

POWER-TO-X ER FREMTIDEN

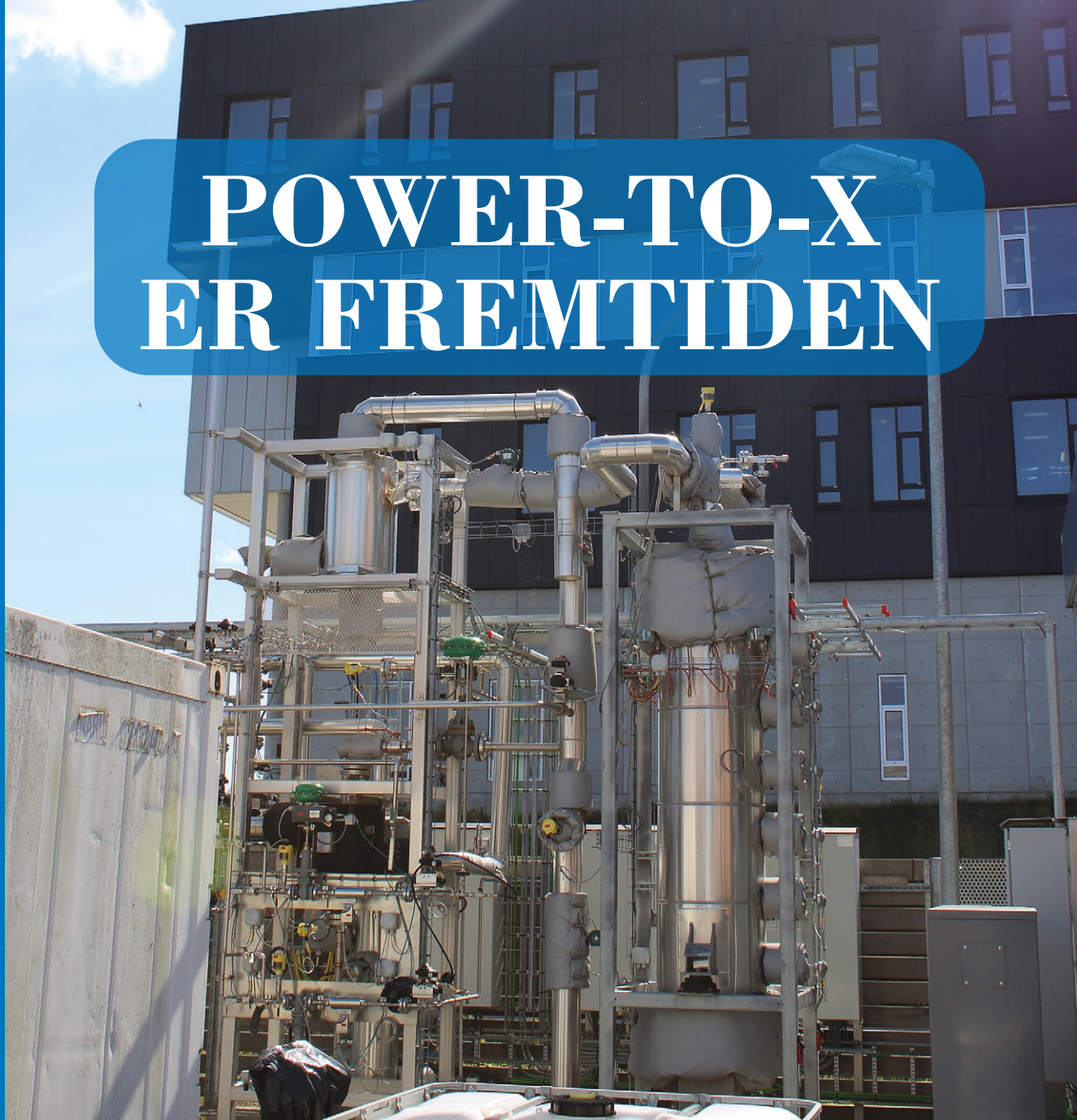
Pilotanlæg til produktion af metanol på Aalborg Universitet. Anlægget kan producere cirka 220 tons metanol om året. Der vil altid være et energitab ved at omsætte en energiform til en anden. Et groft skøn over effektiviteten i dette anlæg er 41-68 %, som er et produkt af tre forskellige komponenter: elektrolyse-effektivitet (70-80%) X hydrogenkomprimering (85-95%) X metanolproduktion (70-90%) = 41-68%. Men effektiviteten afhænger af mange faktorer, og der er også andre tab i systemet end de her nævnte. Foto: Samuel Simon Araya

Om forfatteren
Kristian Sjøgren er
videnskabsjournalist,
ksjoegren@gmail.com

Om forskeren



Samuel Simon Araya er lektor, ph.d., ved AAU Energy og leder af Fuel Cell Systems-forskningsgruppen på Aalborg Universitet. Han forsker i eksperimentel karakterisering og modellering af elektrokemiske energikonverteringsenheder, især PEM-brændselsceller og elektrolyser. Hans fokus er at forbedre brint- og brændselscelleløsninger samt produktion af e-brændstoffer via power-to-X-teknologier. ssa@energy.aau.dk



Power-to-X handler om at udnytte overskudselektricitet til nyttige formål, hvor det første skridt mod X'et altid er omdannelsen af elektrisk energi og vand til hydrogen. Danmark er med helt fremme indenfor udviklingen af fremtidens energiløsninger med power-to-X.

Fremtiden kræver i den grad nye energiløsninger. Og rundt om i verden forskes der intenst i udvikling og implementering af nye energiløsninger, der i stedet for energifafhængighed af "sort guld" fra undergrunden fokuseres på udvikling og implementering af de energiformer, der er rigeligt af, fordi de er vedvarende. Her taler vi om

vind-, sol- og vandenergi. En lysende stjerne på himlen indenfor de interessante energiløsninger er power-to-X, der i store træk går ud på at bruge vedvarende energiressourcer til ikke bare at varme vores huse op, tænde lys i vores lamper og føre vores elektriske biler fremad, men også til at lave brændstoffer til transportsektoren og kemikalier til alle tænkelige industrier på en

klimavenlig og politisk ukompliceret måde.

Faktisk er Danmark førende indenfor udviklingen af power-to-X-teknologier, og lektor Samuel Araya fra AAU Energy på Aalborg Universitet mener, at hele verden snart kommer til at kigge mod vores lille land for at finde løsninger på globale problemstillinger.

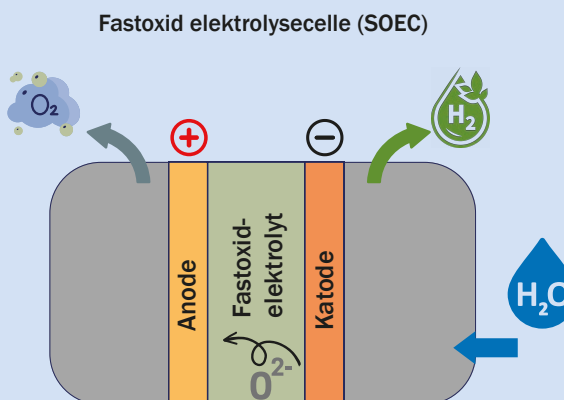
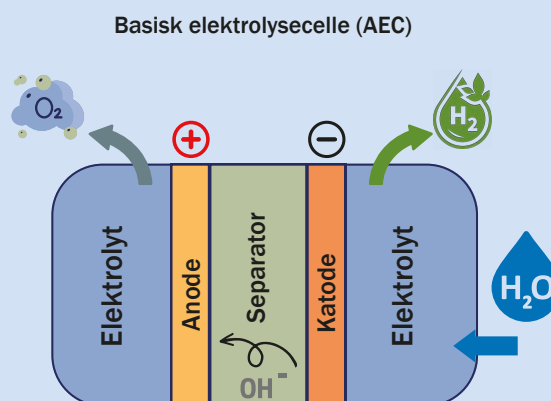
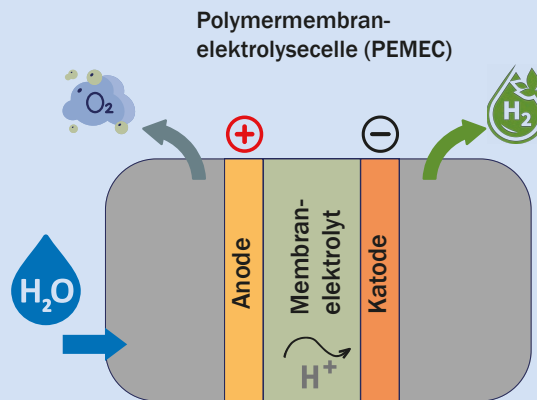
Elektrolyse er hjørnестenen i power-to-X

Elektrolyse spiller en afgørende rolle i Power-to-X-konceptet, hvor ved elektricitet omdannes til forskellige energiformer og kemiske brændstoffer. Elektrolyse er en elektrokemisk proces, hvorved en ikke-spontan reaktion drives ved anvendelse af en ekstern elektrisk strøm. I Power-to-X-systemer anvendes elektrolyse til at producere hydrogen (H₂) eller andre hydrogenbaserede brændstoffer, for eksempel metan (CH₄), metanol (CH₃OH) eller ammoniak (NH₃), ved at udnytte vand (H₂O) som kilde til at lave hydrogen.

Den typiske elektrolysecelle består af to elektroder – en anode og en katode – nedsænket i en elektrolytopløsning. Ved hjælp af en ekstern strømkilde tilføres en positiv ladning til anoden og en negativ ladning til katoden. Ved anoden opstår oxidation, hvor vandmolekyler dekomponeres til oxygen (O₂) og en positivt ladet hydrogenion (H⁺). Denne proces kaldes anolyse. Ved katoden opstår reduktion, hvorved hydrogenionerne (H⁺) fra anolysen og elektronerne fra den eksterne strømkilde reagerer og danner hydrogen (H₂). Denne proces kaldes katolyse.

Der findes to hovedtyper af elektrolyseceller: Basiske (alkaliske) elektrolyseceller (AEC) anvender en basisk elektrolyt som kaliumhydroxid (KOH) eller natriumhydroxid (NaOH), mens Polymermembran-elektrolyseceller (PEMEC) anvender en polymermembran som elektrolyt, for eksempel en perfluorosulfonsyre-membran. PEMEC er mere velegnet til Power-to-X-anvendelser på grund af dens højere effektivitet, hurtigere respons til skift i elektricitet og muligheden for at arbejde ved højere tryk. Foruden de nævnte hovedtyper findes der også andre nyere elektrolyseceller, blandt andet SOEC (solid oxide electrolyzer cell), der anvender keramiske fastoxidmaterialer som elektrolyt.

Elektrolyse i Power-to-X-konceptet muliggør lagring og omdannelse af overskudsstrøm fra vedvarende energikilder som sol- og vindenergi. Brugen af hydrogenbaserede brændstoffer som output giver mulighed for langtidslagring og transport af energi på en effektiv måde. De producerede brændstoffer kan anvendes som brændstof til brændselsceller, genindføres i naturgasnettet eller anvendes som råmateriale til kemisk produktion. Den kontinuerlige forskning og udvikling indenfor elektrolysefelter såsom elektrode-katalyse, membranmaterialer og systemoptimering har bidraget til at forbedre effektiviteten og reducere omkostningerne ved elektrolyseprocessen. Overgangen til bæredygtige og klimavenlige energisystemer afhænger i høj grad af den videre udvikling af elektrolyseteknologier og integrationen med Power-to-X-konceptet.



»Selvom det går langsomt med udviklingen af power-to-X-teknologier og implementeringen af dem i verden, er jeg optimistisk på Danmarks vegne. Vi er gode til at investere i disse teknologier, og der er politisk opbakning, ligesom vi allerede nu er ved at implementere power-to-X i en række projekter. Det vil bringe Danmark i en gunstig position inden for kommercialisering

af power-to-X-teknologi og bringe os tættere på målet om at blive klimaneutral«, fortæller Samuel Araya.

Hydrogen er en hjørnестen i power-to-X

Power-to-X i en klimavenlig sammenhæng er helt simpelt muligheden for at benytte elektricitet fra vedvarende energiformer fra vind, sol og hav til at lave alt muligt

andet, som kan bruges i en lang række applikationer og inden for en lang række industrier.

For eksempel kan power-to-X være, at man benytter overskuds-elektricitet fra vindmøller til at drive den kemiske proces, som trækker hydrogen (brint) ud af vand. Processen hedder elektrolyse og er den bærende bjælke i hele

power-to-X-tankegangen. Hydrogen kan lagres direkte i tanke og for eksempel bruges i transportindustrien til at drive biler fremad, eller det kan omdannes til andre former for brændstoffer til fly eller skibe. På den måde kan overskudselektricitet opbevares og udnyttes fremfor at gå til spilde.

Samuel Araya forklarer, at power-to-X altid har omdannelsen af elektrisk energi og vand til hydrogen som det første skridt mod X'et. Herefter er mulighederne nærmest uendelige.

»Med power-to-X kan man som eksempel lave metanol, som Mærsk benytter i deres nyeste skibe som e-fuel. Danmark har blandt andet stort fokus på netop at benytte power-to-X til at lave bæredygtig metanol med et mindre klimaaftryk. Man kan også lave bæredygtigt flybrændstof eller plastik eller andre kemiske komponenter til brug i industrien. I rigtig mange sektorer har man brug for forskellige energiformer, der ikke kan erstattes med vindenergi, men hvor vindenergien kan udnyttes til at omdanne vand til hydrogen til de energiformer, der er behov for,« siger han.

Power-to-X kan også spille en stor rolle indenfor fjernvarme. Danmark er et af de lande i verden med det mest veludviklede fjernvarmenet, og netop fjernvarmenettet har en unik mulighed for at opsamle det betydelige energispild, der er ved de vedvarende energiformer og ved power-to-X, hvor op imod 25 procent af energien ved elektrolysen bliver

omdannet til varmeenergi. Den energi risikerer at forsvinde ud i det rene ingenting, men kan opfanges og udnyttes til at holde huse varme om vinteren.

Selvom der fortsat er store usikkerheder omkring, hvor etableret power-to-X bliver i Danmark, viser forskellige fremskrivninger, at overskudsvarme fra elektrolysen i power-to-X-anlæg kan dække op imod 20 procent af det danske behov for fjernvarme. Som eksempel er det på tapetet i Aalborg at bygge et power-to-X-anlæg, der foruden at producere 130.000 tons metanol årligt også skal forsyne Aalborg Kommune med 130 GWh overskudsvarme, hvilket er nok til at dække syv procent af kommunens behov og opvarme 5.000 husstande. Anlægget forventes færdigbygget i 2028.

God udnyttelse af overskudsenergi

En helt central komponent i power-to-X-tankegangen er, at den energi, som går ind i elektrolysen, er overskudsenergi. I Danmark har vi som eksempel ofte overskud af elektricitet fra vindmøller. Det sker ikke overraskende på dage med meget vind, og på de dage forsøger vi at sælge vores overskudselektricitet til vores nabolande. I fald at de ikke har behov for den elektricitet, som vi gerne vil sælge, lukker vi vindmøllerne ned. Andre lande kan have overskud af solenergi eller havenergi og står med lignende problemer.

Tanken bag power-to-X er, at når der er overskudselektricitet i netværket,

og når den overskudselektricitet kommer fra sol, vind og hav, skal vi ikke lukke ned for vindmøller og solcelleanlæg, men derimod sende elektriciteten i retning af elektrolyseanlæg, der kan lave den om til hydrogen. I modsætning til elektricitet, som ikke for nuværende kan opbevares på en meningsfuld måde, kan man nemlig opbevare hydrogen meget let, indtil der er behov for det.

Ifølge Samuel Araya handler power-to-X ikke bare om at bruge elektricitet mere smart. Det er faktisk en decideret nødvendighed, hvis vi overhovedet skal have en chance for at reducere vores CO₂-udledning med 70 procent inden 2030 og blive klimaneutrale inden 2050.

»Derfor skal vi ikke bare se på kapaciteten af den vedvarende energi, som vi producerer i dag, og som kun nogle dage er i overskud i form af ekstra elektricitet. Vi skal også udbygge netværket af vedvarende energi, så vi ikke kun tænker power-to-X som en løsning på et overskudsproblem, men tænker i at forsyne power-to-X specifikt. Lige nu giver det kun mening at køre power-to-X, når der er meget vind, mens det ikke gør det, når der ikke er vind. Vores energinetværk skal være af en sådan kapacitet, at det hele tiden giver mening at køre power-to-X,« siger Samuel Araya.

Danmark har fokus på produktion af metanol

I Danmark har forskning og investorer haft et særligt øje til udvikling af power-to-X-teknologi til at lave metanol og de relevante produktionsfaciliteter. Vi har således allerede i dag produktionsfaciliteter, der kan lave i omegnen af 220.000 ton metanol om året. Der er dog blot tale om et demonstrationsanlæg, og tallet blegner da også lidt i forhold til den mængde metanol, der skal bruges i verden, hvilket er flere hundrede millioner tons.

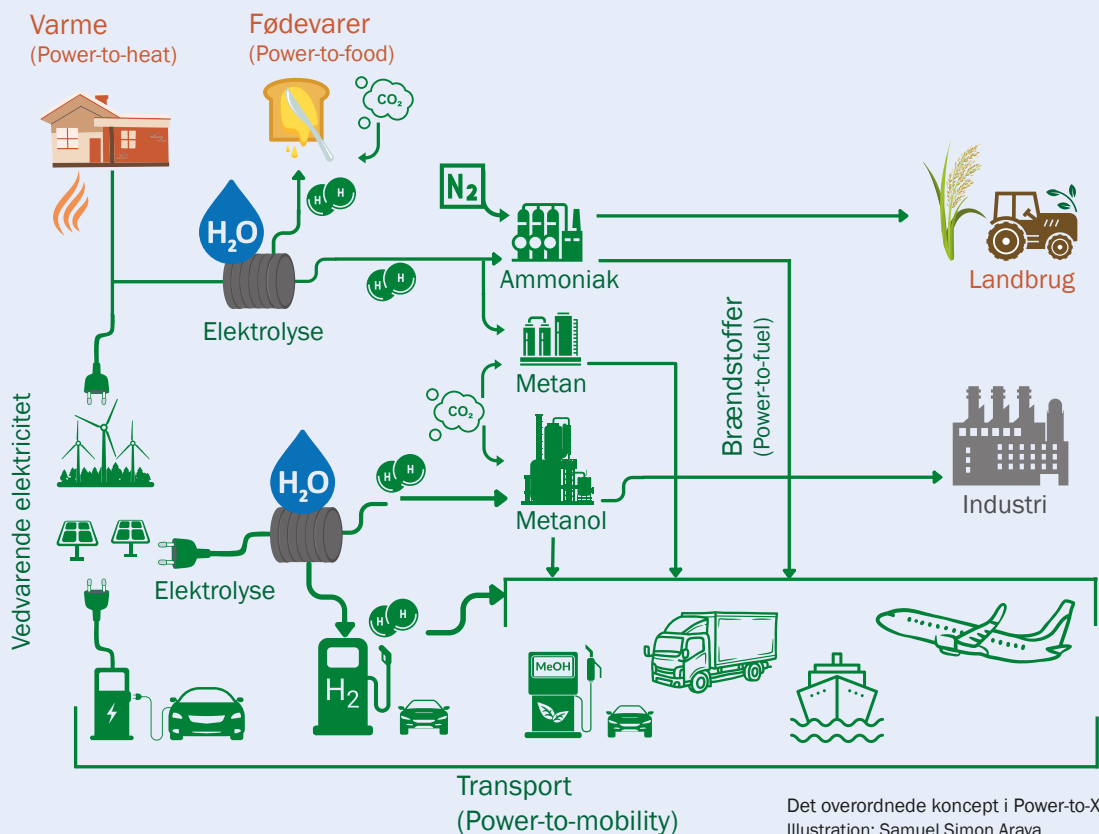
Metanol bliver blandt andet brugt i alt fra køleelementer i køleskabe til brændstof og indenfor produk-

44 aktive projekter:

I Danmark er der for nuværende 44 aktive projekter inden for produktion eller forbrug af power-to-X-løsninger. Den samlede hydrogenproduktionskapacitet i projekter allerede i drift er på 2,41 MW, og 1.266 personer er ansat inden for power-to-X-projekterne. I øjeblikket overgår Danmarks produktionskapacitet vores forbrugskapacitet, hvilket betyder, at Danmark eksporterer det meste af det brændstof, som bliver produceret på danske power-to-X-anlæg. Det drejer sig blandt andet om hydrogen, e-metanol, e-ammoniak og e-kerosen (flybrændstof).

Kilde: Hydrogenbranchen

Potentielle anvendelser af power-to-X



Brændstoffer til transportsektoren:

Power-to-X-teknologier kan bruges til at producere brændstoffer, der kan erstatte fossile brændstoffer i transportsektoren. Hydrogen kan anvendes som brændstof til brændselsceller eller blandes med naturgas og anvendes i brændstofceller. Derudover kan syntetiske brændstoffer som metan og metanol også fremstilles ved elektrolyse og anvendes i køretøjer med forbrændingsmotorer.

Energilagring:

Power-to-X-teknologier muliggør lagring af overskudsenergi i form af hydrogen eller syntetiske brændstoffer. Denne lagring giver fleksibilitet til at udjævne variationer i energiforsyningen og sikre en stabil forsyning af elektricitet. Brændstofferne kan senere omdannes til elektricitet igen ved hjælp af brændselsceller eller forbrændes i kraftværker.

Industrielle anvendelser:

Power-to-X-teknologier har potentialet til at forsyne industrien med bæredygtige og CO₂-neutrale råmaterialer. For eksempel kan hydrogen anvendes som rengøringsmiddel eller i kemiske processer, mens syntetiske brændstoffer kan bruges som råmateriale til produktion af plastik, kemikalier og andet i industrier, der normalt er afhængige af fossile brændstoffer.

Power-to-Gas:

Power-to-X kan integreres i gasnettet ved at injicere

hydrogen eller metan, der er produceret ved elektrolyse, direkte i det eksisterende naturgasnet. Denne konverteringsproces kaldes Power-to-Gas. Det muliggør energilagring og distribution af vedvarende energi i stor skala og kan udnyttes til opvarmning, elektricitetsproduktion eller transport.

Elektricitetsproduktion:

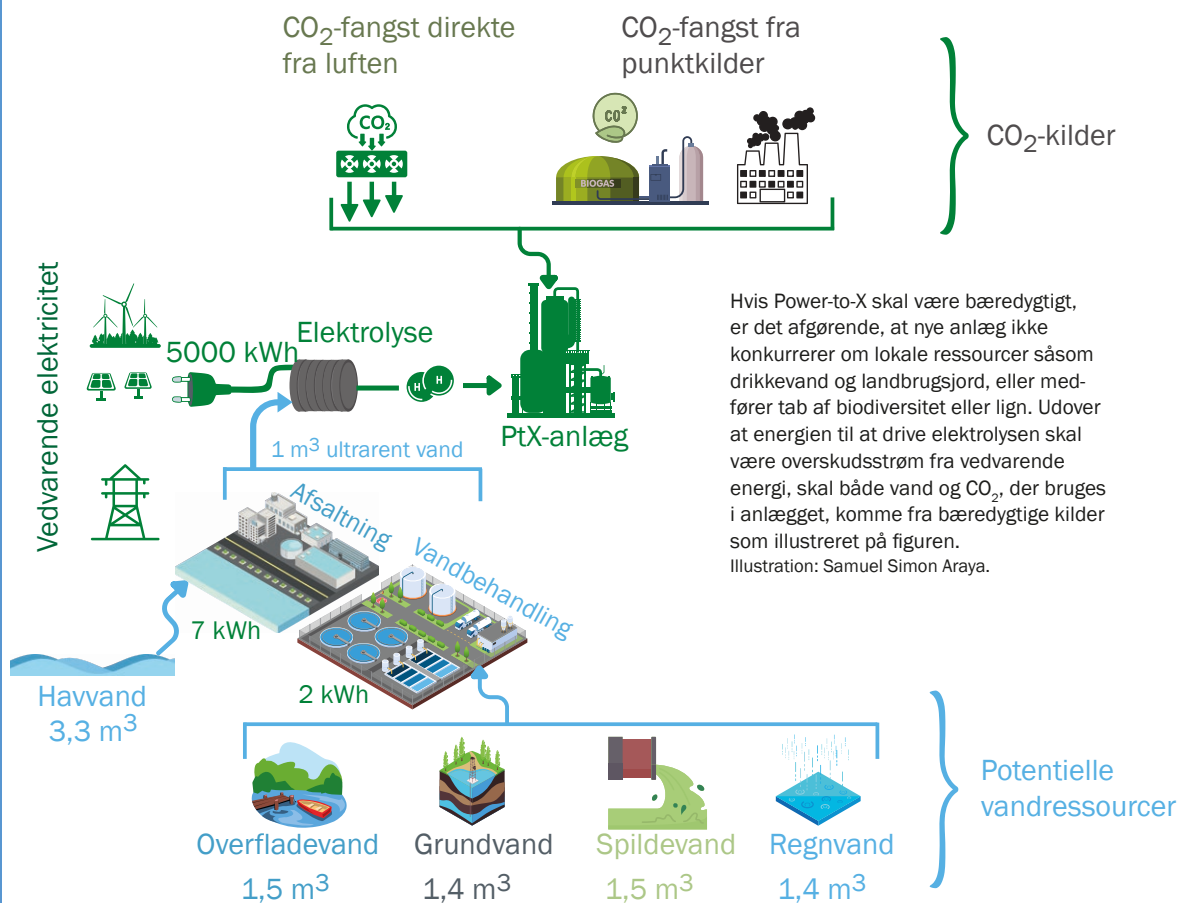
Power-to-X kan også bidrage til elektricitetsproduktion ved at omdanne hydrogen tilbage til elektricitet gennem brændselsceller. Denne metode kan anvendes i mikro-grids eller som backup-kraftværker, hvilket øger fleksibiliteten og pålideligheden af energiforsyningen.

Landbrugssektoren:

Power-to-X-teknologier kan have gavnlig anvendelse i landbrugssektoren. Brændselsceller, der anvender hydrogen produceret ved elektrolyse, kan levere elektricitet og varme til gårde og gartnerier. Derudover kan syntetisk ammoniak produceret ved elektrolyse anvendes som gødning.

Off-grid og fjerntliggende områder:

Power-to-X-teknologier kan være en gamechanger for off-grid og fjerntliggende områder uden adgang til stabil elektricitet. Ved at udnytte vedvarende energikilder som sol og vind kan Power-to-X levere en pålidelig energikilde, der kan forsyne samfund og industrier med elektricitet og brændstoffer, uafhængigt af traditionelle energinet.



Hvis Power-to-X skal være bæredygtigt, er det afgørende, at nye anlæg ikke konkurrerer om lokale ressourcer såsom drikkevand og landbrugsjord, eller medfører tab af biodiversitet eller lign. Udover at energien til at drive elektrolysen skal være overskudsstrøm fra vedvarende energi, skal både vand og CO₂, der bruges i anlægget, komme fra bæredygtige kilder som illustreret på figuren.
Illustration: Samuel Simon Araya.

Videre læsning
Rapport om Power to X fra Aalborg Universitet:
Simon Araya, Samuel; Cui, Xiaoti; Li, Na; Liso, Vincenzo; Sahlin, Simon Lennart (2022): Power-to-X Technology overview, possibilities and challenges. AAU.

tionen af forskellige kemikalier til brug i blandt andet landbruget. Samuel Araya arbejder selv med udvikling af brændselsceller, der kører på metanol, og som kan lave elektricitet på steder væk fra elektricitetsnetværket. Metanol kan også bruges til at lave andre typer af brændstoffer som e-diesel eller e-brændstof til fly.

Grøn metanol er dog omkring dobbelt så dyr som tilsvarende metanol fra undergrunden, og derfor er der ifølge Samuel Araya behov for politiske tiltag, så power-to-X ikke skal konkurrere med sorte løsninger og tabe den konkurrence. Det kan for eksempel være ved, at det skal koste mere at forbrænde metanol fra fossile kilder sammenlignet med prisen på at forbrænde grøn metanol.

I det hele taget er de største problemer for udrulningen af power-to-X-teknologier ikke den tekniske knowhow, men derimod politiske initiativer til at skabe incitamenter for at investere i produktionsfaciliteter baseret på power-to-X.

»Jo større produktionsfaciliteter, vi kan lave, jo længere kan vi bringe prisen på for eksempel grøn metanol ned, men mange projekter i Europa har svært ved at komme i gang eller bliver sat på pause, fordi der endnu ikke er klarhed over profitabiliteten, og hvad kulstof egentlig skal koste. Hvis vi kan få det på plads, vil det hjælpe på investeringslysten,« siger Samuel Araya.

Kan også trække CO₂ ud af atmosfæren

Selvom den politiske vilje kommer helt i hus, er der stadig rum til forbedringer i selve power-to-X-teknologien, så den bliver mere effektiv. Blandt andet er der inden for selve elektrolysedelen af power-to-X rum til teknologiske forbedringer, der gør processen mere effektiv og dermed billigere. I store træk kan man sige, at prisen på at konvertere vand til hydrogen bestemmer, om power-to-X er konkurrencedygtigt i forhold til mindre bæredygtige kilder til energi. Prisen på hydrogen afgøres derfor at selve effektiviteten af den elektrokemiske proces – og så selvfølgelig også prisen på elektricitet.

En anden udfordring – eller mulighed om man vil – er, at i produktionen af metanol skal der bruges carbon i form af CO₂. Det kulstof skal helst komme fra kilder, der ikke leder til yderligere CO₂-udledning. Derfor kan den benyttede CO₂ for eksempel komme fra fabrikker, der installerer systemer til at indfange CO₂ i deres skorstene. Power-to-X-anlægget i Aalborg har planer om at genanvende 180.000 tons CO₂ pr år fra affaldsforbrænding. Det store mål er dog, at produktionen af metanol kan køre ved hjælp af teknologier, der kan indfange CO₂ direkte fra atmosfæren og derved ikke bare sikre, at der ikke bliver udledt mere CO₂, men at der derimod kan reduceres i verdens CO₂ i atmosfæren.

»For nuværende er prisen på de teknologier, der kan trække CO₂ ud af atmosfæren, ret høj, og der er også her et behov for at udvikle teknologien for at gøre den mere effektiv og billigere, og så skal vi også udvikle anlæg, der kan gøre det i stor skala,« siger Samuel Araya.