</p>
<p>Mijlpaal 6 (M24)</p> <p>Behaalde resultaten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Industriële eindgebruiker betrokken bij glycoldehydratie en veldtestvoorbereiding. <p>Motivatie:</p> <p>Er is locatie specifieke input nodig om een vervolgveldtest verder voor te bereiden.</p>
<p>Go/no-go 1 (M18)</p> <p>Op basis van de resultaten van activiteiten 2.2 en 2.3 wordt een Go/NoGo-beslissing genomen of de prestaties van de prototype BPED-installatie voldoen aan de doelstellingen en kunnen veldtesten bij Carbogen starten (activiteit 2.4).</p>
<p>Go/no-go 2 (M12)</p> <p>Op basis van de testresultaten op laboratoriumschaal, modellering en een evaluatie van een testprogramma zal een Go/NoGo-beslissing worden genomen om experimenten uit te voeren op operationele of experimentele faciliteiten in activiteit 3.2 en 3.3.</p>

4.2 Uitgevoerde activiteiten en behaalde resultaten in rapportage periode 2

Resultaat 1: Efficiënt ontwateren van glycol op TRL5-6

Doel

- Het belangrijkste doel is om de operationele kosten van aardgasdrogen te verlagen, de CO₂ (en CH₄) uitstoot te verminderen, de waterverwijdering uit glycol te verbeteren en de positieve impact van dit op pervaporatie gebaseerde proces op de CO₂ verwijdering uit aardgas te verifiëren.

Behaalde resultaten

- Membranen gemaakt door TNO en Pervatech voor het testen van procesmengsels;
- Labschaal pervaporatietesten voor ontwatering van triethyleenglycol (TEG) zijn voltooid en gerapporteerd.

Resultaatbeschrijving

HybSi membranen zijn door TNO en Pervatech ontwikkeld en geoptimaliseerd voor TEG ontwatering. Het verschil tussen de TNO en Pervatech HybSi membranen is dat de selectieve laag bij de TNO membranen aan de buitenkant van een keramische dragerbuis is aangebracht en bij Pervatech aan de binnenkant. Vervolgens zijn, zoals beschreven in het gedetailleerde testprogramma, de ontwateringsprestaties van de geoptimaliseerde membranen middels pervaporatietesten met procesmengsels geëvalueerd voor verschillende parameters. Zowel TNO als Pervatech hebben labschaaltesten uitgevoerd voor het ontwateren van TEG bij verschillende procestemperaturen (120 tot 190°C). De permeatieflex en selectiviteit van het HybSi-membraan zijn bepaald voor procesmengsels met verschillende watergehaltes, respectievelijk 25, 10 en 5 gew.%. Daarnaast heeft Pervatech het effect van de stroomsnelheid en vacuümdruk op de prestaties van de membranen onderzocht. Voor een maximale efficiency van het pervaporatie proces, zijn op basis van deze labschaal pervaporatietesten uiteindelijk de optimale temperatuur, stroomsnelheid en vacuümdruk geselecteerd. Met de experimentele resultaten is het pervaporatie proces gemodelleerd door TechnipFMC. Middels het Pervatool model, een simulatie tool voor de totale pervaporatie installatie, is vervolgens een geoptimaliseerde (in kosten en prestaties) configuratie en ontwerp voor de membraanmodules bepaald.

Knelpunten

Mijlpaal 6 (M24) is nog niet behaald. TechnipFMC heeft verschillende potentiële klanten in het Midden-Oosten en Azië benaderd om de technologie te presenteren. Daarnaast zijn er gesprekken met Europese aardgasproducenten over de veelbelovende experimentele resultaten, de voordelen van deze technologie en de mogelijkheid voor een pervaporatie veldtest met de HybSi technologie. Helaas heeft dit nog niet geleid tot een gecommitteerde industriële eindgebruiker voor de vervolg veldtest.

Perspectief voor toepassing

TEG ontwatering is de belangrijkste technologie voor aardgas ontwatering (70% van de markt in 2018). Tussen de 55-60% van de geproduceerde TEG wordt gebruikt voor deze toepassing. Er zijn 180.000-190.000 aardgas ontwateringsunits wereldwijd (40.000 in de VS). Pervaporatie kan dit proces verbeteren middels kostenverlaging (30% lagere CAPEX en 20-50% lagere OPEX) en door de energieconsumptie en broeikasgasuitstoot (methaan en CO₂) te verminderen. Mogelijk kan het ook een

verkleining van de footprint van de installatie geven en tot verhoging van de behandelingscapaciteit van TEG leiden.

Resultaat 2: Efficiënt hergebruik van zoutstromen op TRL5-6

Doel

- Vervanging warmte-intensieve processen door elektrisch aangedreven bipolaire membraan elektrodialyse (BPED), waardoor een aanzienlijke reductie wordt bereikt in afvalwaterlozing (circulair, watervoetafdruk), evenals in de inkoop van zwavelzuur en NaOH (circulair, materiaalhergebruik) en de warmteverbruik (duurzaam, verminderde CO₂-footprint).

Behaalde resultaten

- Ontwerp, constructie en eerste testen van het integrale prototype;
- Go 1 (M18) voor het starten van de veldtesten bij Carbogen (activiteit 2.4);
- Validatie van het integrale prototype op locatie.

Resultaatbeschrijving

Gebaseerd op het programma van eisen en de gescreende commerciële membranen hebben diverse labtesten plaatsgevonden. Hierbij is geconstateerd dat de vereiste specificaties voor zowel zuur en base gehaald kunnen worden zodat de producten voor Carbogen bruikbaar zijn en hergebruikt kunnen worden. Bovendien is gevonden dat de afvalwaterstroom (de voedingsstroom voor het prototype) een tweetal voorbehandelingsstappen nodig heeft: de opgeloste organische stoffen worden verwijderd met adsorptie en extractie terwijl de divalente ionen (calcium, magnesium) worden verwijderd met ionenwisseling. Op basis hiervan heeft Carbogen diverse batches voorbehandeld afwater gemaakt. Deze worden/zijn op locatie getest in een BPED-prototype.

Knelpunten

Carbogen vindt de voorgestelde voorbehandeling moeilijk te implementeren in de praktijk. Ze is op zoek naar alternatieven hiervoor.

Perspectief voor toepassing

Het BPED-proces voldoet aan de verwachtingen van Carbogen. De Value Proposition ziet er goed voor de (toekomstige) situatie dat de eisen voor de afvalwaterbehandeling worden aangescherpt. De voorbehandeling verdient echter aandacht omdat deze moeilijk implementeerbaar wordt geacht.

Het perspectief voor BPED is goed omdat het een generieke technologie is die ook voor velerlei andere applicaties geschikt is waarbij (afval)zout ontstaat door het vermengen van zure en basische stromen. Naast vermindering van de lozing van zout, wordt er ook bespaard op het gebruik van zuur en base, door het creëren van een circulair proces.

Resultaat 3: Efficiënte papierproductie met verbeterde ontwatering en drogen op TRL5-6

Doel

- Verhoging van de hoeveelheid water die mechanisch uit het papier wordt verwijderd;
- Verbetering de energie-efficiëntie van drogen en verhoging van de temperatuur voor warmteterugwinning (Airless drying);

- Nieuwe of verbeterde processen die gebruik maken van de onderzochte technologieën;
- Inzicht in de ontwikkelingsinspanningen en -risico's van nu tot implementatie.

Behaalde resultaten

- COMSOL modellen ontwateren vormpapier compleet. Labschaal experimenten voor validatie gedeeltelijk afgerond;
- COMSOL modellen drogen vormpapier en vlakpapier afgerond;
- Go 2 (M12) om experimenten uit te voeren op operationele faciliteiten voor Rough Molded Fiber in activiteit 3.3;
- Experimenten op operationele faciliteiten voor Rough Molded Fiber zijn afgerond;
- Warmtepomp gedreven Airless dryer voor Rough Molded Fiber ontworpen, roadmap gereed, voorstel voor ontwikkeling pilot machine in concept gereed;
- Risico's voor warmtepomp gedreven drogers geïdentificeerd en gemitigeerd.

Resultaatbeschrijving

Het modelleerwerk is afgerond, de aandacht verschuift naar validatie en procesverbetering. Er wordt gewerkt aan drie productgroepen, Smooth Molded Fiber, Rough Molded Fiber en vlakpapier. Van de drie is Rough Molded Fiber afgerond, voor Smooth Molded Fiber en vlakpapier ligt het zwaartepunt nu op modelvalidatie. Eerste ideeën voor verbeterde processen en het vervolg worden uitgewisseld.

Knelpunten

Het grootste knelpunt is experimenteel werk in de vlakpapier. Het team moet werken met productiemachines die a) de extreme condities die we in het project willen onderzoeken niet kunnen bereiken en b) beperkt beschikbaar zijn voor experimenteel werk. Go/no-go 2 voor veldtesten vlakpapier op de ESKA KM8 is nu gepland in de tweede helft 2023.

Perspectief voor toepassing

De papierindustrie staat op de vierde plaats in het wereldwijde industriële energieverbruik. Alle methoden en technieken die in WP3 zijn ontwikkeld, zullen de energiebehoefte van de papierproductie verminderen. Bovendien moeten alternatieven met de inkomende richtlijn voor eenmalig gebruik van plastic duurzaam en energiezuinig zijn. De toepasbaarheid van dit onderzoek betreft alle papierfabrieken en papierverwerkers.

Resultaat 4: Impact in Nederland

Doel

- Inzicht in de strategische impact van de SOLIDARITY-technologieën;
- Afstemming van commerciële en duurzaamheidsdoelstellingen.

Behaalde resultaten:

- Investeringsmodel dat omgaat met onzekerheid is afgerond.

Resultaatbeschrijving

- Activiteit 1: Modeling strategic decision making
Een postdoc van de RUG heeft afgelopen jaar gewerkt aan het bouwen van een multi-attribute model/ Utility model. Input voor het model is deels vergaard via

een workshop in één van de fysieke consortium meetings. Vragen die in deze meeting beantwoord moesten worden:

- Maak een lijst met objectieven die bepalend zijn in de aanschaf van droog- en ontwateringstechnologieën van het perspectief van verschillende industrieën.
- De objectieven moeten vervolgens in hiërarchie geplaatst worden.

De input van deze bijeenkomst is gebruikt om in een model te zetten. Dit model is nog in ontwikkeling.

- Activiteit 2: Modeling uncertainty

Een investering model dat omgaat met onzekerheid is ontwikkeld in nauwe samenwerking met stakeholder WaterFuture. Via interviews is de bruikbaarheid van het model getest bij de andere stakeholders.

- Activiteit 3: Impact analysis

Via interviews met de partners uit het consortium zijn gegevens over de technologieën verzameld. Voorbeelden van kwantitatieve gegevens die nodig zijn als input voor het model zijn: kosten voor investering, type sector die vraag zal hebben naar deze technologie, energievraag vóór de implementatie van de technologie, verwachte energieafname na implementatie van de technologie en verwachte afname in CO₂-emissies.

Op basis van deze gegevens is de verzamelde input in het format van het model gezet. Daarnaast zijn gegevens verzameld voor het basis-pad van het model (welke relevante veranderingen gaan sowieso plaatsvinden, die we voor de toekomstverwachting tot 2050 mee willen nemen). Op dit moment is men bezig met het implementeren van de input in het model.

- Activiteit 4: Defining a roadmap

Nog geen nieuwe resultaten op deze activiteit.

Knelpunten

- Activiteit 1: Modeling strategic decision making

Mijlpaal 4 (M24) is nog niet behaald. De Postdoc is in april 2023 gestopt met haar werk aan de RUG. Er is nog geen nieuwe vervanging gevonden.

- Activiteit 3: Impact analysis

De input die verzameld was via literatuurstudies en via partners in het project varieerde erg sterk. De kwaliteit van de input bepaald ook de kwaliteit van de output.

Perspectief voor toepassing

Het investeringsmodel ontwikkeld in activiteit 2 is specifiek ontwikkeld voor investeerders in onzekere technologieën. Het model moet nog getest worden op bruikbaarheid en praktisch toepasbaarheid door andere partners in het consortium. Daarna is het een praktische tool die de simpele ‘net present value’ methode – waar normaal gesproken investeringsbeslissingen op gebaseerd worden – kan vervangen.

Resultaat 5: Learning community, publicaties en disseminatie

Doel

Het doel van de learning community is kennis vergaren, uitwisselen en experimenteren om de transitie naar efficiënt drogen en ontwateren te versnellen.

Behaalde resultaten

- Presentaties bij de Technologierring Paper & Board & EuroDrying 2023;
- Twee studentprojecten met de Hogeschool Utrecht afgerond;
- Workshop georganiseerd met MOOI project The Heat is On (M20).

Resultaatbeschrijving

Alle consortium partners zijn aangesloten bij een of meer relevante werkgroepen en programma's, zoals het NWGD, ISPT programma Drogen en ontwateren en NL-GUTS. In de vorige rapportage periode is door het consortium besloten om samenwerking aan te gaan met deze initiatieven via nuttige sessies en op die manier aan te sluiten bij de huidige learning communities.

In de rapportageperiode is de samenwerking met hogescholen versterkt middels stageplekken voor studenten en student projecten. Zes HBO studenten hebben stage gelopen bij partners WaterFuture, Carbogen en Huhtamaki. Daarnaast zijn er twee projecten voor SOLIDARITY uitgevoerd door twee studententeams van de Hogeschool Utrecht op gebied van biogasdrogen (begeleid door TNO) en recycling van afvalwater (begeleid door Carbogen). Een overzicht van de studentenopdrachten staat in Tabel 2. Tijdens de F2F consortium meeting op 30 maart 2023 heeft Michiel van de Stelt (Hogeschool Utrecht) de strategische kennisagenda van het ILC gepresenteerd en verdere samenwerking in de vorm van een learning community besproken met de SOLIDARITY partners.

De Koninklijke VNP (Nederlandse Vereniging van Papier en Karton) en Millvision organiseren twee keer per jaar Technologierring bijeenkomsten waaraan senior technologen uit de hele papierindustrie deelnemen om de nieuwste ontwikkelingen te presenteren en te bespreken. In november 2022 bekroonde de jury het ontwikkelingswerk op het gebied van airless drying, onderdeel van Resultaat 3 in het SOLIDARITY project. Anton Wemmers van Huhtamaki nam namens het consortium de award in ontvangst (zie Figuur 2). De recente projectresultaten zijn in de laatste Technologierring bijeenkomst op 28 juni gepresenteerd.



Figuur 2: Uitreiking Technologie Kring Award November 2022 [bron: technologiekring.nl]

Op 13 april 2023 is een gezamenlijke workshop met het MOOI project THIO tijdens de ISPT Warmte integratie platform meeting gehouden, waar de drie SOLIDARITY use cases zijn gepresenteerd door Pervatech, WaterFuture en Huhtamaki. Disseminatie wordt beschreven in Hoofdstuk 7.

Tabel 2: Overzicht studentenopdrachten binnen SOLIDARITY

Organisatie	Type	Opdracht	Hogeschool/ Universiteit	Periode
WaterFuture	Stage	Weifang BPM Performance	Avans University of Applied Sciences	sept 2021- maart 2022
Carbogen	Stage	Pretreatment of wastewater	Hogeschool Van Hall Larenstein	juni 2022 - nov 2022
Huhtamaki	Stage	Modelling the air permeability of smooth molded fiber sheets	HAN University of Applied Science	sept 2022 - dec 2022
Carbogen	Stage	Pretreatment of wastewater	Avans University of Applied Sciences	sep 2022 - feb 2023
WaterFuture	Stage	Current efficiency ED-BPM 3 cell compartment	Avans University of Applied Sciences	feb 2023 - juli 2023
WaterFuture	Stage	ED-BPM 2 cell , new industrial applications	Avans University of Applied Sciences	feb 2023 - juli 2023
Carbogen	Stage	EDBM unit optimization	Hogeschool Utrecht	feb 2023 - juli 2023
Carbogen	Studenten team	Process optimization and design	Hogeschool Utrecht	feb 2023 - juni 2023
TNO	Studenten team	Dewatering of glycol used for biogas dehydration	Hogeschool Utrecht	feb 2023- juni 2023
Rijksuniversiteit Groningen	Postdoc	Modeling strategic decision making	Rijksuniversiteit Groningen	mei 2022 – april 2023

Knelpunten

De nieuwsbrief (M18) is vertraagd en wordt in september 2023 uitgebracht.

5 Bijdrage aan de doelstelling van de regeling

Het innovatiethema, dat valt binnen de scope van het SOLIDARITY-project, is Maximaliseren van procesefficiëntie bij drogen en ontwateren. De algemene doelstelling van de ontwikkeling binnen dit thema, waarin het SOLIDARITY-project een belangrijke stap maakt, is gericht op de ontwikkeling van kosteneffectieve membranen en drukgedreven componenten en de ontwikkeling van nieuwe energie- en kosteneffectieve technologieën en systemen.

Het SOLIDARITY project levert een concrete bijdrage geleverd aan de hierboven beschreven doelstelling. Er wordt veel kennis en kunde ontwikkeld betreffende droog- en ontwateringsprocessen in de farmaceutische industrie, olie- en gasektor en de papierindustrie. Hiermee wordt de kennispositie voor Nederland op dit gebied sterk uitgebreid, hetgeen een goed uitgangspunt biedt om de toeleveringsketen voor eindgebruikers en technologieleveranciers nog beter vorm te geven in de nabije toekomst.

Het einddoel van de ontwikkeling, waar het SOLIDARITY project een belangrijke stap in moet maken, is om op termijn de warmtevraag in de industriële processen met 30-40% te verlagen en meer duurzame elektriciteit te gebruiken. Het emissie reductiepotentieel wordt daarmee circa 3-5 Mton CO₂ per jaar uitgaande van duurzaam (CO₂ neutraal) opgewekte elektriciteit. Eerste implementatie van de sleutel technologieën is voorzien in 2030.

Een overzicht van de SOLIDARITY toepassingen/use cases, potentiële CO₂-emissiereductie en de herhaalbaarheid van de sleuteltechnologieën wordt gegeven in Tabel 3.

Tabel 3: Overzicht toepassingen/use cases, potentiële CO₂-emissiereductie en de herhaalbaarheid

Use case/ toepassing	Sleuteltechnologie	Potentiële CO ₂ emissie reductie	Herhaalbaarheid
Glycol ontwatering	Pervaporatie is een membraanproces voor het scheiden van vloeistofmengsels van door gedeeltelijke verdamping door een niet-poreus of poreus membraan.	NL: glycol 32,5, totaal 400 kton CO ₂ /jaar EU, WW: 3,6, 18,6 Mton CO ₂ /jaar	Huidige toepassingen van pervaporatie zijn ontwatering van oplosmiddelen, waterzuivering en scheiding van organische mengsels. De totale markt zal naar verwachting toenemen tot US \$ 1,71 miljard in 2020.
Hergebruik van zoutstromen	Bipolaire membraan elektrolyse is een combinatie van elektrolyse voor zoutscheiding met	NL: 190 kton CO ₂ /jaar	Huidige toepassingen van (BP)ED zijn terugwinning van kostbare elektrolyten of zuren uit

Use case/ toepassing	Sleuteltechnologie	Potentiële CO ₂ emissie reductie	Herhaalbaarheid
	watersplitsing voor de omzetting van een zout in zijn overeenkomstige zuur en base.		metallurgische spoelbaden, productie van zuur en basen uit pekelen en demineralisatie van zuivelproducten.
Papier productie	Verdringingspersen is een papier ontwateringsproces waarbij lucht door een vel papier wordt geblazen terwijl het wordt geperst. Airless en elektrische droogconcepten verhogen de temperatuur van de warmteterugwinning.	NL: 400 kton CO ₂ /jaar	Huidige toepassingen van airless en elektrische stralingsdrogers zijn in de voedingssector om grondstoffen te drogen.

6 Spin off binnen en buiten de sector

Er is tijdens rapportageperiode 2 geen spin-off binnen of buiten de sector gerealiseerd.

7 Disseminatie

In rapportage periode 2 zijn op verschillende gelegenheden de verkregen resultaten en kennis gedeeld:

- Presentatie Technologiekring Paper & Board, 23/24 november 2022
- Workshop bij de ISPT Warmte Integratie platform, 13 april 2023
- [LinkedIn](#) posts (51 followers)
- Presentatie Technologiekring Paper & Board, 28/29 juni 2023
- Twee presentaties op de 8th European Drying Conference, 4-7 juli 2023:
 - Modelling of the papermaking process under air-less drying conditions - Wouter de Vries, Jochem Jongerius, Michel van der Pal
 - Experimental setup for measuring drying of molded fiber under near airless conditions - Michel van der Pal, Simon Smeding, Anton Wemmers

8 Handtekening

S. van Loo
Research Manager

Y.C. van Delft
Project manager (auteur)