

Strandopskyl og roetoppe skal bruges i nye produkter

I samarbejde med danske og udenlandske virksomheder vil Teknologisk Institut skabe nye produkter og øge værdien af de bioressourcer, som i dag ikke er optimalt udnyttet.

Mask, roetoppe, tang og ålegræs. Det er alt sammen restprodukter, som findes i store mængder i Danmark, men som ikke bliver udnyttet optimalt.

Anne Christine Hastrup arbejder til daglig med biomaterialer på Teknologisk Institut og har siden 2016 stået i spidsen for at designe, etablere og gennemteste et pilotanlæg til bioraffinering i projektet SUBLEEM under Grøn Omstillingsfond.

– I dag udnytter vi langt fra al biomasse optimalt. Med det nye anlæg og de kompetencer, vi har tilegnet os i SUBLEEM projektet, er vi nu i stand til at tilbyde vores hjælp til både det danske og internationale erhvervsliv, så vi ved fælles hjælp kan vise mulighederne for at skabe nye produkter og dermed øge værdien af de bioressourcer, som i dag ikke er optimalt udnyttet, siger Anne Christine Hastrup.

I projektet har der primært været fokus på at udtrække højværdikomponenter fra biomassen og skabe forskellige proteinrige fraktioner samt (kost) fibre. Samtidig har projektholdet afprøvet mulighederne for at tilsætte enzymer for at sikre en bedre adskillelse af de enkelte dele af biomassen. Det næste bliver at få undersøgt, hvordan biomaterialet kan bruges til udvikling af forskellige produkter som foder, fødevarer, kosmetik og byggematerialer.

– Vi er i gang med at teste egenskaberne af de forskellige protein- og fiberprodukter. Det vil være med til at klarlægge mulige anvendelser og også give os en indikation af, hvilken værdi de forskellige materialer kan forventes af have på markedet, slutter Anne Christine Hastrup.

Anne Christine Hastrup kan kontaktes på tlf. 7220 1602, e-mail acha@teknologisk.dk.



Bioraffinering kan øge værdien af de bioressourcer, som i dag ikke er optimalt udnyttet.

På vej mod keramiske elektrolyseanlæg i 2020

Forskere fra DTU Energi har demonstreret stabil drift af SOEC elektrolyse i mere end et år og demonstreret hvordan store SOEC-stakke kan anvendes problemfrit til at skabe balance i elnettet.

Keramiske elektrolyseceller (SOEC) giver mulighed for at skabe balance i elnettet ved at lagre elektrisk energi i form af syntetiske brændsler som brint og metangas. Disse gasformige brændsler kan efterfølgende omdannes til kulbrinter på væskeform og bruges til blandt andet transport. Når behovet opstår, kan de syntetiske brændsler omdannes tilbage til elektricitet ved at anvende ved at anvende keramiske brændselsceller (SOFC), der i princippet er det samme som SOEC, men hvor processen blot er vendt om.

I nærværende projekt har det været målet at forbedre ydeevnen og holdbarheden af SOEC-celler og -stakke, særlig med henblik på at bruge teknologien til effektiv regulering af det danske elnet, hvor en større og voksende andel af forsyningen udgøres af el fra solceller og vindmøller. Samtidig har det været målet at øge teknologiens konkurrenceevne med henblik på at gøre teknologien klar til markedet i 2020.

Projektet har demonstreret stabil drift af SOEC elektrolyse i mere end et år og demonstreret hvordan store SOEC-stakke kan anvendes problemfrit til at skabe balance i elnettet. I projektet er det lykkedes at forbedre SOEC til 1,25 A/cm², ligesom stak- og systemdesign er blevet valideret og implementeret i produktionen. Desuden er der udviklet en billigere og mere effektiv strømkonverter samt etableret en dansk køreplan for storskalaimplementering af elektrolysesystemer. Disse resultater er i tråd med den danske strategi for SOEC og har bidraget til at fremme kommercialiseringen af dansk SOEC-teknologi.

Titel:	På vej mod keramiske elektrolyseanlæg i 2020
Kontakt:	DTU Energi, Ming Chen, ☎ 4677 5757, ✉ minc@dtu.dk
Info:	https://energiforskning.dk
Sagsnr.:	ForskEL-12276
Tilskud fra:	PSO
Tilskud:	15.450.000 kroner

Nye modeller til optimering af biogasproduktionen

Forskere ved Syddansk Universitet har udviklet en række modeller, der blandt andet kan beregne biogaspotentialer af forskellige typer biomasser, økonomien i biogasanlæg samt udledning af metan og lattergas fra afgasset og ubehandlet gylle.

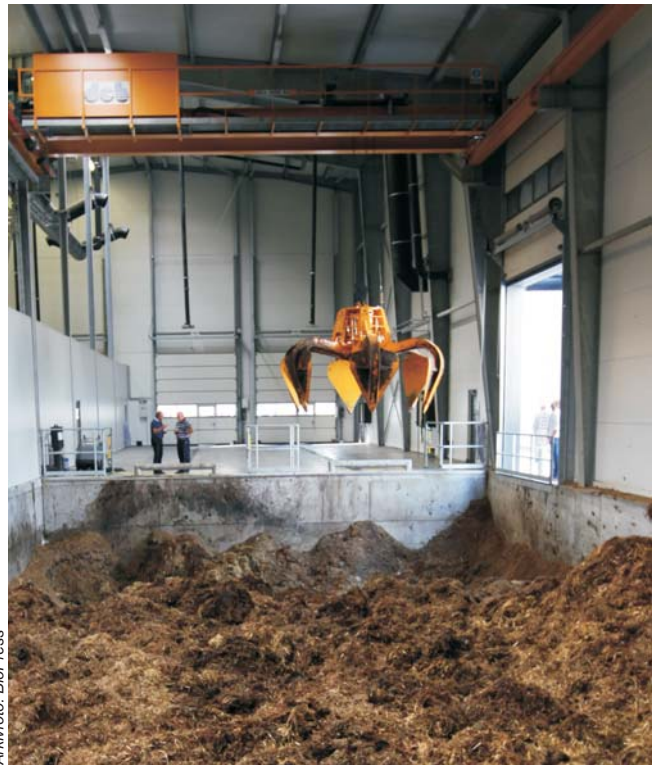
I projektet har forskerne inddraget alle værdikædens led – det vil sige fra indsamling af biomasse over energiproduktion til anvendelse af afgasset biomasse. På den måde kan modellerne være med til at optimere produktionen af biogas og sikre en god økonomi for alle operatører. Syddansk Universitet har været tovholder for projektet, der er udført i samarbejde med DTU, Aarhus Universitet og Københavns Universitet.

Der er blandt andet udviklet et online-værktøj til beregning af gaspotentialer fra forskellige typer biomasse. Med værktøjet kan driftslederen beregne den potentielle biogasproduktion, og ud fra de værdier kan den aktuelle produktion beregnes som funktion af temperatur og opholdstid. Beregningerne kan enten foretages med standarddata, som er tilknyttet modellen, med data om sammensætning af biomassen eller med data fra portionsudrødning af biomassen.

Studier af biogasproduktionen fra kildesorteret husholdningsaffald, afgrøderester og husdyrgødning har bidraget til udvikling af teknologier til måling af biogaspotentialer ved såkaldte NIR- og FTIR-analyser. Udviklingen af disse teknologier fortsætter med henblik på udvikling af præcise, billige og robuste udstyr til måling af biogaspotentialer.

Der er udviklet dynamiske modeller til beregning af økonomien ved håndtering af biomassen, gasproduktion og slutanvendelse af energien. Modeller og analyser indgår i Energistyrelsens overvejelser om de fremtidige støtteordninger, hvor de bidrager til at finde den økonomisk optimale brug af biogas i energisystemet. Modellerne er integreret i Balmorel-modellen, der anvendes til analyse af energisektoren med vægt på el og kraftvarme.

Udviklingen af de økonomiske modeller er sket sideløbende med udviklingen af modeller til analyse af biologisk omsætning, kulstof og emission af drivhusgasser. Modellerne har blandt andet kunnet påvise, at sammensilering af grønne afgrøderester og halm er en økonomisk attraktiv form for lagring af biomasse, der samtidig



Arkivfoto: BicoPress

Med et nyt online-værktøj kan biogasanlæggets driftsleder beregne den potentielle biogasproduktion fra forskellige typer biomasse.

kan være med til at forbehandle biomassen, så det er lettere for biogasanlæggene at udnytte det fulde gaspotentialer. Det har for eksempel ført til, at sammensilering af restprodukter nu testes ved både landbrugsbaserede biogasanlæg og anlæg opført i tilknytning til rensningsanlæg.

I projektet er der udviklet en ny model til beregning af metanudledningen fra lagring af både afgasset og ubehandlet gylle. I den nye model er algoritmerne baseret på kontrollerede eksperimenter med husdyrgødning. Sammen med canadiske forskningsgrupper bliver modellerne videreudviklet og testet. Målet er at vise, hvordan beskedne ændringer i håndtering af husdyrgødning kan bidrage til en væsentlig reduktion af metanudledning og på samme tid øge produktionen af biogas. Ifølge FN's klimapanel er metangas som drivhusgas 34 gange værre end kuldioxid.

Tilsvarende er der videreudviklet en submodel for emission af lattergas, og der er opnået en større forståelse af samspillet mellem sammensætningen af biomasse, jordbundsforhold, og potentialer for lattergasemission. Lattergas er en yderst potent drivhusgas, der er 298 gange værre end kuldioxid.

Endelig er der i projektet udviklet simple modeller, der kan forudsige, hvor meget kulstof der bindes i jord, efter at den afgassede biomasse er ført tilbage til jorden.

Titel:	Bio Chain – Optimering af værdikæder til produktion af biogas i Danmark
Kontakt:	Syddansk Universitet, Sven G. Sommer ☎ 6550 7359, ✉ sgs@kbn.sdu.dk
Sagsnr.:	ENMI 12-132631
Tilskud fra:	Innovationsfonden
Tilskud:	19.630.000 kroner

Høst og håndtering af enggræs til biogasanlæg

Foto: Kverneland Group



Kverneland Group har udviklet en skårlægger, der på én gang kan høste og forbehandle enggræs til brug i biogasanlæg. Der er potentiale for at videreudvikle maskinen, så Kverneland Group har nu taget patent på teknologien.

Det er velkendt, at mange gyllebaserede biogasanlæg kan øge gasproduktionen markant ved at supplere gyllen med anden form for biomasse. Enggræs og kløvergræs fra marginale og miljøfølsomme arealer kan i den forbindelse være oplagt som supplement til gylle. Græs konkurrerer ikke med produktionen af fødevarer, og når det fjernes fra de miljøfølsomme områder, får man samtidig reduceret udvaskningen af nitrat og fosfor betragteligt.

I dag er der imidlertid sjældent økonomi i at bruge græs fra miljøfølsomme områder til produktion af biogas. Omkostningerne til høst og håndtering af biomassen er relativt høje – især når der er tale om mindre områder. Dertil kommer, at enggræs og kløvergræs er svært omsættelig i et biogasanlæg og kræver en eller anden form for forbehandling, hvis udbyttet skal være optimalt.

I nærværende projekt har Kverneland Group udviklet en særlig skårlægger, der både høster og "åbner" græsset, så metanpotentialet lettere kan udnyttes i et biogasanlæg. Teknologien kaldes excoriation, hvilket frit oversat betyder "skræller skindet af". Maskinen er bygget op over chassiset fra en skårlægger med arbejdsbredde på 3,2 meter. Den oprindelige hydraulik, høstbjælke, chassis og frontafskærmning er bibeholdt, mens resten af den oprindelige maskine er udskiftet med andet udstyr.

Resultaterne fra projektet viser blandt andet, at forbehandling af græsset medfører et øget gasudbytte på omkring 20 procent. Hvis dette bruges som forudsætning, er det beregnet, at et ton excorieret græs i rundballe har en netto merværdi i forhold til ubehandlet græs

på mellem 120 og 180 kroner/ton råvare afhængigt af bjærtnings- og ensileringsmetode.

Marktestene viste, at der var udfordringer med at få kapaciteten op på det ønskede niveau, ligesom der var udfordringer med at få et fornuftigt flow igennem maskinen. Det hænger sammen med, at parcellerne var relativt små og ikke egnede til en bugseret maskine. Endvidere var jordbunden i 2017, hvor de endelige forsøg fandt sted, meget fugtig og maskine såvel som traktor havde betydelige udfordringer med ikke at køre fast. Dertil kommer den store diversitet på biomassen, som der ofte er tale om ved ekstensive arealer. Den sidste prototype viste dog klare forbedringer i forhold til den første udgave, og forsøg med ændringer af maskinens indføddning samt maskinudformning eliminerede stort set problemet med manglende flow i maskinen.

Maskinen vurderes at være velegnet til at behandle og "åbne" græsset med henblik på at øge metanpotentialet. Det vurderes ligeledes, at der er et potentiale for at videreudvikle og optimere teknologien til formålet. Derfor har Kverneland Group nu taget patent på teknologien.

Skårlæggeren kunne imidlertid ikke som ventet sættes i produktion ved projektets afslutning, men der arbejdes videre frem mod en afprøvning af teknologien i større skala.

Titel:	Ny teknologi for en effektiv udnyttelse af enggræs i biogas reaktor
Kontakt:	Kverneland Group, Peter Waldemar, ✉ peter.waldemar@kvernelandgroup.com ☎ 2835 9213
Sagsnr.:	ENS 64013-0159
Tilskud fra:	EUDP
Tilskud:	5.530.000 kroner

Halm og roetoppe er det ideelle kraftfoder til biogasanlæg

Foto: Søren Ugjift Larsen, Teknologisk Institut



Energiproduktionen fra biogasanlæg kan boostes med kort varsel ved tilsætning af roetoppe og halm. På den måde kan energiproduktionen fra biogasanlæggene være med til at skabe balance i elnettet. Det viser et netop afsluttet ForskEL-projekt, som Teknologisk Institut har været tovholder for.

I takt med at vi får flere og flere vindmøller og solcelleanlæg, stiger behovet for fleksible elværker, og det har fået Teknologisk Institut til at undersøge, hvordan man kan skrue op og ned for biogasanlæggenes energiproduktion afhængig af, hvor meget el, der er på markedet.

Det er velkendt at biogasproduktionen kan boostes med letomsættelige biomasser som fedt- eller sukkerholdigt industriaffald, ligesom energiafgrøder kan være med til at sætte skub i gasproduktionen. Udbuddet af letomsætteligt industriaffald er imidlertid begrænset, og i Danmark er der grænser for, hvor store mængder energiafgrøder biogasanlæggene må anvende.

Forskerne har i stedet kigget på restprodukter fra landbruget i form af halm og roetoppe. Hver år bliver 2-3 millioner tons halm om året nedmuldet i stedet for at blive brugt til energiformål, og dertil kommer 30-40.000 hektar med sukkerroer, hvor man ikke udnytter toppene. Sammenlagt repræsenterer disse restbiomasser et energipotential, der svarer til omkring 500.000 tons olie.

En række forsøg viser, at ensilageblandinger, der består af 75 procent roetop og 25 procent halm er et glimrende "kraftfoder" til biogasanlæg. Der kan forventes et udbytte på 250-300 Nm³ metan/ton organisk tørstof i ensilagen, og i flere forsøg er der fundet en betydelig synenergieffekt ved at samensilere halm og roetoppe. Samlet set vurderes synenergieffekten at være væsentlig større end det tab, der sker under ensileringen, og der vil således kunne opnås en nettogevinst ved at kombinere halm med roetoppe.

Ren halm kan være en udfordring for mange biogasanlæg, da det kan være vanskeligt at føde ind i reaktoren og har en tendens til at danne flydelag. Når halm ensileres sammen med roetoppe sker der imidlertid en opfugtning af halmen, hvilket gør det lettere at håndtere, ligesom risikoen for flydelag mindskes.

Beregninger viser, at omkostninger til blandingsensilagen ligger på 2,50-3,00 kroner/Nm³ metan, hvis roetoppe kan hentes inden for en radius på 10 kilometer og halmen skal købes til markedspris. Denne pris er fuldt konkurrencedygtig med råvareprisen for blandt andet majsensilage, og har man selv halmen til rådighed og kun behøver at indregne bjærgningsomkostninger, kommer prisen ned på 1,50-2,00 kroner/Nm³ metan.

Halm og roetoppe er et bæredygtigt alternativ til energiafgrøder, der med kort varsel kan bruges til at booste gasproduktionen. Er der tale om ensilageblandingerne med 25 procent halm og 75 procent roetoppe, topper gasproduktionen efter cirka tre dage. Den termofile proces reagerer hurtigere end den mesofile, men hvis man generelt ønsker en hurtigere reponstids, kan man øge mængden af roetop.

Ved tilførsel af roetop-halmensilage falder metanprocenten kortvarigt, ligesom der er risiko for at skabe ubalance i processen ved ophobning af organiske fede syrer – især hvis der tilføres store mængder ensilage.

Titel:	Flexible CHP from Biogas based on Waste Biomass
Kontakt:	Teknologisk Institut, Kurt Hjort-Gregersen ☎ 7220 3295, ✉ kuhj@teknologisk.dk
Sagsnr.:	ForskEL-12160
Tilskud fra:	PSO
Tilskud:	1.520.000 kroner

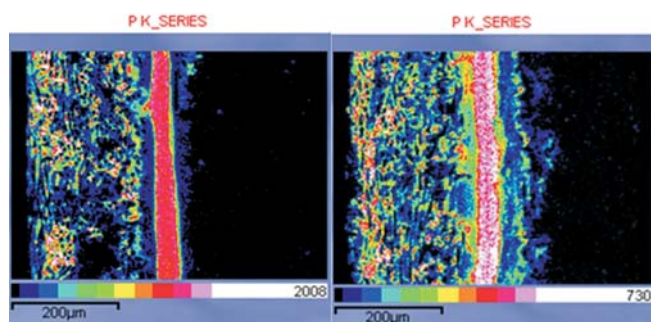
Robuste HT-PEM brændselsceller til smart grid

I projektet er det lykkedes forskere fra DTU at forbedre holdbarheden for brændselsceller af typen HT-PEMFC. Samtidig er perspektiverne ved at bruge brændselscellerne i et smartgrid energisystem blevet kortlagt.

Projektet har haft til formål at udvikle mere robuste HT-PEM brændselsceller, der kan fungere ved en temperatur på 160°C. Det skyldes, at membranen er tilsat fosforsyre, som opretholder ionledningsevnen ved temperaturer, hvor almindelige membraner normalt mister denne evne på grund af udtørring. En af fordelene ved HT-PEMFC i forhold til LT-PEMFC er, at cellerne kan anvende metanol som brændstof, der konverteres til brint umiddelbart inden, det skal bruges i cellen.

Blandt de vigtigste resultater kan nævnes en bedre forståelse af tabet af fosforsyre ved drift over adskillige tusinde timer. Test af levetiden og kortlægning af fosforsyre i de forskellige dele af cellen har ganske uventet vist, at supportmaterialet til elektroderne kan spille en væsentlig rolle, når det drejer sig om at begrænse syretabet. I projektet er der udviklet en modificeret membran med stærkt reduceret syretab, og det er ved at blive undersøgt, om der kan opnås et patent.

Sideløbende med udvikling af membranen har DTU Elektro kortlagt perspektiverne for at bruge HT-PEMFC i et smartgrid-energisystem, hvor der er fokus på at skabe overensstemmelse mellem udbud og efterspørgsel på el.



Kortlægning af fosforsyre i en HT-PEM brændselscelle. Linjen i midten er membranen, mens iltelektroden er til højre for linjen. Jo lysere farve, jo mere syre.

Titel:	SmartMEA
Kontakt:	DTU Energi, Jens Oluf Jensen, ☎ 4525 2314, ✉ jojen@dtu.dk
Sagsnr.:	ForskEL-12218
Tilskud fra:	PSO
Tilskud:	10.120.000 kroner

Dansk-koreansk samarbejde om HT-PEM brændselsceller

Forskere fra DTU og Korea Institute of Science and Technology i Seoul har arbejdet sammen om at videreudvikle HT-PEM brændselscellen. I projektet har der været fokus på de centrale elementer som membran og katalysatorer.

Ved DTU Energy er der gennemført et ph.d.-projekt om ionledende membraner, der adskiller elektroderne i en brændselscelle. Arbejdet er foregået i samarbejde med Korea Institute of Science and Technology (KIST) i Seoul. Der er blandt andet udviklet en ny forgrenet variant samt en række krydsbundne varianter af polymeren PBI. Sideløbende hermed er et nyt uorganisk additiv til PBI udviklet på Yonsei University. Det er efterfølgende blevet testet og fundet lovende af Danish Power Systems, der producerer komponenter til færdige brændselscellesystemer.

Ved DTU Fysik er der gennemført et andet ph.d.-projekt om katalysatorer, der får de elektrokemiske processer i brændselscellen til at forløbe med så små tab som muligt. Arbejdet er foregået i samarbejde med Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST) i teknologibyen Daejeon. Her har der blandt andet været fokus på overfladelegeringer af platin med kobber, hvor det er lykkedes at opnå en hurtig iltreduktion ved at regulere bindingsforholdene mellem ilt og brint. Derudover er legeringer af gadolinium og platin blevet studeret i form af tyndfilm, hvor DTU Fysik tidligere har påvist, at der er tale om legeringer med en ekstraordinær høj aktivitet.

De kulturelle aspekter af samarbejdet er belyst af Nordisk Institut for Asienstudier (NIAS) ved Københavns Universitet. I den forbindelse er der afholdt to workshops: One Project, Two Cultures i Seoul og Danish Korean Bi-Cultural Workshop i Asia House i København. Ved de to workshops har der blandt andet været oplæg fra den koreanske og den danske ambassadør. NIAS har ydermere samarbejdet med Chonnam University om en publikation om erfaringerne fra samarbejdet.

Titel:	KDFuelCell - Komponenter og materialer til elektrokemisk energikonvertering
Kontakt:	DTU Energi, Jens Oluf Jensen, ☎ 4525 2314, ✉ jojen@dtu.dk
Sagsnr.:	3047-00007B
Tilskud fra:	Innovationsfonden
Tilskud:	6.500.000 kroner

Bakterier konverterer brint og kuldioxid til metangas

En lille encellet mikroorganisme, der lever af kuldioxid og brint, kan blive en billig og effektiv metode til opgradering af biogas. Det viser erfaringer fra et stort demonstrationsanlæg hos Biofos, der renser spildevand for 15 kommuner i Storkøbenhavn.



Foto: Torben Skatt/BioPress

Det er firmaet Electrochaea, der i samarbejde med en lang række partnere har udviklet teknologien, hvor man bruger bakterier og brint til at opgradere biogas til naturgaskvalitet. Teknikken er med succes blevet testet på et demonstrationsanlæg hos Biofos på Avedøre Holme.

Processen foregår i en særskilt reaktor, hvor temperaturen er på knap 60 °C, og bakterierne begynder at producere metan i løbet af et halv til et hel minut, bare de har brint, kuldioxid og en temperatur på knap 60 °C til rådighed. De er ikke specielt følsomme over for eksempelvis svovlbrinte eller andre urenheder i biogassen, og de trives fint side om side med metanbakterier i biogas. Anlægget er i stand til at levere gas, der består af 97 procent metan, 2 procent brint, under 1 procent CO₂ og mindre end 5 ppm svovlbrinte.

Med de nuværende rammevilkår i Danmark, hvor der er afgift på den mængde el, der bruges til fremstilling af brint, er der ikke økonomi i at konvertere el til metangas. I runde tal bliver omkring halvdelen af strømmen til gas, mens 30 procent bliver til varme. Endelig er der en ikke ubetydelig produktion af ilt, som med fordel vil kunne udnyttes på eksempelvis et rensningsanlæg.

Titel:	Power-to-Gas via Biological Catalysis (P2G-BioCat)
Kontakt:	Electrochaea, Mich B. Hein ☎ +41 796 861 727, ✉ Mich.Hein@electrochaea.com
Sagsnr.:	ForskEL-12164
Tilskud fra:	PSO
Tilskud:	27.600.000 kroner

Opbevaring af brint under tryk og som fast stof

Med Aarhus Universitet som tovholder har en gruppe forskere udviklet nye metoder til komprimering, optankning samt opbevaring af brint under tryk og som fast stof.

På DTU-Mekanik har forskerne blandt andet udviklet en ny metode til komprimering af brint. Den nye kompressor anvender en ionisk væske, som er udviklet på DTU-Energi. Væsken anvendes som stempel i en kompressor, der er dimensioneret, bygget og testet i løbet af projektet, og som tillader bedre afkøling af brinten. Endelig har DTU-Mekanik designet en ny opbevaringstank med avanceret varnehåndtering, der kan lagre brint som både gas og fast stof.

I projektet er der fundet en lang række nye materialer til opbevaring af brint som fast stof. Materialerne er blevet undersøgt nærmere ved eksperimentelt arbejde på Aarhus Universitet og teoretisk simulering på Korea Institute of Science and Technology i Seoul. Der er blandt andet tale om nogle forbindelser, der kan lagre et ekstremt højt indhold af brint. I samarbejde med den tyske forskningsinstitution HZG i Hamborg er blandingen LiBH₄-MgH₂ blevet undersøgt nærmere, katalyseret og optimeret til reversibelt at kunne opbevare otte vægtprocent brint.

Nogle af de nye opdagelser vil muligvis blive patenteret. Desuden har projektet uddannet syv ph.d'er og videreuddannet seks postdoc'er, publiceret mere end 100 videnskabelige artikler og leveret mere end 100 konferencbidrag i perioden 2012 – 2017.



Foto: Aarhus Universitet

Titel:	HyFill-Fast – Hurtig, effektiv brint-tankning og -lagring med høj kapacitet på køretøjer
Kontakt:	Aarhus Universitet, Torben R. Jensen ☎ 2272 1486, ✉ trj@chem.au.dk
Sagsnr.:	ENMI 11-116802
Tilskud fra:	Innovationsfonden
Tilskud:	21.790.000 kroner