

SLIMMER (HER)GEBRUIK VAN WATER

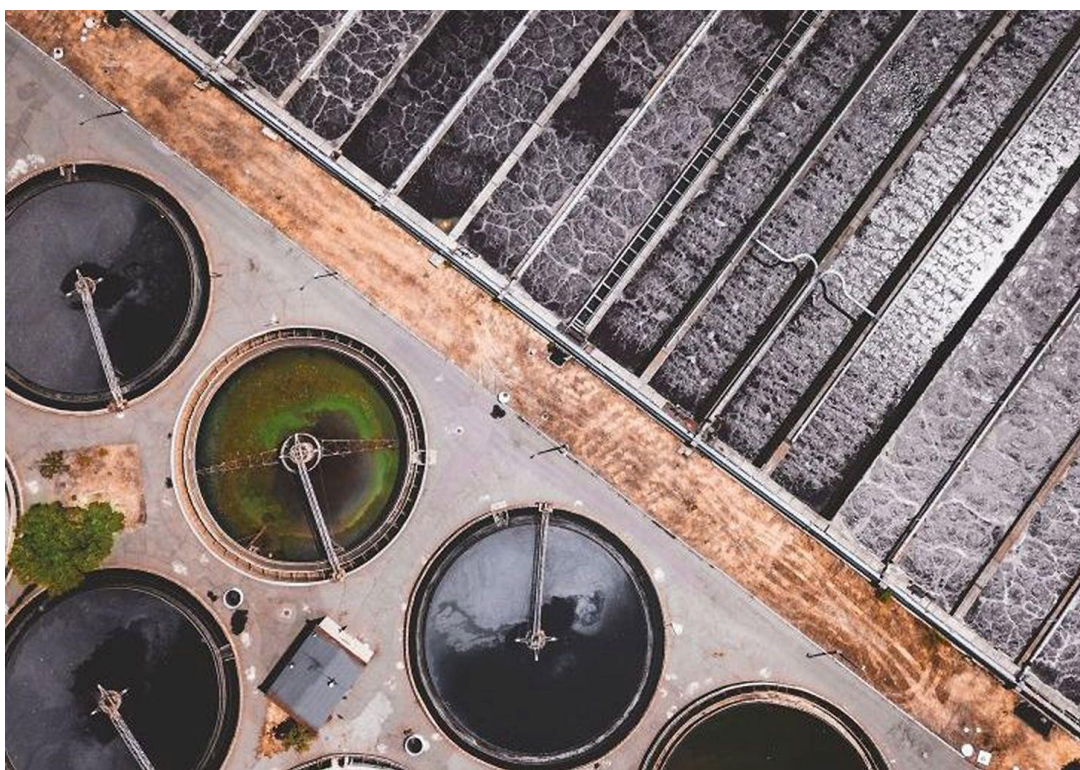
CIRCULAIRE SYMBIOSE TUSSEN DE INDUSTRIE EN DE WATERSECTOR

Voldoende water van de juiste kwaliteit is een eerste levensbehoefte. Alle bedrijfstakken zijn hiervan afhankelijk. De beschikbaarheid van voldoende water gold lang als een gegeven. Echter, door een combinatie van factoren, zoals klimaatverandering en immer toenemende vraag, is het noodzakelijk om op een andere manier met water om te gaan. Het Europese onderzoeksproject ULTIMATE, gecoördineerd door KWR Water Research Institute uit Nieuwegein, werkt aan het hergebruik van water in een industriële context.

Joep van den Broeke,
Tavishi Guleria, Emile Cornelissen,
Martin Bloemendal en
Gerard van den Berg
(KWR Water Research Institute)

INDUSTRIËLE SYMBIOSE

De droge zomers van de afgelopen jaren hebben laten zien dat het knelt op het gebied van water. Lage rivierafvoer zorgde voor beperkingen in de scheepvaart en lage grondwaterstanden zorgden voor beregeningsverboden. Dit leidt er ook toe dat vergunningen voor het gebruik van grondwater beperkt worden en dat in verschillende regio's in het land bedrijven al een (nieuwe) aansluiting geweigerd is. Een mogelijkheid om de beschikbare hoeveelheid water te vergro-



Het ULTIMATE project stimuleert het hergebruik van afvalwater en het (terug)winnen van grondstoffen en energie uit afvalwater in industriële context

ten is hergebruik. In het Europese onderzoeksproject ULTIMATE (indUstry waterutiLiTy symbiosis for a sMarter wATer society) werken 29 organisaties uit Europa samen aan het versnellen van de implementatie van een Water Smart Industriële Symbiose (WSIS).

ULTIMATE: HET PROJECT

Het ULTIMATE project stimuleert het hergebruik van afvalwater en het (terug)winnen van grondstoffen en energie uit afvalwater in industriële context. Dit gebeurt primair door het grootschalig demonstreren van technologische oplossingen voor hergebruik in een viertal sectoren: agri-food, levensmiddelen en dranken, (petro)chemische industrie en de biotechindustrie. Industriële partijen, waterbedrijven/nutsbedrijven en technologieleveranciers wer-

ken samen in negen casestudies (Figuur 1) om de haalbaarheid van circulaire concepten en geschikte samenwerkingsvormen aan te tonen.

Voorbeelden van in de casestudies onderzochte oplossingen zijn:

- een zero liquid discharge afvalwatermanagementsysteem gebaseerd op reverse osmose en membraandistillatie voor chemiecluster Tarragona (Spanje);
- winning van waardevolle stoffen, zoals antioxidanten, uit proceswater van een vruchtensapproducent met behulp van selectieve adsorptie en superkritisch waterextractie (Griekenland);
- terugwinnen van zwavel uit het waswater van rookgassen van de afvalverbranding bij chemiecluster Saint-Maurice-l'Exil (Frankrijk).



Projectteam bij het biogastankstation op de afvalwaterzuivering in Lleida (Spanje), onderdeel van één van de negen casestudies in ULTIMATE

ULTIMATE richt zich daarbij expliciet niet alleen op het demonstren van technologische oplossingen, maar ook op het bevorderen van bredere toepassing ervan door overdracht van praktische ervaringen en expertise naar verschillende industrieën en regio's. Dit gebeurt onder meer via de Digital Marketplace, waar de projectuitkomsten zoals factsheets over de technologieën en digitale tools te vinden zijn (mp.watereurope.eu). Ook worden door de vereiste randvoorwaarden voor replicatie, geschikte contractvormen voor WSIS en passende wet- en regelgeving bestudeerd en besproken met de Europese Commissie. In dit artikel gaan we verder in op de pilots die in de Nederlandse casestudy plaatsvinden.

NEDERLANDSE CASESTUDY: GLASTUINBOUW

Voor de Nederlandse glastuinbouwsector is regenwater de belangrijkste bron van water voor het irrigeren van planten in de kassen. Er is echter een disbalans tussen vraag en aanbod – het meeste water valt in de winter terwijl de behoefte het grootst is in de zomermaanden. In toenemende mate is er een tekort aan regenwater in de maanden juni–augustus, als de in de winter opgebouwde voorraden uitgeput raken. Het gebruik van alternatieven zoals grondwater, oppervlaktewater en drinkwater zijn om verschillende redenen,

zoals vergunningen en kosten, maar beperkt mogelijk.

Daarom zet de sector steeds sterker in op hergebruik – de planten nemen slechts een deel van het water op, de rest stroomt als zgn. drainwater weg. Door dit drainwater op te vangen en te zuiveren kan het opnieuw als gietwater worden gebruikt. Een veelgebruikte techniek voor het zuiveren van dit drainwater is reverse osmose (RO) waarbij water onder druk door een semipermeabel filter wordt

geperst dat vrijwel alle inhoudsstoffen uit het water verwijdert. Het gebruik van RO is echter energie-intensief en levert een geconcentreerde afvalstroom op (brine), die moeilijk losbaar is en die waardevolle stoffen bevat. Daarom onderzoekt ULTIMATE een alternatieve manier voor de zuivering van het drainwater die met een geringere energetisch input toch hoge kwaliteit gietwater produceert door selectief de ongewenste stoffen te verwijderen. De daarvoor gebruikte techniek is elektro-dialyse.

WAT IS EEN WSIS?

Industriële symbiose is een manier van samenwerking tussen bedrijven waarbij de ene partij het afval van de andere inzet als grondstof. In het geval van WSIS is er sprake van een specifieke vorm van symbiose waarin water of afvalwater centraal staat. Daarin kunnen ofwel het water, of de energie of grondstoffen die erin aanwezig zijn, hergebruikt worden in een industriële context. Door op deze manier samen te werken aan hergebruik van (schaarse) grondstoffen dragen industriële partijen bij aan het realiseren van een circulaire economie.



Figuur 1: Overzicht van de casestudylocaties in ULTIMATE



Pilot plant op locatie bij De Vlot

Electrodialyse is een proces waarbij ionen zich onder invloed van een elektrisch veld door een semipermeabel membraan bewegen.

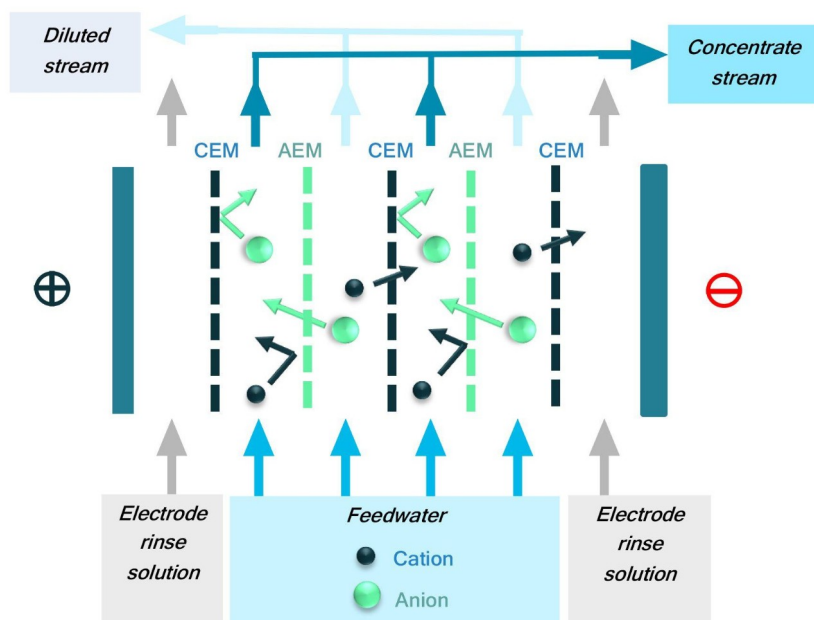
De geladen componenten die aanwezig zijn, zoals de anorganische zouten, worden richting de kathode en anode getrokken, waarbij de membranen selectief kationen of anionen doorlaten (Figuur 2). Hierdoor blijven in de verdunde oplossing het water en niet geladen stoffen over.

Door variaties in de procesomstandigheden aan te brengen, zoals de spanningsgradiënt of de keuze van membranen, kan de selectiviteit van de scheiding worden aangepast. In ULTIMATE onderzoeken we wat er met selectieve scheiding te bereiken is onder praktijkomstandigheden in de glastuinbouw. Hoewel electrodesalatie in industriële context geen nieuwe toepassing is, vormt de glastuinbouw een specifieke uitdaging. De belangrijkste inhoudsstof die zich bij hergebruik dreigt op te hopen is natrium. Dit natrium dient dus verwijderd te

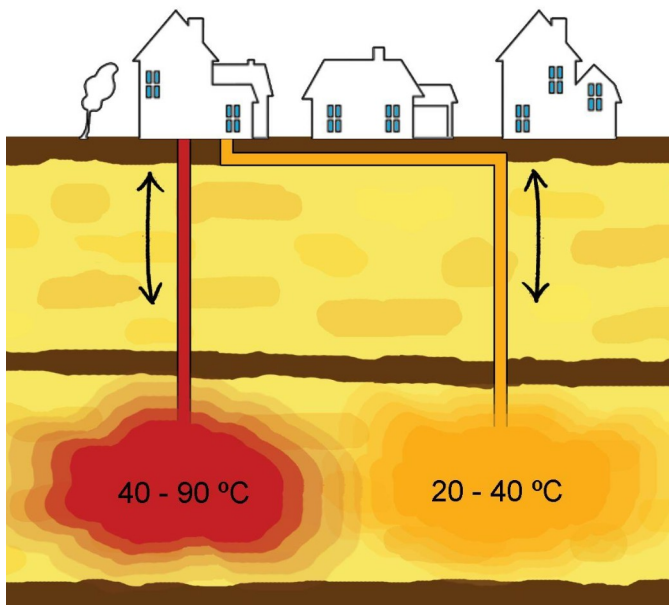
ULTIMATE ONDERZOEKT MANIEREN OM MET ELEKTRODIALYSE DE SELECTIEVE SCHEIDING VAN NATRIUM TE BEWERKSTELLEN

worden. Echter, het drainwater bevat nog aanzienlijke concentraties nutriënten, waaronder kalium, stikstof (voornamelijk nitraat) en fosfor (voornamelijk fosfaat), die interessant zijn voor hergebruik. De selectieve verwijdering van natrium was tot op heden niet mogelijk. Dit is mede het gevolg van het kleine verschil in elektrische en fysische eigenschappen van natrium – identieke lading en bijna identieke diameter van het gehydrateerde ion.

ULTIMATE onderzoekt manieren om met electrodesalatie deze selectieve scheiding te bewerkstelligen. Eerst met een testopstelling in het laboratorium bij KWR en daarna met een pilot plant bij de Coöperatieve Tuinbouw Waterzuivering De Vlot in 's-Gravenzande. De waterzuivering bij De Vlot is een specifiek voor de tuinbouw ingerichte waterzuivering die het afvalwater van 60 tuinders centraal zuivert. Momenteel



Figuur 2: Schematische weergave van het electrodesalatieproces (CEM = kation exchange membrane, AEM = anion exchange membrane)



Figuur 4: Schematische weergave van de werking van HTO. Tijdens warmtelevering wordt er grondwater onttrokken uit de hete bron, deze warmte wordt afgegeven aan het warmtenet en het afgekoelde water wordt opgeslagen in de warme bron. Tijdens warmteopslag gebeurt het omgekeerde. Er is dus geen netto onttrekking van grondwater



Boorwerkzaamheden voor het geothermieproject Trias Westland, met op de voorgrond de boorinstallatie waarmee het bodemonderzoek voor de HTO haalbaarheidsstudie is uitgevoerd

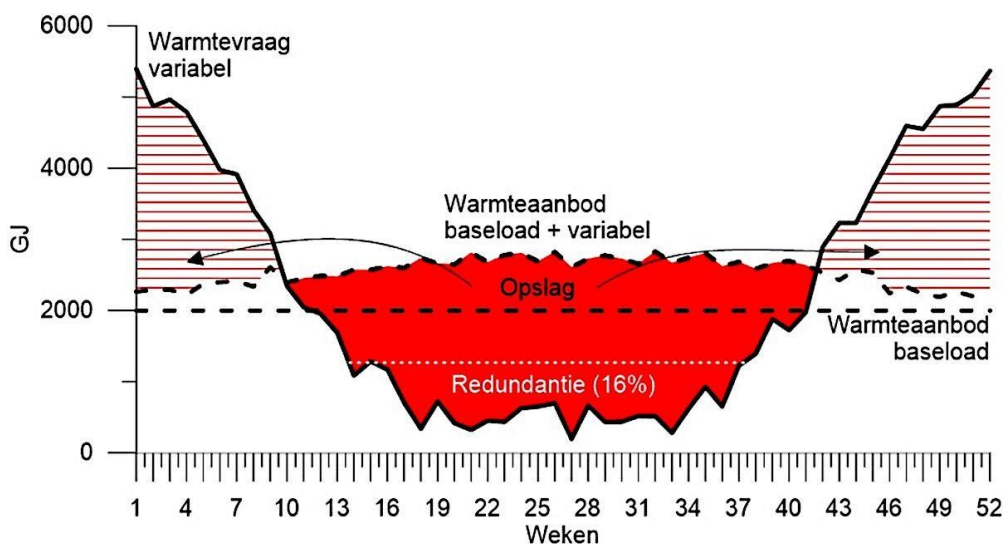
loost men daar het gezuiverde water nog op het riool, maar bij succesvolle ontwikkeling van de elektrolyse methode zou dit water, zo'n 40 m³ per uur, hergebruikt kunnen worden. De pilot bij De Vlot vindt plaats in samenwerking met Glastuinbouw Nederland, het ondernemersnetwerk van de glastuinbouwsector.

WATER EN ENERGIEOPSLAG

Naast water en nutriënten kijkt ULTIMATE ook naar de relatie tussen water en energie. Energie is de grootste kostenpost in de Nederlandse glastuinbouw, waarbij

ze primair afhankelijk is van aardgas. Met Warmte Kracht Koppelingen (WKK's) maken veel tuinders van gas warmte, stroom (voor belichting) en CO₂ (voor groei). Het is voor tuinders dus extra lastig omdat er geen duurzaam alternatief is voor die WKK die zowel duurzame warmte, stroom en CO₂ levert. De sector zal desondanks een transitie naar duurzame energiebronnen moeten doormaken. Daarbij speelt echter hetzelfde probleem als bij de beschikbaarheid van regenwater – er is geen balans in vraag en aanbod. In de kassen is hoofdzakelijk

behoefte aan warmte in de winter maanden, terwijl (duurzame) warmte juist in de zomer overvloedig beschikbaar is. Een energiebron die constante output levert – geothermie – is weliswaar in ontwikkeling in de regio Westland, maar ook deze levert in de zomer maanden meer warmte op dan benodigd (Figuur 3). Een manier om in de zomer deze overtollige warmte op te slaan is met Hoge Temperatuur Open-bodemenergiesysteem (HTO). Via een dergelijke opslag kan overtollige warmte uit de zomer maanden voor gebruik in de winter beschikbaar gemaakt worden.

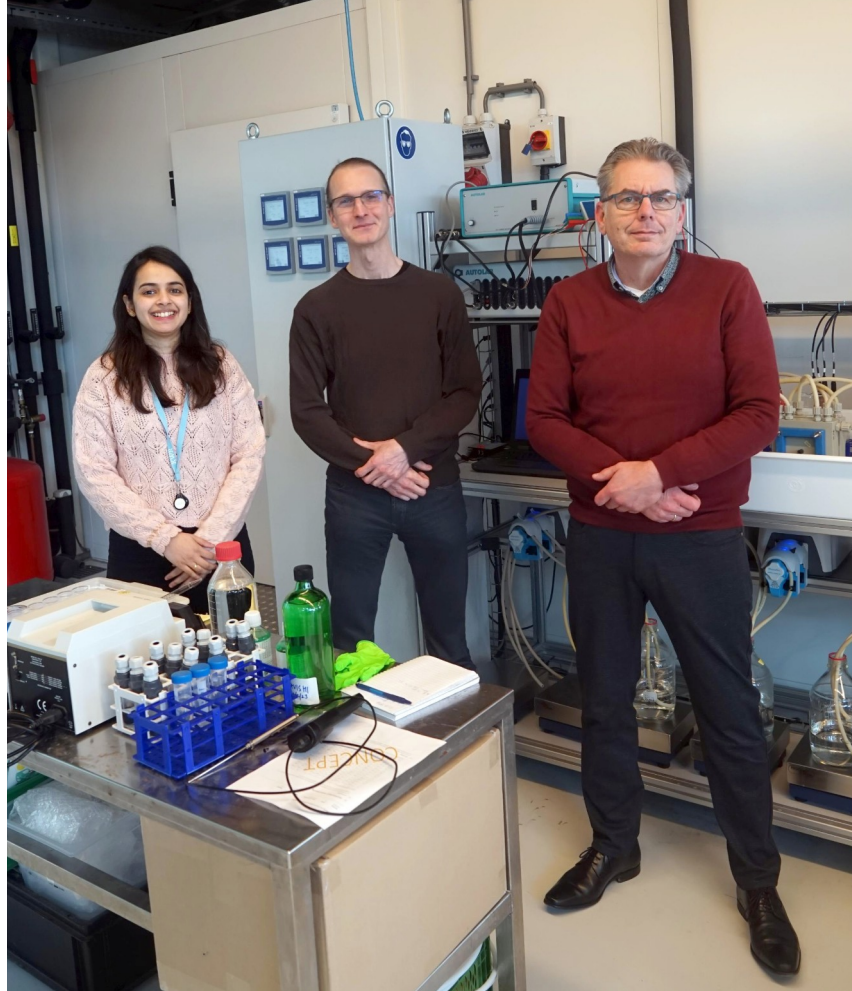


Figuur 3: Voorbeeld van seizoensvariatie van de warmtevraag gedurende een jaar en de temporele mismatch tussen aanbod van en vraag naar warmte op basis van aanbod via een constante baseload (bv. restwarmte of geothermie)

Een HTO bestaat uit één of meerdere paren van grondwaterputten aangebracht in een grondwaterpakket. Ieder paar bestaat uit een warme bron en een hete bron. De warme bron produceert in de zomer grondwater waarvan met behulp van een warmtewisselaar de temperatuur verhoogd wordt. Dit gebeurt door gebruik te maken van beschikbare restwarmte, in dit geval geothermie, maar dit kan ook een andere bron van warmte zijn.

De tweede grondwaterput (hete bron) slaat dit water, en de thermische energie die het heeft opgenomen, ondergronds weer op. Wanneer de warmte gebruikt moet worden, draait de werking van het systeem om en onttrekt de warmtewisse-

DE SUCCESVOLLE OPSCHALING VAN CIRCULAIRE TECHNOLOGIEËN VEREIST EEN VERANDERING VAN LINEAIR NAAR CIRCULAIR DENKEN DOOR INGENIEURS EN KLANTEN



V.l.n.r.: Tavishi Guleria, Joep van den Broeke en Gerard van den Berg zijn als onderzoekers van het KWR Water Research Institute uit Nieuwegein betrokken bij het ULTIMATE project

laar de warmte weer uit het opgepompte water uit de hete bron en wordt het afgekoelde water in de warme bron opgeslagen (Figuur 4). Belangrijk is daarbij dat de ondergrond en het grondwaterpakket geschikt zijn voor warmteopslag – is er voldoende capaciteit en is het voldoende afgesloten met kleilagen boven en onder zodat de warmte niet weglekt?

In ULTIMATE is door KWR samen met HVC, partner in de ontwikkeling van de geothermie aansluiting Trias Westland in Naaldwijk, de technische en economische haalbaarheid van HTO onderzocht. Om negatieve interactie met andere grondwatergebruikers te voorkomen wordt HTO vaak op grotere diepte toegepast dan zoetwateropslag en de standaard Open-bodemenergie systemen. Over deze lagen is vaak veel minder bekend over de eigenschappen. Binnen ULTIMATE is voor de HTO in Naaldwijk met behulp van het nemen van steekernen en geofysische logs verkend hoe op kostenefficiënte wijze inzicht kan worden verkregen in de bodemeigenschappen. Hieruit bleek dat er een geschikt grondwaterpakket aanwezig is (op 210 meter diepte) en dat 65–80% van de opgeslagen energie hieruit teruggewonnen kan worden en dat daarmee in deze case per jaar zo'n 2 miljoen kubm aardgas bespaard kan worden.

KANSEN VOOR BREDERE TOEPASSINGEN

In ULTIMATE worden verschillende innovatieve toepassingen verkend, in de Nederlandse casestudy gericht op het vergroten van circulariteit in de glastuinbouw. Deze sector is zich ervan bewust dat de huidige technologische oplossingen op de middellange termijn niet afdoende zijn om in de watervraag te voldoen en om aan de emissienormen te blijven voldoen. Daarnaast is het aanboren van alternatieve duurzame energiebronnen een prioriteit omdat beheersbare energiekosten doorslaggevend zijn voor het rendabel kunnen opereren van de Nederlandse glastuinbouw. De technologieën, elektrolyse en HTO, hebben de potentie om bij te dragen aan de oplossingen voor de glastuinbouwsector.

Daarnaast zijn er mogelijkheden voor bredere industriële toepassing van deze technologieën: met elektrolyse is het mogelijk om selectief inhoudsstoffen uit (afval)waterstromen te scheiden en het daarmee geschikt te maken voor hergebruik – binnen de eigen locatie of door een andere partij. HTO maakt het mogelijk om overtollige

energie, bv. restwarmte uit industriële processen, op te slaan en beschikbaar te maken voor toepassing door partijen met een warmtevraag of bijvoorbeeld voor stadsverwarming.

Wel laat ULTIMATE zien dat door de introductie van circulaire oplossingen er extra complexiteit in het systeem van nutsvoorzieningen ontstaat. Er moet immers ingespeeld kunnen worden op variabele kwaliteit en kwantiteit van de waterstromen, op de terugwinning en hergebruik van energie en op het terugwinnen van waardevolle voedingsstoffen en materialen. Dit vereist innovaties van proces- en chemische ingenieurs die betrokken zijn bij het ontwerp en de overdracht van industriële symbiotische systemen. De succesvolle opschaling van circulaire technologieën vereist een verandering van lineair naar circulair denken door ingenieurs en klanten. ULTIMATE draagt hieraan bij door te laten zien hoe dit in de praktijk kan functioneren.

Dit project is gefinancierd door het onderzoeks- en innovatieprogramma Horizon 2020 van de Europese Unie onder subsidieovereenkomst nr. 869318