

Brint og brændselsceller til transport i Danmark



Indhold

Forkortelser og begreber	3
Resume	4
Forord	6
1. Indledning	7
2. Formål	8
3. Teknologier til elektrisk transport	10
Brændselscelle hybridsystemer	
Brint infrastruktur	
Aktører og styrkepositioner i Danmark	
Netværk og samarbejder	
4. Perspektiver og markedsmuligheder	15
Internationale scenarier for brint til transport	
Markedsmuligheder for danske virksomheder	
Brændselscelle hybridsystemer frem mod 2015	
Brændselscelle hybridsystemer frem mod 2025	
Brint infrastruktur fra år 2012	
5. Mål og indsatsområder	21
Brændselscelle hybridsystemer	
Brint infrastruktur	
6. Finansiering	24



Brint og brændselsceller til transport i Danmark, Strategi 2008-2025

er udgivet af transportfølgegruppen under Partnerskabet Brint og Brændselsceller i Danmark, december 2007.

Følgegruppen udgøres af følgende medlemmer (pr. 1. december 2007):

Allan Schrøder Pedersen, Souschef, Afd. for Materialeforskning, Risø-DTU (formand)
Mikael Sloth, Business Development Manager, H2 Logic A/S
Madeleine Odgaard, IRD Fuel Cells A/S
Michael Mücke Jensen, Oliebranchens Fællesrepræsentation
Flemming Wennike, udviklingskonsulent, Region Midtjylland
Ulf Hafsel, Head of Business Development Hydrogen, StatoilHydro
Frank Elefsen, Teknologichef, Teknologisk Institut
Lotte Jensen-Holm, Topsoe Fuel Cell A/S
Søren Knudsen Kær, Aalborg Universitet
Aksel Mortensgaard, Programleder, Energistyrelsen
Aksel Hauge Pedersen, DONG Energy A/S
René Kaalø Rothmann, Energi Industrien

Partnerskabets hjemmeside: www.hydrogennet.dk

Redaktionel bearbejdelse: journalist Steen Hartvig Jacobsen, Kommunikationsbureauet Rubrik

Layout: MONTAGEbureauet Aps

Forside-foto: Fotomontage af H2 Logic, der visualiserer, hvordan en brint tankstation i Danmark kan fungere i praksis.

Forkortelser og begreber

EU DP	Energiteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram	CanDan	Canadian/Danish Joint Fuel Cell Initiative er rammen om et bilateralt samarbejde om brint og brændselsceller mellem innovative virksomheder og vidensorganisationer i Canada og Danmark (www.candan.dk)
HIRC	Hydrogen Innovation & Research Centre er et regionalt brint-videncentre i Herning (www.hirc.dk)	APU	Auxiliary Power Unit er en strømgenerator, som leverer strøm til sekundære energibehov i køretøjer og ombord på fartøjer, når hovedstrømforsyningen ikke er i drift
DTU	Danmarks Tekniske Universitet	UPS	Uninterrupted Power Supply er betegnelsen for nødstrømsanlæg
AAU	Aalborg Universitet	AC/DC	Alternating Current/Direct Current: Omdannelse af vekselstrøm til jævnstrøm
AU	Aarhus Universitet	DC/DC	Direct Current/Direct Current: Omdannelse af jævnstrøm fra en spænding til en anden
FC-SSP	Fuel Cell Shaft Power Packs er et brint-innovationskonsortium med p.t. 10 virksomheder og 4 videncentre som medlemmer. Teknologisk Institut og HIRC har taget initiativ til FC-SPP, som støttes økonomisk af Videnskabsministeriet (www.fc-spp.dk)	BoP	Balance of Plant er fællesbetegnelse for de hjælpekomponenter, der skal få et energianlægs kerneteknologi til at fungere. BoP omfatter i et brændselscelleanlæg en række forskellige komponenter og styringer
HYFC	Hydrogen and Fuel Cell Academy er en brint- og brændselscelle forskerskole etableret af Aalborg Universitet og Risø-DTU (www.hyfc.aau.dk)	BMS	Battery Management System er betegnelsen for systemer til styring og overvågning af batteristakke
SHHP	Scandinavian Hydrogen Highway Partnership er et skandinavisk netværkssamarbejde, der har til formål bl.a. at opbygge en sammenhængende brint infrastruktur af tankstationer i Skandinavien inden år 2012 (www.scandinavianhydrogen.org)	ICE	Internal combustion engine er den internationale betegnelse for forbrændingsmotorer
Hydrogen Link	Hydrogen Link er et nationalt netværk for forskning, udvikling og demonstration af hydrogen og brændselscelle teknologi til transport, med det formål at fremme en dansk infrastruktur af hydrogen tankstationer og en udbredt anvendelse af brændselscelle køretøjer til transport. Hydrogen Link netværket udgør den danske del af SHHP samarbejdet. (www.hydrogenlink.net)	RME	Rapsmetylester er en 1. generations biodiesel
IEA	Det Internationale Energiagentur er rammen for Implementing Agreements for internationalt samarbejde, der bl.a. omfatter brint og brændselsceller til transport	SOFC	Solid Oxid Fuel Cell er fastoxid brændselsceller, der fungerer ved driftstemperaturer i intervallet 500-1000 °C
HFP	European Hydrogen and Fuel Cell Technology Platform er den europæiske teknologiplatform, der som mål har at forberede etableringen af JTI (www.hfpeurope.org)	HT-PEM	High Temperature Proton Exchange Membrane Fuel Cell (på dansk: protonudvekslings-membranbrændselsceller) er højtemperatur PEM-brændselsceller, der fungerer ved driftstemperaturer på mindst 120 °C
JTI	Joint Technology Initiative er en organisatorisk ramme for et avanceret europæisk forsknings- og udviklings-samarbejde mellem industri, videncentre og myndigheder. Aktiviteterne finansieres via EU's 7. rammeprogram. EU-Kommisionen har fremsat lovforslag om etablering af et JTI for brint og brændselsceller	LT-PEM	Low Temperature Proton Exchange Membrane Fuel Cell (på dansk: protonudvekslings-membranbrændselsceller) er lavtemperatur PEM-brændselsceller, der fungerer ved driftstemperaturer i intervallet 80-100 °C
		DMFC	Direct Methanol Fuel Cell (på dansk: direkte-methanol-brændselscelle) anvender methanol uden forudgående reformering og fungerer ved driftstemperaturer i intervallet 80-100 °C.

Resume

Hybridsystemer baseret på brændselsceller og batterier med en tilhørende brint infrastruktur kan blive et vigtigt middel til at opnå lavere emissioner af drivhusgasser og mindre olieafhængighed i transportsektoren på globalt niveau. Der kan derfor komme en stigende efterspørgsel efter denne type systemer på linie med elbiler, plug-in hybridbiler og biobrændstoffer, afhængig af de politisk fastsatte rammevilkår. De klimapolitiske og forsyningsikkerhedsmæs-

disse industrielle traditioner og de danske teknologiske styrkepositioner kan med de rette betingelser fastholde Danmark som en vigtig komponentleverandør til den fremtidige internationale bilindustri. Hertil kommer, at den danske teknologiske knowhow inden for nøglekomponenter og systemintegration kan bane vej for en dansk industriel produktion af specialdesignede køretøjer til intern transport.



Den dansk-norske elbil Kewet er i efteråret 2007 ombygget til brint på AAU under navnet Hywet. Foto: IET-AAU

sige udfordringer inden for transportområdet er så store, at der bliver behov for at introducere flere nye transportteknologier, der på én gang kan konkurrere indbyrdes og supplere hinanden.

Danmark har p.t. et gunstigt udgangspunkt for at positionere sig på et globalt kommercielt marked, der ventes at vokse fra omkring 2015. En strategigruppe for transportområdet under Brint og Brændselscelle Partnerskabet har udarbejdet en strategi for udviklingen frem mod hhv. 2015 og 2025 for at skabe et grundlag for den mest effektive anvendelse af offentlige og private investeringer inden for forskning, teknologiudvikling og demonstration på dette område.

På transportområdet har Danmark internationalt styrkepositioner inden for systemintegration af brændselsceller og batterier. Der er også kompetencer under opbygning inden for brint infrastruktur. Selv om der ikke findes bilfabrikker i Danmark, har dansk industri gennem mange år udviklet sig som underleverandør af komponenter til den internationale bilindustri. Kombinationen af

Brint og Brændselscelle Partnerskabet har givet danske forskningsmiljøer og den innovative industri forudsætninger for at udvikle de offentligt-private partnerskaber, der er en vigtig betingelse for at bringe dansk forskning, udvikling og demonstration i front både på europæisk og globalt niveau.

Strategiens hovedpunkter ligger inden for områderne fremdrift af transportmidler og infrastruktur. For at sikre optimal udnyttelse af de fremtidige investeringer må disse områder udvikles i et koordineret samspil, fordi en samordnet udvikling vil understøtte hvert af de to teknologiområder. Det er vanskeligt at forestille sig, at det ene teknologiområde kan udvikles stærkt, uden at det andet følger med.

Det betyder imidlertid ikke, at strategien lægger op til, at den fremtidige indsats skal være af samme omfang på begge hovedområder. Det er strategigruppens opfattelse, at det inden for strategiens tidshorisont vil være hensigtsmæssigt at lægge hovedindsatsen inden for udvikling af komponenter og systemer til fremdrift af køretøjer. Med en sådan prioritering vil de danske teknologiske og strukturelle styrkepositioner bedst kunne udnyttes.

Inden for strategiens korte tidshorisont frem mod 2015 er der især perspektiver i at udvikle og kommercialisere brændselscelle hybridsystemer til nichemarkeder som gaffeltrucks, andre køretøjer til intern transport samt til sekundær strømforsyning i køretøjer. Herudover vurderer strategigruppen, at der i denne periode kan være danske markedsmuligheder inden for udvikling og etablering af en brint infrastruktur i form af tankstationer m.v., der kan understøtte markedsudviklingen for de tidligt kommercielle køretøjer. Etablering af en brint infrastruktur vil samtidig kræve, at elnettet udbygges og udvikles, således at der både kan leveres effekt nok til elektrolyseanlæg på tankstationer, og at der kan produceres brint på tidspunkter med store mængder el fra vedvarende energi, når elprisen er lav.

På længere sigt frem mod 2025 kan en dansk positionering på det globale marked omkring 2015 give dansk industri nye mar-

En tidlig opbygning af brint infrastruktur kan gøre Danmark til testområde for den internationale bilindustri

kedsmuligheder inden for brændselscelle hybridsystemer samt brint infrastruktur til vej køretøjer. Dette markedssegment kan blive kommercielt i perioden frem mod 2025 ikke mindst i kraft af en massiv europæisk satsning på teknologiudvikling, standardisering m.v.

En tidlig opbygning af en dansk infrastruktur til støtte for markedsindtrængen af hybridsystemer til transportformål kan blive en afgørende forudsætning for at trække internationale demonstrationsprojekter for brintbaserede hybridkøretøjer til Danmark. En gradvis opbygning af en sådan infrastruktur inden for de næste 10-20 år vil også gøre det muligt at integrere stadig stigende mængder fluktuerende elproduktion fra vedvarende energikilder i det danske energisystem.

Dermed kan brint- og brændselscelleudviklingen bidrage til at virkeliggøre regeringens mål om en andel af vedvarende energi på mindst 30 procent og en reduktion af fossile brændsler på 15 procent i 2025.

Brintdrevne forbrændingsmotorer kan skabe en tidlig efterspørgsel efter brint og dermed fremme opbygningen af en tidlig brint infrastruktur. Kompakte reformere kan omdanne flydende brinholdige brændstoffer som metanol og bioethanol til brint i køretøjer. Begge disse teknologier kan på den måde fungere som overgangsløsninger, der kan lette markedsintroduktionen for brintdrevne brændselscelle hybridsystemer.

Strategigruppen vurderer, at der i perioden frem til 2015 vil være behov for offentlig støtte til forskning, udvikling og demonstration i gennemsnitlig størrelsesorden på 50-60 mio. kr. om året med et stigende volumen i perioden. Hertil kommer tilsvarende investeringer fra den private industri. Den offentlige sektor kan som visionær og kvalificeret indkøber fremme de miljøvenlige transportløsningers indtrængen på markedet i den tidlige (præ)kommercielle fase ved at samordne de offentlige investeringsplaner i kvalitetsreformen med investeringer i brændselscelle hybridkøretøjer til fx intern transport.

Regeringens bebudede afgiftsfritagelse for brintbiler kan med det danske niveau for registreringsafgifter gøre denne type køretøjer brugerøkonomisk relativt mere attraktive i Danmark i sammenligning med benzin- og dieseldrevne køretøjer og dermed bidrage til at gøre Danmark til et interessant testområde for den internationale bilindustri.

Strategigruppen anbefaler den stærkest mulige samordning af dansk forskning, udvikling og demonstration inden for brændselscelle hybridsystemer og brint infrastruktur med den inter-



Brint til private køretøjer ventes at blive kommerciel nogle år senere end til forskellige niche anvendelser. Foto: Risø-DTU

nationale indsats. Der kan med fordel bygges videre på fx det allerede etablerede skandinaviske samarbejde i Scandinavian Hydrogen Highway Partnership, der kan sikre supplerende nordiske bevillinger til danske investeringer. Der er på kort sigt også store perspektiver i det dansk-canadiske samarbejdsprojekt "CanDan UPS & NT" om udvikling af bl.a. brændselscellesystemer til niche transportformål. Tilsvarende skaber Brint og Brændselscelle Partnerskabet gunstige forudsætninger for, at Danmark kan få optimalt udbytte af de store investeringer, som EU's kommende Joint Technology Initiative inden for Brændselsceller og Brint vil generere i kraft af en særskilt projektstøtte, finansieret med ca. 3,5 mia. kr. fra 7. rammeprogram i perioden frem til 2013.

Forord

Strategien for "Brint og brændselsceller til transport i Danmark" er en del af den overordnede danske strategi for forskning, udvikling og demonstration af brintteknologier, som Energistyrelsen tog initiativ til at få udarbejdet i juni 2005. I denne samlede strategi er transport ét af i alt fem aktivitetsområder.

Formålet med strategien er at pege på perspektivrige indsatsområder, hvor Danmark har særlige muligheder for at gøre sig gældende internationalt inden for anvendelse af brint og brændselsceller til transportformål. Indsatsområderne er identificeret på grundlag af strategigruppens samlede viden om danske teknologiske kompetencer og deres vurdering af fremtidige forretningspotentialer på de enkelte områder.

De teknologier, der kan benyttes ved brug af brint og brændselsceller til transportformål, spænder meget vidt, og strategigruppen har derfor fundet det hensigtsmæssigt at samle denne delstrategi om de teknologier og anvendelser, der har størst interesse for danske aktører i perioden frem mod 2025. Størst fokus er rettet mod landtransport og - især på kort sigt - er der lagt særlig vægt på nichemarkeder som non-road transport, dvs. bl.a. intern transport i virksomheder med gaffeltrucks og små el-biler.

Principielt hører forbrændingsmotorer (ICE) til brint hjemme i en strategi for anvendelse af brint til transportformål. Strategien er derfor udformet, så der kan tages højde for, at danske aktører på et tidspunkt kan få interesse på dette teknologiområde, ikke mindst fordi køretøjer med brint drevne forbrændingsmotorer hurtigere kan skabe efterspørgsel efter brint som brændstof end køretøjer med brændselsceller. Strategigruppen finder dog ikke, at udvikling af forbrændingsmotorer er et område med et væsentligt potentiale for danske aktører, og dette indsatsområde er derfor ikke beskrevet i denne første udgave af strategien.

De teknologiområder, der er beskrevet i strategien, drejer sig ikke alle om ren brint som brændstof, men de omfatter alle brint, enten i kombination med andre teknologier eller som led i en kæde af kemiske og elektro-kemiske reaktioner. Det er strategigruppens opfattelse, at brændselsceller ikke bliver den eneste kilde til drift af køretøjer, men snarere skal fungere i kombination med batterier (fx lithium batterier) og/eller superkondensatorer.

Strategigruppen har også beskæftiget sig med infrastruktur og distribution, da disse områder betragtes som integrerede dele af et komplet transportsystem. Fremstilling af brint, især elektrolyse, er mere grundlæggende beskrevet i den overordnede strategi og indgår kun i denne delstrategi, når det gælder indpasning i infrastruktur. Produktionsteknologierne håndteres i de to følgegrupper, der beskæftiger sig med hhv. SOFC- og PEM-brændselsceller.

Dansk forskning, udvikling og demonstration af brint og brændselsceller til transport finansieres i dag af en række både offentlige og delvis offentlige, men indbyrdes uafhængige kilder samt privat finansiering. Strategigruppen håber, at denne strategi kan bidrage til at koordinere støtten fra disse forskellige kilder, og at den kan bruges til at prioritere fremtidig støtte til forsknings- og demonstrationsprojekter. Det vil give et stærkere fokus og en større effekt af de offentlige midler til gavn for hele det danske samfund.

Strategien er udarbejdet af en strategigruppe med repræsentanter fra private virksomheder, universiteter og forskningsinstitutioner, regioner og centrale myndigheder. Gruppen er sammensat, så den afspejler et bredt spektrum af aktører, finansieringskilder og andre interessenter på området brint og brændselsceller til transportformål. Gruppen vil løbende revidere strategien i takt med, at der opnås nye resultater og indsamles ny viden.

1. Indledning

Det er internationalt blevet et vigtigt energipolitisk mål at reducere anvendelsen af fossile brændsler som olie, kul og naturgas, dels af miljømæssige hensyn for at imødegå et stadig stigende udslip af CO₂, dels for at mindske afhængigheden af import fra politisk ustabile nationer. Regeringens udspil "En visionær dansk energipolitik" fra januar 2007 har således et mål om at reducere

Regeringen igangsatte i 2006 en udredning, der skulle afdække mulighederne for at reducere anvendelsen af fossile brændstoffer til transport. Dette arbejde er afrapporteret i et udkast til rapport "Alternative drivmidler i transportsektoren", som Energistyrelsen for nylig har haft i offentlig høring. I denne hedder det bl.a.:

- "Der er grundlæggende to "hovedveje" til på sigt at nedbringe transportsektorens afhængighed af olie og andre fossile drivmidler. For det første ved at sikre en mere effektiv energianvendelse i transportsektoren, herunder i køretøjerne. Og for det andet gennem omstilling til drivmidler produceret på grundlag af vedvarende energi.
- I forhold til de mulige alternative drivmidler fremstår konventionel diesel og benzin **på kort sigt** fortsat som de samfundsøkonomisk billigste drivmidler. De billigste alternativer er naturgas, syntetisk diesel fra kul, biodiesel (RME) og rapsolie, hvoraf løsninger baseret på naturgas og kul ikke lever op til ønsket om en langsigtet fuldstændig uafhængighed af de fossile brændsler.
- Der vurderes ikke at være nogen alternative drivmidler med et stort produktionspotentiale, som inden for en kort tidshorison vil kunne udnyttes til CO₂-reduktioner og øget anvendelse af VE uden væsentlige meromkostninger, der vurderes at være højere meromkostninger ved mulige virkemidler i andre sektorer.



Topsoe Fuel Cell hører til de industrivirksomheder, der er kommet længst med udvikling af kommercielle brændselscelle produkter. Billedet viser en "Hot box".
Foto: Topsoe Fuel Cell A/S og AVL LIST GMBH

forbruget af fossile brændsler med 15 procent inden år 2025 ved at fordoble anvendelsen af vedvarende energi i det danske energisystem til 30 procent. Selv med dette mål vil energiforsyningen i Danmark i adskillige år være domineret af fossile brændsler, men regeringens langsigtede mål er en fuldstændig uafhængighed af fossile brændsler.

Transportsektoren tegner sig i Danmark for 25-30 procent af det totale energiforbrug med en stigende andel, ikke mindst inden for vejtransport. Energiforbruget i denne sektor er næsten udelukkende baseret på olie, og transportområdet anvender nu omkring 65 procent af det samlede danske olieforbrug. Dermed er transportsektoren en kilde til en stigende andel af de danske CO₂-udledninger, og transportområdet må derfor spille en central rolle i bestræbelserne på at reducere de danske udledninger. Hvis transportsektoren skal kunne bidrage til at løse klimaudfordringerne, er det nødvendigt at udvikle og anvende nye drivmidler.

■ **På længere sigt** frem mod 2025 fremstår konventionel diesel og benzin fortsat sammen med naturgas som de samfundsøkonomisk billigste drivmidler, men der er stor usikkerhed om hvilket billede der tegner sig på lang sigt. Ikke mindst vil teknologiudviklingen ofte kunne ske i spring, som kan være vanskelige at forudsige, frem for i en kontinuert udvikling. Flere alternative drivmidler har potentiale til at blive interessante ud fra et økonomisk perspektiv og i forhold til at bidrage til CO₂-reduktioner.

- Det største langsigtede perspektiv ligger inden for batteridrevne elbiler, som samlet set udviser den markant bedste energieffektivitet, samtidig med at elbilen rummer store lokale miljøfordele i kraft af mindre støj og ingen skadelige emissioner til luften i nærmiljøet. Batterierne virker desuden som ellager og forbedrer derved mulighederne for at optimere energjudnyttelse og indpasning af vedvarende energi, herunder ustabil vindkraft, i elforsyningen."

Partnerskaber skal bidrage til at opnå regeringens mål om at lade bæredygtig innovation understøtte den økonomiske vækst



Det er strategifølgegruppens opfattelse, at brint og brændselsceller, der kombineres med batterier og superkondensatorer, er et drivsystem, der rummer et sådant interessant potentiale. Når brint produceres ud fra vedvarende energikilder – og i Danmark vil det overvejende ske som el fra vindenergi – kan det helt uden CO₂-forurening indgå som drivmiddel i transportsektoren. Brint og brændselsceller til transport er derfor af betydning for forskning, udvikling og demonstration af miljøvenlige løsninger på transportområdet.

Blandt de største udfordringer for den fortsatte brintteknologiske udvikling er systemvirkningsgrad, omkostningseffektivitet og sikkerhedsspørgsmål. Der er med rette sat et kritisk lys på det relativt store energitab, når el konverteres til brint for via et brændselscelleanlæg at kunne omsættes til drivmiddel for en elmotor. En drifts- og energiøkonomisk optimering kan formentlig med størst sandsynlighed opnås i et hybrid system, hvor brændselsceller kombineres med batterier.

Det internationale standardiseringsarbejde beskæftiger sig bl.a. med de særlige udfordringer, der ligger i en sikker håndtering af brint som en eksplosiv luftart. Dette internationale arbejde ventes at lægge rammerne for den nationale indsats på området, der i Danmark bl.a. varetages af Dansk Gasteknisk Center.

Energistyrelsen har taget initiativ til at få udarbejdet en samlet dansk strategi for forskning, udvikling og demonstration af brintteknologier, der i 2005 blev afleveret i "Brintteknologier – strategi for forskning, udvikling og demonstration i Danmark". Denne strategi udgør nu det organisatoriske og aktivitetsmæssige grundlag for at koordinere den danske indsats gennem Partnerskabet for Brint og Brændselsceller.

Regeringen har i sin handlingsplan for fremme af miljøeffektiv teknologi fra maj 2007 "Danske løsninger på globale miljøudfordringer" tilskyndet til at danne offentligt-private partnerskaber. De arbejder på grundlag af strategier for udviklingen på de enkelte teknologiområder, for at bidrage til at opnå regeringens mål om at lade bæredygtig innovation understøtte den økonomiske vækst. Partnerskaberne skal bidrage til, at danske virksomheder gennem teknologisk innovation kan spille en stadig vigtigere rolle i løsningen af presserende globale miljøproblemer.

I det nye danske energiteknologiprogram EUDP (Energiteknolo-



*De skandinaviske lande har etableret et netværksamarbejde, der skal gøre det muligt at etablere en sammenhængende brint infrastruktur i de tre lande.
Foto: StatoilHydro*

gisk **U**dviklings- og **D**emonstrations**P**rogram) er brint- og brændselscelleområdet et af fire højt prioriterede teknologiområder. EUDP skal ifølge bemærkningerne til EUDP-lovforslaget "fremme offentligt-privat samarbejde eller partnerskaber. Formålet er, at de relevante aktører vurderer behov, identificerer indsatsområder...Formålet er, at der i forlængelse heraf udvikles strategier for de enkelte teknologi- og udviklingsområder, som både vil være generelt anvendelige og udgøre et væsentligt grundlag for prioriteringen af tilskud fra EUDP's egne tilskudsmidler".

Bestyrelsen for Partnerskabet for Brint og Brændselsceller har nedsat en række strategigrupper, der inden for de enkelte teknologiske udviklingsspor skal udarbejde og vedligeholde strategier og roadmaps. Strategifølgegruppen for transportområdet er en af disse grupper, og den foreliggende udviklingsstrategi har været gruppens første opgave.

2. Formål

Strategien skal fokusere dansk forskning, udvikling og demonstration inden for brint og brændselsceller til transport for at skabe resultater til fordel for økonomisk vækst med flere arbejdspladser og øget eksport samt til gavn for miljøet:



Kirkegårdsgartneren i Horsens bruger brinttruckens inverter til at drive hækkeklipperen. Truckens brændselscelleanlæg sørger for at holde batteriet opladet, så der kan arbejdes hele dagen, selv om der ikke er el indlagt på kirkegården. Foto: TI

Strategien skal medvirke til internationalt at synliggøre den langsigtede danske indsats

- Strategien udpeger hovedindsatsområder for den nationale indsats inden for brint- og brændselscelleteknologier til transportformål
- Strategien skal bidrage til at synliggøre og målrette den fortsatte udvikling af danske kompetencer inden for både teknologier og systemer til transportformål på brint- og brændselscelleområdet
- EUDP og andre offentlige finansieringskilder kan bruge strategien til at prioritere de offentlige midler i den nationale indsats for udvikling og demonstration på brint- og brændselscelleområdet
- De initiativer, som regioner, vækstfora og kommuner tager nu og i fremtiden, vil få stor indflydelse på udbredelse og anvendelse af brint og brændselsceller til transportformål. Strategien kan i den forbindelse være en vigtig støtte for regionerne, der herigennem kan prioritere deres indsats for erhvervsudvikling professionelt og dermed bidrage til at koordinere med andre regioner, kommuner og virksomheder, så der opnås størst mulig nytteværdi af de anvendte ressourcer
- Danske virksomheder samt forsknings- og udviklingsinstitutioner kan bruge strategien til at målrette anvendelsen af deres ressourcer på de områder, der bidrager mest effektivt til at fremme danske styrkepositioner inden for komponenter og systemløsninger
- Det bliver stadig vigtigere for danske aktører at indgå i netværk med førende offentlige og private videncenter i udlandet, således som det fx sker i det dansk-canadiske samarbejde inden for brint og brændselsceller til transportformål. Strategien skal medvirke til internationalt at synliggøre den langsigtede danske indsats og de danske kompetencer. Derigennem vil det blive lettere at tiltrække internationale samarbejdspartnere til virksomheder og videncenter i Danmark.
- Strategien kan lette en koordinering af den danske indsats med den internationale indsats på området, både i europæisk og global sammenhæng.

3. Teknologier til elektrisk transport

Det danske energisystem har gennemgået en dramatisk udvikling i de seneste 15-20 år – fra en centraliseret elproduktion på få store kraftvarmeværker til en mere distribueret produktionsstruktur med flere tusinde vindmøller og flere hundrede decentrale kraftvarmeværker. Med regeringens udspil til en visionær energipolitik frem mod 2025 vil denne udvikling fortsætte i de næste årtier.

De stadig større mængder varierende (fluktuerende) elproduktion øger behovet for et mere fleksibelt og intelligent elsystem, hvor systemdriften kan regulere både produktion og forbrug. En øget anvendelse af el fra vedvarende energikilder i transportsektoren kan afhjælpe problemer med produktion af store mængder el fra vedvarende energi på tidspunkter, hvor der ikke er behov for mere el i systemet. Tilsvarende kan brændselsceller i transportsektoren producere el til nettet på tidspunkter, hvor der er behov for en større elproduktion for at opretholde balancen i systemet.

For at kunne håndtere denne nye udfordring skal der udvikles en intelligent kommunikations infrastruktur, der binder tusinder af små decentrale anlæg sammen i en "Virtual Power Plant". På den måde kan de mange anlæg i praksis bringes til at fungere som ét kraftværk, der kan reguleres op og ned efter elsystemets behov. Ved at bidrage med løsninger på denne udfordring kan danske kompetencer inden for systemintegration og kommunikationsteknologi til styring og regulering blive udbygget.

En voksende andel af el fra vedvarende energi i transportsektoren vil også bidrage til at indfri nationale målsætninger om øget forsyningsikkerhed, fordi det vil mindske olieforbruget, samt målsætninger om reduktion af CO₂-udslippet, fordi elanvendelsen fortrænger brug af benzin og diesel.

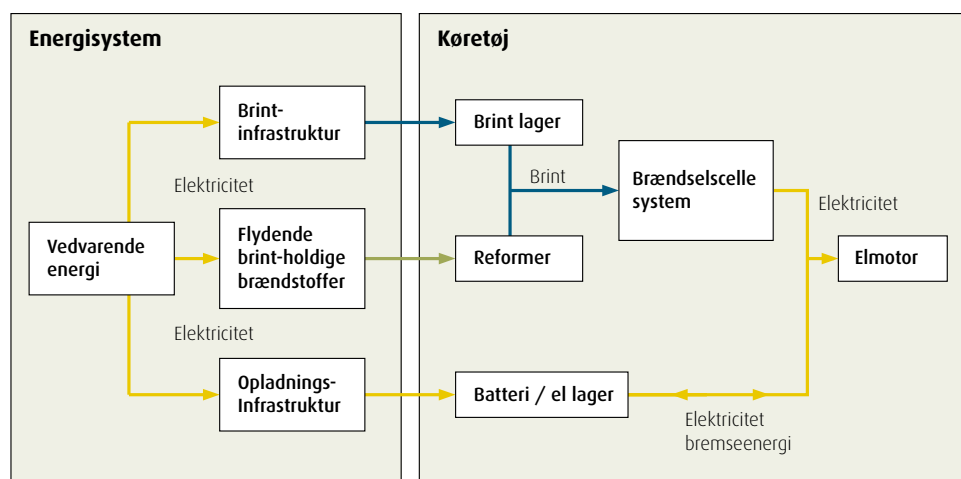
Hertil kommer, at transportsektorens elanvendelse vil bidrage til at give den fluktuerende elproduktion en større værdi i elsystemet og dermed sikre en bedre samfundsøkonomisk rentabilitet i de elproducerende vedvarende energianlæg. Gennem lagring af fluktuerende vedvarende energi i både batterier og brint til anvendelse som transport-brændstof kan transportsektoren fungere som en buffer, der gør det muligt at indpasse større mængder vedvarende energi i det samlede danske energisystem. Elektrisk transport bidrager til at mindske partikelforeningen fra forbrændingsmotorers udstødning og støjniveauet fra køretøjer i lokalmiljøet til gavn ikke mindst for befolkningen i de større byer.

Eldrevne køretøjer har også en betydeligt højere energieffektivitet end benzin- og dieseldrevne køretøjer.

På den måde kan elanvendelse i transportsektoren blive et vigtigt element i regeringens langsigtede målsætning om at opnå en fuldstændig uafhængighed af fossile brændsler.

Det har indtil nu ikke været muligt at lagre elektricitet i køretøjer på en måde, der kunne tilfredsstille forbrugernes forventninger om samme rækkevidde og optankningstid som for benzin- og dieseldrevne køretøjer. Det viste sig med al tydelighed, da de rene batteridrevne elbiler blev introduceret i 1990'erne. Den begrænsede rækkevidde på 50-100 km og en opladningstid på adskillige timer viste sig at være teknologiske barrierer, der blokerede for udbredelsen af elbiler udover ganske små nicheanvendelser. Siden er batteriteknologien internationalt udviklet, så der er et potentiale for at øge rækkevidden til 100-200 km og til markant at reducere opladningstiden.

Figur 3.1 Brændselscelle Hybrid System



Danmark har høstet værdifulde erfaringer fra demonstrationsprojekter, hvor nyudviklede brændselscelleteknologier afprøves

Sideløbende med den batteriteknologiske udvikling er brint- og brændselscelleteknologierne udviklet. Brint kan produceres ved elektrokemisk spaltning af vand på basis af vedvarende energi og kan dermed fungere som lager for energi på lige fod med batterier. Brint lagres som brændstof i køretøjer, hvor den omdannes til elektricitet ved en lydløs elektrokemisk proces i en brændselscelle. Med brint som brændstof kan køretøjer opnå nogenlunde samme rækkevidde som benzin og kan optankes næsten lige så hurtigt. Ulempen ved udelukkende at benytte brændselsceller i køretøjer er, at energieffektiviteten er lavere end i batterier, og at det ikke umiddelbart er muligt at opsamle bremseenergi fra køretøjet.

Både brændselsceller og batterier er elektriske teknologier. Derfor er det oplagt at søge at kombinere dem i en hybridløsning i køretøjer, så der opnås synergi mellem teknologierne. Princippet i et sådant brændselscelle hybridsystem er vist i figur 3.1 på side 10.

Batterierne sikrer en relativt høj effektivitet og gør det muligt at lagre bremseenergi. Batterier kan også levere den ekstra energi, der er behov for under acceleration. Brint i kombination med brændselsceller gør det muligt at tanke nyt brændstof hurtigt og med lang rækkevidde. På den måde kan et hybridsystem miljøvenligt og energieffektivt levere de transportydelse, som moderne bilister efterspørger. Undersøgelser har kortlagt, at 80 procent af personbilens daglige transportarbejde i gennemsnit er på under 100 km og dermed kan dækkes af batteridrift. De resterende 20 procent på mere end 100 km kan ske på brint og brændselsceller. Batterierne kan oplades både ved hjælp af køretøjets brændselsceller og fra elnettet (plug-in), mens bilen holder parkeret.

Som en overgangsløsning kan forbrændingsmotorer drevet på brint skabe en tidlig efterspørgsel efter brint, der kan medvirke til at sikre opbygning af en brint infrastruktur, indtil de brændselscellebaserede hybridløsninger er færdigudviklede. Det er også muligt at reformere flydende brintholdige brændstoffer, fx metanol og bioethanol, til brint i køretøjer. Det betyder, at tankstationer, som dem vi kender i dag, kan anvendes, og at dansk teknologiudvikling inden for fx 2. generations biobrændstoffer kan bidrage til yderligere at styrke danske systemløsningers internationale gennemslagskraft.

3.1. Brændselscelle hybridsystemer

Der satses verden over store beløb på at udvikle brændselsceller til transportsektoren, ikke mindst i USA, Canada, Japan og Tyskland, og konkurrencen om at komme først med rentable systemløsninger er intens. Danmark ligger helt i front i udviklingen af de mest effektive brændselscelleteknologier og har høstet mange

værdifulde erfaringer fra demonstrationsprojekter, hvor nyudviklede teknologier afprøves.

Danske kompetencer inden for systemintegration kan give udviklingen af teknologier til transportformål en særlig fremdrift i Danmark. For at kunne anvende brændselsceller i transportsektoren skal flere forskellige komponenter integreres til komplette systemer og pro-



Risø-DTU hører til de danske forskningsinstitutioner, der beskæftiger sig med brint lagring. Foto: Risø-DTU

dukter, der kan markedsføres internationalt. Danmark står stærkt inden for flere af disse komponenter og delsystemer, men de danske styrkepositioner ligger især inden for evnen til tværfagligt at kunne systemintegrere på tværs af teknologiområder.

I dette afsnit beskrives danske kompetencer inden for de vigtigste teknologier til brændselscelle hybridsystemer i mobile anvendelser.

Brintlagring og reformering

I Danmark har flere forskningsgrupper over en længere årrække arbejdet med at udvikle materialer og systemer, der kan lagre brint i fast form. Der er behov for yderligere en væsentlig forskningsindsats for at kunne udnytte potentialet for disse lagringssystemer fuldt ud. Den danske videnskabelige indsats på dette område ligger på et internationalt højt niveau.

Der er inden for de senere år investeret betydelige midler med et stærkt industrielt engagement i udvikling af reformere, der kan in-

tegreres med HT-PEM brændselsceller. Grundlaget er et tæt samarbejde med førende internationale leverandører af katalysatormaterialer, mens den specifikke danske forskning og udvikling sker inden for dimensionering, modellering, design og termisk integration af reformeringsreaktorer. Udviklingen omfatter både naturgas og flydende brændstoffer. På begge områder er de første resultater meget lovende, og teknologierne synes at rumme et stort potentiale for høj systemvirkningsgrad og konkurrencedygtig produktionspris.

El-lagring

Danske styrkepositioner inden for batterier og superkapacitorer består primært i kompetencer til at anvende dem i sammenhæng med brændselsceller. Der findes dog herudover en særlig dansk kompetence inden for bl.a. udvikling af batteristyringssystemer (BMS) til større lithium-ion batterier. Herudover kan danske kompetencer inden for polymerer, nanoteknologi og kulstofanoder være grundlag for udvikling af materialer til superkapacitorer.

Brændselscellestakke

Danmark har formået at placere sig stærkt i den internationale brændselscelle-forskning med specifikke styrkepositioner og en betydelig baggrundsviden i kraft af en langsigtet og omfattende forskning og udvikling inden for brændselscelleteknologier som SOFC, LT-PEM, DMFC og HT-PEM. Det gælder på både stak- og systemniveau. De danske kompetencer for brændselscelleteknologierne er beskrevet nærmere i Strategi og Roadmap for hhv. PEM og SOFC, der ligeledes er dele af Partnerskabet for Brint og Brændselsceller.

Balance of Plant (BoP)

Generelle danske kompetencer inden for udvikling og produktion af komponenter og systemer udgør et godt udgangspunkt for at udvikle BoP-komponenter og -systemer. En række danske virksomheder og forskningsinstitutioner er således allerede i gang med at udvikle samlede BoP-systemer og specifikke systemkomponenter.

Power Management

Danske virksomheder har opbygget kompetencer inden for udvikling af power elektronik (DC/DC og DC/AC) til andre formål. Disse kompetencer kan med fordel bruges i samspil med dansk udviklede brændselscelle- og batteri/superkondensator-systemer til transportformål.

Systemintegration

En række danske virksomheder har gennem flere år arbejdet med systemintegration af samlede brændselscelle hybridssystemer til forskellige transportanvendelser, herunder både fremdrift af selve køretøjet og den sekundære strømforsyning. Systemerne er blevet afprøvet i demonstrationsprojekter, som har skabt

værdifulde driftsdata, og der er indgået strategiske samarbejder med producenter af køretøjer i både ud- og indland.

3.2. Brint infrastruktur

De danske kompetencer inden for systemintegration og evner til samspil og planlægning mellem forskellige værdiskabende aktører udgør et stærkt udgangspunkt for at udvikle og etablere en brint infrastruktur. Danmark er også gennem en række organisationer og netværk med i de mest avancerede internationale samarbejder om planlægning af brint infrastruktur.

Olie-, gas- og energiselskaber kan spille en vigtig rolle i opbygning og drift af en sådan brint infrastruktur. I dette afsnit beskrives danske styrkepositioner inden for en række teknologier til brint infrastruktur:

Brint produktion

Selv om Danmark på nuværende tidspunkt ikke har unikke styrkepositioner inden for produktion af brint fra vedvarende energi, findes der væsentlige danske kompetencer inden for teknologier til brintproduktion og -anlæg. Disse kompetencer behandles nærmere i strategigrupperne for PEM og SOFC under Partnerskabet for Brint og Brændselsceller.

En række lokale energiselskaber er allerede i gang med at etablere forsøgsanlæg til brintproduktion for at kunne opsamle driftserfaringer med brintproduktionens indpasning i energisystemet.

På længere sigt kan det danske energisystem udgøre et velegnet grundlag for at udvikle og afprøve forretningskoncepter for drift af brint produktionsanlæg i samspil med energisystemet. Der er i Danmark særligt behov – og formentlig også meget stor international interesse – for koncepter og metoder, der optimalt kan balancere den fluktuerende elproduktion fra vedvarende energisystemet i det samlede system.

Brint lagring og distribution

Danske virksomheder deltager aktivt i udvikling og produktion af stationære lagringstanke og samlede distributionsløsninger. En række energiselskaber har planer og udvikler projekter for drift heraf til transportformål.

Danske kompetencer til drift af naturgasnet kan bruges til at distribuere brint i samme net. Brint distribution via rør foregår kun få steder i verden, hvor der er et tilstrækkeligt volumen til at sikre rentabiliteten i de investeringstunge rørføringer. I Danmark har DONG Energy og Dansk Gasteknisk Center afklaret, at dele af det danske naturgasnet under visse forudsætninger kan anvendes

des til at distribuere blandinger af brint og naturgas. Det kræver dog, at brint og naturgas kan separeres ved forbrugsstedet.

Brint tankstationer og optankning

Hovedparten af de danske projekter for etablering af tankstationer og optankning er koordineret i det danske netværk Hydrogen Link Danmark. Dette netværk planlægger et stigende antal brint tankstationer frem mod 2012 med flere hundrede køretøjer i drift.

3.3. Aktører og styrkepositioner i Danmark

Der deltager en bred vifte af danske forskningsgrupper, uddannelsesinstitutioner og erhvervsvirksomheder i udvikling og kommercialisering af brint og brændselsceller til transport. Herudover er en række kommuner, regioner og lokale videnscentre involveret i netværks- og formidlingsaktiviteter og – nok så vigtigt – som slutbrugere i demonstrationsprojekter.

Danske forskningsgrupper er internationalt blandt de førende inden for flere nøgleteknologier til brint og brændselsceller samt engageret i anvendelse af batterier. Der er opbygget betydelig teoretisk og eksperimentel ekspertise i discipliner inden for både

materialeforskning, komponenter, design og systemanalyse samt systemudvikling. En række danske forskningsgrupper ved universiteter, forskningscentre og i industrien har både opnået de nødvendige kompetencer og opbygget den nødvendige kritiske masse for at kunne konkurrere på internationalt niveau med skelsættende forskning og udvikling.

Disse forudsætninger kan give dansk erhvervsliv en konkurrencefordel, fordi virksomhederne kan bringe sig i en gunstig position til at levere værdifulde produkter på innovative nichemarkeder globalt. Det er i den sammenhæng en fordel for de danske virksomheder, at de i tide har opbygget strategiske samarbejder med forsknings- og uddannelsesinstitutioner, der kan forkorte vejen fra forskningsresultater til innovative produkter, og som kan sikre en fortsat rekruttering af specialister.

Danmark har således gode forudsætninger for at være med helt i front inden for områder som brændselscelle hybridssystemer og brint infrastruktur. Det gælder både egentlig forskning og den praktiske udnyttelse af resultaterne i kommercielle produkter og systemer. En stærk regional og lokal involvering i aktiviteterne er en styrke i de danske bestræbelser på dels at få bragt teknologierne i praktisk anvendelse, dels at motivere flere virksomheder

Skema 3.1 Danske aktører og kompetencer

Hovedområde	Delområde	Væsentlige danske aktører
Brændselscelle hybridssystemer	Brændselscelle stakke/moduler LT-PEM, HT-PEM, DMFC og SOFC	Topsoe Fuel Cell A/S, IRD A/S, Serenergy A/S, Danish Power Systems ApS, AAU, DTU, Risø-DTU, SDU, m.fl.
	Reformering Flydende brændsler	Serenergy A/S, Dantherm, AAU, Danish Power Systems ApS, Haldor Topsøe A/S, Teknologisk Institut m.fl.
	Brint lagring Tryk- og faststofs lagring	DTU, Risø-DTU, iNANO v/AU, Teknologisk Institut, Amminex A/S og H2 Logic A/S m.fl.
	El-lagring Batterier, supercapacitorer & BMS	Lithium Balance A/S m.fl.
	Balance of Plant, kontrol og software Komponenter og system design	Danfoss A/S, Grundfos A/S, IRD A/S, H2 Logic A/S, AAU, Teknologisk Institut m.fl.
	Power Management Konvertering og styringssystemer	IRD A/S, H2 Logic A/S, AAU, Teknologisk Institut m.fl.
	System integration Transport anvendelser	IRD A/S, H2 Logic A/S, Topsoe Fuel Cell A/S, AAU, Teknologisk Institut, m.fl.
Brint infrastruktur	Brint produktion Komponenter, systemer og anvendelse	DTU, Risø-DTU, AU-HIH, Greenhydrogen.dk ApS, Vestforsyning A/S, Energi Hobro Hydrogen A/S, H2 Logic A/S m.fl.
	Brint lagring & distribution Komponenter, systemer og anvendelse	DTU, Risø-DTU, Teknologisk Institut, Dong Energy, Strandmøllen A/S, Vestforsyning A/S, H2 Logic A/S m.fl.
	Brint tankstationer & optankning Komponenter, systemer og anvendelse	Vestforsyning A/S, H2 Logic A/S, m.fl.
	El-infrastruktur	Energinet.dk, lokale elnetselskaber
Netværk & samarbejde		Cemtec, HIRC, Bass, Hydrogen Link Danmark, Scandinavian Hydrogen Highway Partnership (SHHP), Canadian Danish Joint Fuel Cell Initiative (CANDAN), HyFC, Nordisk Folkecenter for VE, Dansk Gasteknisk Center m.fl.

til at tage del i udviklingen. De mange danske aktører er organiseret og forankret i videnscentre og netværk med betydningsfulde internationale netværksrelationer og samarbejder. Skema 3.1 på side 13 giver et overblik over væsentlige danske aktører og kompetencer inden for de vigtigste teknologiområder.

3.4. Netværk og samarbejder

Det giver de danske aktører en stor fordel, at de deltager i en række velorganiserede nationale og internationale netværk, der arbejder med brint og brændselsceller til transport. Her samarbejder forskellige aktører i hele værdikæden fra vidensinstitutioner, store og små virksomheder over myndigheder på flere niveauer til slutbrugere af køretøjer.

Omkring 100 danske virksomheder, interesseorganisationer, vidensinstitutioner, myndigheder og slutbrugere deltager således i Hydrogen Link, der har en målsætning om at nå op på 200 aktører inden udgangen af 2008. Hydrogen Link har til formål at agere som et virtuelt netværk og katalysator for brint- og brændselscelleprojekter inden for forskning, udvikling og demonstration. Aktiviteterne i Hydrogen Link netværket foregår i selvstændige lokale projektkonsortier – de såkaldte H2 HUBs, der med udgangspunkt i en by eller område skal planlægge og etablere brint tankstationer med tilknyttede køretøjer.

De enkelte H2 HUBs identificeres gennem lokalt finansierede projekter, hvorigennem aktørerne planlægger, hvordan pilot- og senere større demonstrationsprojekter kan føre til, at der bliver bygget tankstationer og sat køretøjer i drift. De lokale projektkonsortier involverer også de respektive regioner og kommuner, der både bidrager med finansiering og ved at fungere som katalysatorer, formidlere og ikke mindst slutbrugere.

Hydrogen Link sigter på, at storskala demonstration skal ske inden for rammerne af Scandinavian Hydrogen Highway Partnership (SHHP), der arbejder for at etablere en tidlig skandinavisk brint infrastruktur i år 2012. Det skal gøre det muligt at benytte brint drevne køretøjer i Danmark, Norge og Sverige på tværs af landegrænserne. Foruden Hydrogen Link består SHHP af lignende netværk fra Norge (HyNor) og Sverige (Hyfuture). SHHP har organiseret adskillige samarbejdsprojekter for forskning, udvikling og demonstration af brændselscelle systemer til forskellige transportformål, bl.a. støttet af Nordisk Energiforskning og Nordisk Innovationscenter.

Senest har SHHP vedtaget en hensigtserklæring sammen med British Columbia Hydrogen Highway i Canada, der lægger rammerne for et internationalt samarbejde om brint og brændsels-

Danske aktører samarbejder i netværk, der omfatter hele værdikæden fra forskere til slutbrugere



I det dansk-canadiske samarbejdsprojekt udvikles bl.a. brintbase-rede løsninger til intern transport. Foto: H2 Logic A/S

celler til transport. Med afsæt i dette transatlantiske samarbejde er der allerede igangsat et konkret projektsamarbejde kaldet CanDan for udvikling af brændselscelle systemer til forskellige anvendelser inden for nødstrømsanlæg og niche transport.

En række danske aktører samarbejder i et innovationskonsortium, Fuel Cell Shaft Power Packs (FC-SPP), for at udvikle brændselscellesystemer til transportformål. Under det højteknologiske netværk VE-Net er der nedsat en arbejdsgruppe, der bl.a. skal undersøge integrationen af elbiler og brintteknologier. VE-Net har også taget initiativ til en nordisk ERFA-gruppe om elbiler.

Endelig deltager Danmark i en række arbejdsgrupper (Implementing Agreements) om brint, brændselsceller og batterier til transport under Det Internationale Energiagentur (IEA). Det drejer sig bl.a. om "IA-Advanced Fuel Cells – Annex XX Fuel Cell Systems for Transportation" og "IA-Hybrid Electric Vehicles, fase III – Annex XIII "Fuel Cells for vehicles".

4. Perspektiver og markedsmuligheder

Anvendelsen af brint og brændselscelle hybridsystemer til transport rummer betydelige perspektiver både for miljøhensyn, forsyningsikkerhed og økonomisk vækst i form af nye markeder for erhvervslivets producenter og systemudviklere.

På kort sigt - frem mod 2015 - gælder det primært de danske aktørers udvikling og kommercialisering af brændselscelle hybridsystemer til tidligt kommercielle transportanvendelser såsom gaffeltrucks og sekundære strømforsyninger i køretøjer.

Der kan ligeledes opbygges et marked ved at udvikle og etablere en understøttende brint infrastruktur i form af tankstationer til de tidligt kommercielle transportanvendelser.

Et netværk af brint tankstationer til vejkøretøjer i Danmark og Skandinavien kan i kombination med planlagte afgiftsfritagelser for køretøjer gøre Skandinavien som helhed til et attraktivt test- og introduktionsmarked for brændselscelle hybridkøretøjer fra den internationale bilindustri.

Frem mod 2025 kan et dansk gennembrud på tidlige nichemarkeder forbedre erhvervsmulighederne inden for brændselscelle hybridsystemer samt brint infrastruktur til vejkøretøjer. Brint og brændselscelle hybridkøretøjer forventes introduceret kommercielt i perioden 2015-2025.

På længere sigt - efter 2025 - kan en kontinuerligt stigende andel af brint som brændstof bidrage til at opfylde de nationale målsætninger for øget forsyningsikkerhed, større uafhængighed af fossile brændsler samt reduktion af CO₂-udslippet og af partikelforurening i lokalområderne.

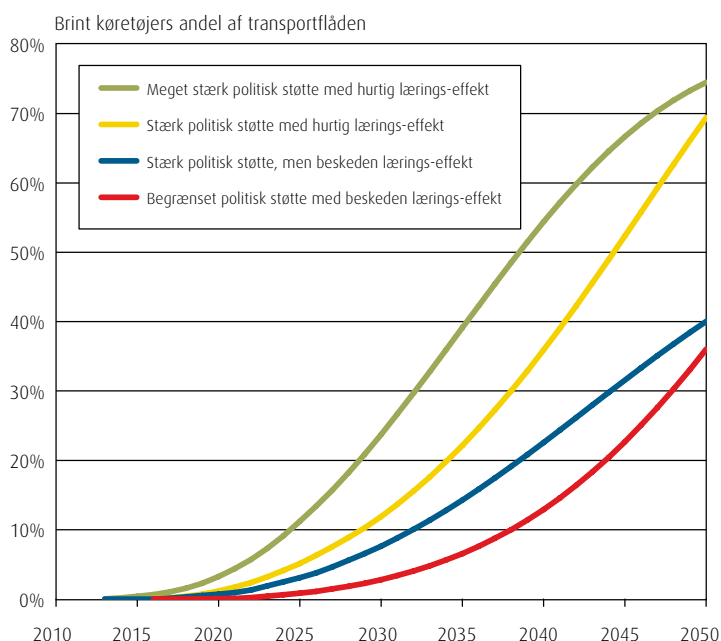
Generelt må perioden frem mod 2025 betragtes som en udviklings- og kommercialiseringsperiode. Brint og brændselsceller til transport kan således først ventes at yde et betydeligt bidrag til indfrielse af de nationale energipolitiske målsætninger efter 2025.

4.1 Internationale scenarier for brint til transport

Brint, brændselsceller og batteriers muligheder for at bidrage til energipolitiske målsætninger frem mod 2025 afhænger meget af resultaterne fra den internationale teknologiske og markeds-mæssige udvikling i perioden.

Hovedparten af verdens bilproducenter forventer at introducere kommercielle brændselscelle biler til udvalgte markedsområder i verden i perioden 2010-2015¹. Køretøjer med brintdrevne forbrændingsmotorer kan eventuelt komme på markedet tidligere,

Figur 4.1 Scenarier for brint køretøjers markedsindtrængen i EU i perioden 2010-2050



Kilde: "HyWays - The European Hydrogen Energy Roadmap Current status and Socio-Economic Aspects" Reinhold Wurster Ludwig-Bölkow Systemtechnik GmbH (LBST) 18 June 2007 www.hyways.de

1. "Fuel Cell Today Market Survey: Light Duty Vehicles" Kerry-Ann Adamson, Gemma Crawley, Fuel Cell Today - March 2006

Perioden frem mod 2025 må betragtes som en udviklings- og kommercialiseringsperiode

hvis bilproducenter eller uafhængige teknologiudbydere også satser på denne teknologi.

Fra en kommerciel introduktion af brint og brændselscelle køretøjer vil der formentlig gå en årrække, inden de opnår en betydelig markedsandel.

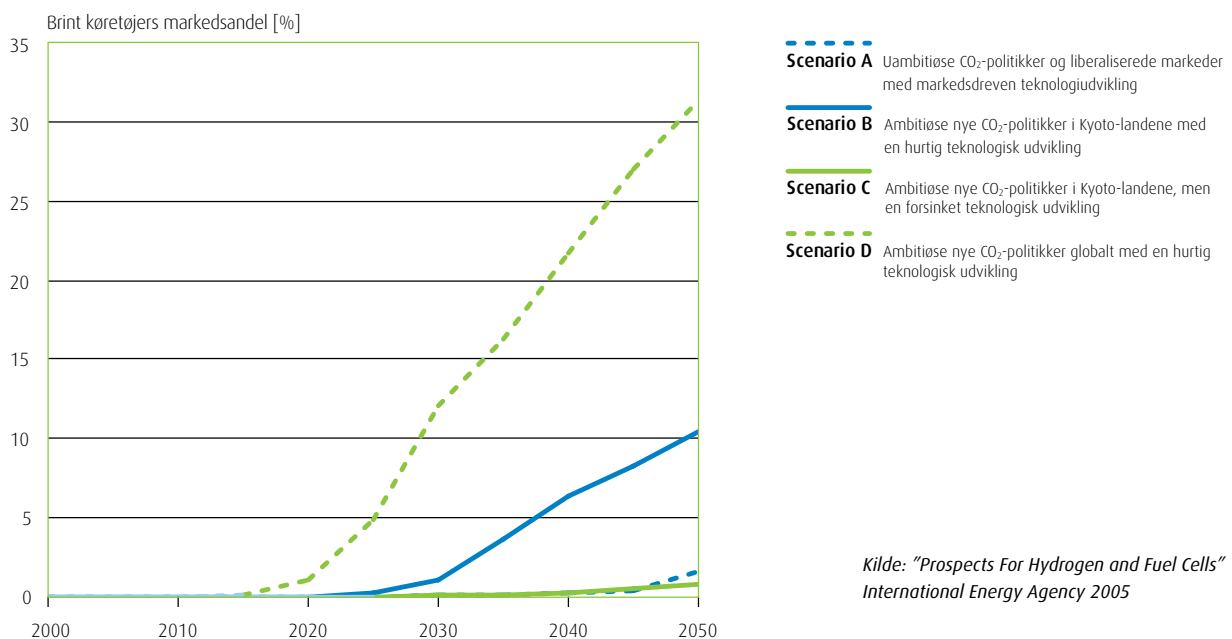
Ifølge scenarieanalyser foretaget af et EU-støttet projekt¹ kan andelen af brint drevne køretøjer i EU i år 2025 udgøre mellem 2 og 12 procent afhængig af de politisk fastsatte rammevilkår og teknologiske fremskridt. En sådan markedsandel forudsætter, at der etableres 13.000-20.000 brint tankstationer inden 2025. Frem mod 2050 kan andelen nå op på mellem 35 og 75 procent.

Teknologirådet har udviklet et scenarie, hvor andelen af elektricitet i den danske transportsektor når 15 procent i 2025² med anvendelse af batterier og brændselsceller.



Brintdemonstratoriet på Lolland, der er støttet af EFP-programmet, er et eksempel på lokale myndigheders involvering. Foto: IRD A/S

Figur 4.2 Scenarier for brint køretøjers globale markedsindtrængen frem mod 2050



1 "HyWays – The European Hydrogen Energy Roadmap Current status and Socio-Economic Aspects" Reinhold Wurster Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH 18/6 2007

2 "Dobbelt gevinst med elbiler" Teknologirådets nyhedsbrev til folketinget nr. 237 april 2007

Ifølge scenarieanalyser fra IEA¹ kan andelen af brint køretøjer globalt udgøre mellem 1 og 30 procent i 2050 afhængig af de politisk fastsatte rammevilkår og teknologiske fremskridt. I det mest optimistiske scenario kan andelen for brint køretøjer i EU udgøre omkring 42 procent i 2050. Ifølge IEA kan en kommerciel introduktion af brintdrevne køretøjer starte allerede i 2015, men markedsintroduktionen vil først tage fart omkring 2020-2025.

4.2 Markedsmuligheder for danske virksomheder

Danske erhvervsaktører står i en meget gunstig position til at udnytte en omstilling til brint og brændselsceller samt batterier til transport. Det hænger sammen med en betydelig forsknings- og udviklingsindsats gennem adskillige år, der har bragt en række danske erhvervsvirksomheder langt frem i den internationale udvikling.

En del af markedet vil fomentlig udgøres af brændselsceller til biler og busser, som ventes produceret af den traditionelle bilindustri. Dog vil en væsentlig del af potentialet på kort sigt frem mod 2015 være tidlige markeder og transportanvendelser, hvor danske virksomheder har udviklet specielle køretøjer og syste-

mer og derfor har gunstige muligheder for at levere konkurrencedygtige brændselscelle hybridssystemer og komponenter til en understøttende brint infrastruktur.

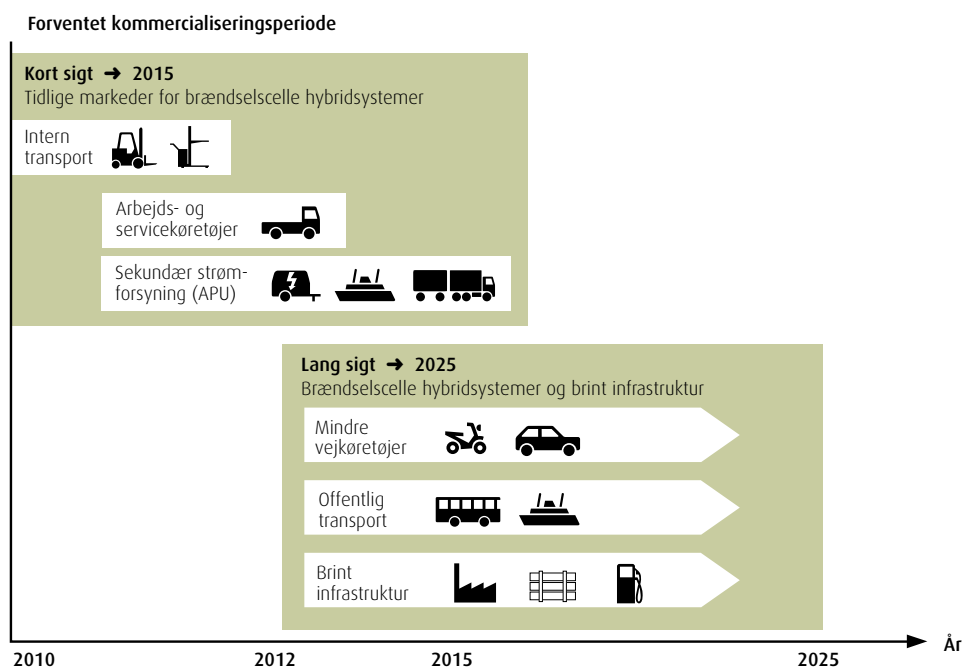
En dansk tilstedeværelse på de tidlige markeder frem mod 2015 kan bidrage til at styrke danske virksomheder på nye markeder frem mod 2025, herunder især brændselscelle hybridssystemer og brint infrastruktur til vej transport.

Ligeledes kan etablering af et netværk af brint tankstationer til vejkøretøjer i Danmark og Skandinavien samt de planlagte afgiftsfritagelser for køretøjer skabe grundlag for at gøre Skandinavien som helhed til et attraktivt test- og introduktionsmarked for brændselscelle hybridkøretøjer fra den etablerede bilindustri.

I Norge er brintbiler fritaget for afgifter, mens indkøb af køretøjer i eksempelvis USA subsidieres. I Danmark har regeringen fremsat lovforslag om afgiftsfritagelse af brintbiler. Sammenholdt med det øvrige høje afgiftsniveau for biler i Danmark skaber dette nogle særlige kommercielle muligheder i Danmark.

Strategigruppens vurderinger af danske markedsmuligheder og forventede tidspunkter for kommercialisering frem mod 2025 er vist i figur 4.3.

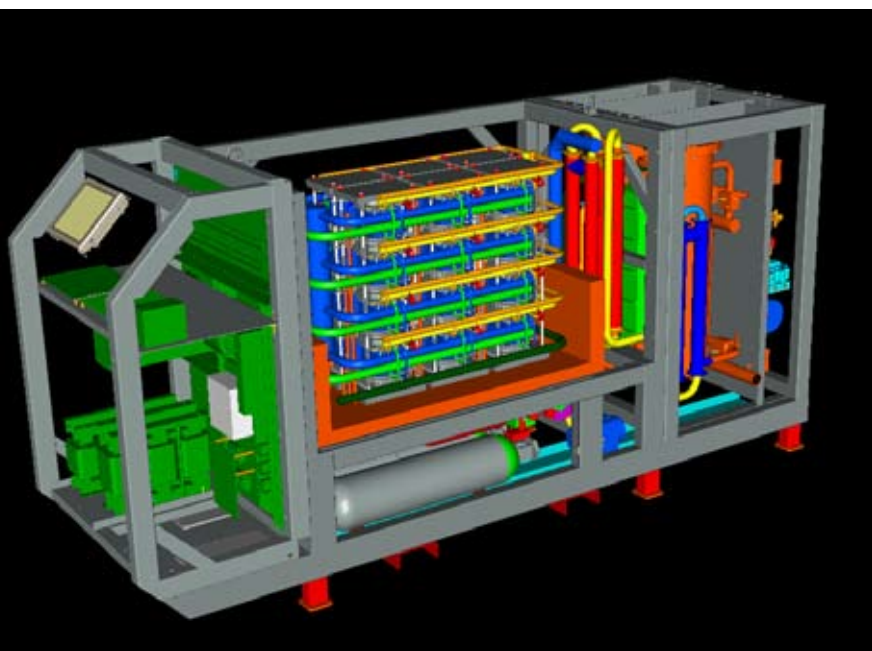
Figur 4.3 Danske markedsmuligheder på kort og lang sigt



¹ "Prospects for Hydrogen and Fuel Cells" International Energy Agency 2005

4.2.1 Brændselscelle hybridsystemer frem mod 2015

Frem mod 2015 har danske erhvervsaktører gode muligheder for at kommercialisere brændselscelle hybridsystemer til en række tidligt kommercielle transportanvendelser.



En APU-enhed til maritim anvendelse. Foto: Topsoe Fuel Cells A/S og Wärtsilä

Køretøjer til intern transport (år 2010-2011)

Anvendelse af brint og brændselsceller til køretøjer til intern transport såsom gaffeltrucks ventes at blive kommerciel allerede omkring 2010-2011.

I dag er der store arbejdstidsmæssige omkostninger og begrænsninger ved at anvende batterier i gaffeltrucks. På en enkelt arbejdsdag med tre holds skift, dvs. 20-24 timers drift pr. dag, bruges mere end 1,5 arbejdstime pr. køretøj til vedligehold, transport til og fra central batterilader, udskiftning af batterier samt tab af ydeevne i den sidste tid inden batteriets genoplading. Omkostninger i form af tabt arbejdstid betyder, at mange virksomheder er villige til at betale for en dyrere og mere tidseffektiv brændselscelle teknologi som alternativ til batterier. Nye batterier såsom lithium-ion med hurtigere opladning kan blive en supplerende teknologi.

Den årlige udskiftning af elektriske gaffeltrucks på verdensplan andrager ca. 476.000 stk. Hertil kommer, at der årligt udskiftes

batterier i 250.000 stk. gaffeltrucks. På længere sigt kan brændselsceller også erstatte forbrændingsmotorer i større diesel- eller gasdrevne gaffeltrucks, hvor der er et yderligere potentiale på 250.000 stk. årligt.

Arbejds- og servicekøretøjer (år 2011-2013)

Anvendelsen af brændselscelle hybridsystemer i forskellige arbejds- og servicekøretøjer kan gøre drift af køretøjer forureningsfri og støjsvag. Efterspørgslen efter brændselsceller i denne type køretøjer er primært drevet af hensyn til miljø og forurening, og køretøjerne er typisk spredt på få styks, hvilket fordyrer distributionen af brint. Derfor forventes kommercialisering af dette nichemarked at ske lidt senere end for intern transport, dvs. i perioden 2011-2013. Markedspotentialet for brændselsceller i arbejds- og servicekøretøjer vurderes at svare til potentialet for interne transportkøretøjer.

Sekundære strømforsyninger (APU) til forskellige anvendelser (år 2011-2015)

APU applikationer er som oftest såkaldte "one fuel" applikationer, hvor flydende brændstoffer er det eneste realistiske og foretrukne. Det betyder, at såkaldte højtemperatur brændselsceller med reformer p.t. er den mest hensigtsmæssige teknologi. Danmark har gennem mange år satset massivt på udvikling af SOFC brændselscelleteknologi og i de seneste år også på HT-PEM teknologi, der begge er velegnede til drift via reformering af flydende brændsler.

Bevæggrunden for at anvende brændselscelle hybridsystemer som APU samt markedspotentialet varierer efter hvilken APU markedsapplikation der er tale om.

Mobile generatorer

Mobile generatorer anvendes i en række applikationer til at sikre strømforsyning for en kortere periode, hvor det er kompliceret at skaffe adgang til det overordnede elnet, fx strømforsyning af fly i lufthavne og militære anvendelser. Brændselsceller i mobile generatorer giver en lydløs og effektiv strømforsyning uden partikelforurening.

Inden for effektniveauet 5-50 kW anslås der på sigt at være et markedspotentiale på væsentligt over 10.000 enheder/år.

Skibe

Brændselsceller kan med fordel anvendes til sekundær strømforsyning om bord på skibe, når hovedmotoren er slået fra ved op-

hold i havne samt under forankring på åbent hav. Brændselsceller betyder mere effektiv strømproduktion, ligesom forureningen og støj fra "tomgangsdrift" af hovedmotoren undgås til gavn for nærmiljøet, eksempelvis havne.

Foruden leverance af sekundær strøm kan der også være markedsmuligheder for brændselsceller til fremdrift af fx mindre færger og turbåde ved storbyer. En sådan udvikling kan bygge på et samarbejde mellem brændselscelleaktører og den etablerede skibsværftsindustri i Danmark.

Der bygges på verdensplan over 1000 kommercielle skibe om året med en dødvægt over 100 ton og et sekundært effektbehov på ca. 1 MW/skib i snit. Frem til 2015 vil brændselsceller til sekundær strøm blive relevant for lystbåde og mindre skibe, der typisk ligger i fast rutefart. På sigt er der et stort potentiale til sekundær strøm på skibe med 0,5-5 GW installeret effekt. På endnu længere sigt er potentialet inden for fremdrift af skibe 5-10 gange så højt. Brint vil næppe foreløbig komme i betragtning til skibe, bl.a. pga. det lave flammepunkt.

Lastbiler

Lastbiler, der lader motoren gå i tomgang under længerevarende pauser for at sikre strøm til "hotel-load" og eventuel køling af lasten, er en kilde til massiv luftforurening. Ved at lade en brændselscelle levere strømmen kan man dels reducere emissionerne, dels spare diesel, idet brændselscellen er ca. tre gange så effektiv som en dieselmotor, der går i tomgang. I USA er der en såkaldt "anti-idling" lovgivning på vej, og lignende lovgivning forventes også i Europa. Herudover vil lastbilejeren kunne spare på vedligeholdelse af dieselmotoren, idet denne – alt andet lige – er i drift i kortere tid. Det potentielle marked for supplerende strømforsyninger til nye lastbiler, som sættes i drift i USA og EU-15, andrager 400.000 stk. årligt.

4.2.2 Brændselscelle hybridssystemer frem mod 2025

Frem mod 2025 forventes anvendelsen af brændselscelle hybridssystemer til vej køretøjer kommerialiseret, ligesom opbygning af en mere omfattende brint infrastruktur af tankstationer vil blive påbegyndt.

Danske markedsmuligheder findes inden for brændselscelle hybridssystemer til mindre vej køretøjer samt en brint infrastruktur i form af brint tankstationer.

Mindre vej køretøjer (år 2012-2015+)

En lang række mindre vej køretøjer har samme effektbehov som arbejds- og servicekøretøjer samt køretøjer til intern transport.

Frem mod 2025 ventes brint til vej køretøjer at blive kommerciel



*Norge satser målrettet på at udvikle brintbaserede løsninger.
Foto: StatoilHydro*

Det betyder, at der er stor synergi og lighed mellem brændselscellesystemerne til de forskellige applikationer.

Prisniveauet for fremdrift-teknologien i vej køretøjer er imidlertid betydeligt lavere. Hertil kommer, at de private slutbrugere som udgangspunkt ikke er lige så motiverede til at betale en dyrere løsning som de professionelle slutbrugere. Vej køretøjerne kan derfor ventes at blive kommercielle noget senere, dvs. 2012-2015+, med mindre afgiftsmæssige incitamenter for de private slutbrugere kommer til at få betydelig vægt.

Det nuværende marked for personbiler udgør 50-60 millioner stk. årligt, hvoraf mindre bybiler skønnes at udgøre 5-10 procent. Hertil kommer andre køretøjer såsom mindre busser og lastbiler.

Offentlig transport (år 2012-2015+)

Anvendelsen af brint og brændselscelle hybridssystemer til offentlige transportkøretøjer kan gøre driften forureningsfri og støjssvag, hvilket især kan være til gavn for de indre bymiljøer.

Det danske energisystem med den høje andel vedvarende energi gør brint infrastruktur til et potentielt gunstigt markedsområde for Danmark



De danske markedsmuligheder findes primært inden for brændselscelle hybridsystemer til mindre offentlige transport køretøjer såsom busser og mindre færger, mens de traditionelle større busser fortsat ventes leveret af de eksisterende busproducenter og udenlandske brændselscelle virksomheder. På længere sigt kan brændselsceller tilsvarende finde anvendelse i mindre tog på strækninger, hvor trafikken er for begrænset til at gøre en elektrificering med køreledninger rentabel.

Regioner og kommuner kan spille en vigtig rolle som opbyggere af et tidligt marked ved at være de første indkøbere af transportkøretøjer baseret på brint og brændselscelle hybridsystemer.

4.2.3. Brint infrastruktur fra år 2012

Det flerstrengede danske energisystem og den høje andel af vedvarende energi samt de stærke danske kompetencer inden for energisystemer gør brint infrastruktur til et potentielt gunstigt markedsområde for Danmark. Der kan således være danske markedsmuligheder inden for udvikling og etablering af en understøttende brint infrastruktur af tankstationer til de tidlige kommercielle transportanvendelser.

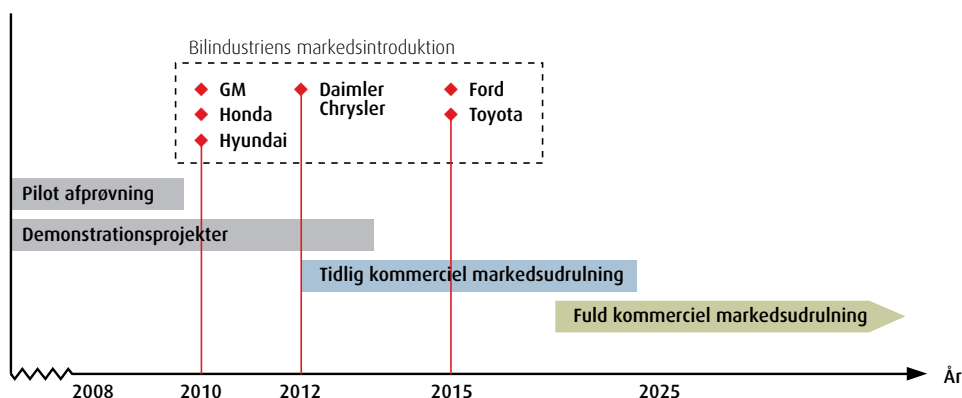
For brint infrastruktur til vej køretøjer kan Danmark og Skandinavien gennem aktiviteterne i Hydrogen Link og Scandinavian Hydrogen Highway Partnership på længere sigt blive et af de mest gunstige områder i Europa.

I Skandinavien er der igangsat aktiviteter for etablering af brint infrastruktur til pilot- og demonstrationsformål. I kombination med afgiftsfritagelser for køretøjer kan det skabe grundlag for, at Skandinavien som helhed bliver et attraktivt test- og introduktionsmarked for brændselscellekøretøjer fra den internationale bilindustri.

Udviklingen af en dansk/skandinavisk brint infrastruktur skal ses i sammenhæng med de udviklingsscenarier for brint køretøjer i transportsektoren i EU som helhed, som er beskrevet på side 15-17. Det betyder, at der frem mod 2025 må forventes forskellige udviklingsfaser, hvor tankstationer og produktionsanlæg øges gradvis i både antal og størrelse i takt med, at brintdrevne køretøjer introduceres.

De forskellige udviklingsfaser for brint infrastrukturen er vist i figur 4.4.

Figur 4.4 Udviklingsfaser for brint infrastruktur frem mod år 2025



5. Mål og indsatsområder

Den fremtidige danske indsats bør tilrettelægges, så de offentlige støttemidler og investeringer koncentrerer på de områder, hvor danske aktører har særlige kompetencer, og hvor markedsmulighederne er gunstige for dansk udviklede løsninger, både på kort og lang sigt, sådan som de er beskrevet i de foregående afsnit.

Strategien har defineret to hovedområder – brændselscelle hybridssystemer og brint infrastruktur – for den danske indsats. Teknologier og løsninger inden for disse to områder bør udvikles og demonstreres i en sammenhængende koordineret indsats, selv om omfang af indsatsen vil være forskellig på henholdsvis kort sigt (år 2008-2015) og lang sigt (2015-2025).

For at opnå den bedst mulige samfundsøkonomiske rentabilitet og optimale rammebetingelser for markedsopbygningen skal brint infrastrukturen opbygges, så den kan understøtte introduktionen af køretøjer med brændselscelle hybridssystemer på det tidlige kommercielle marked. Tilsvarende er det vigtigt, at der lokalt og regionalt findes et tilstrækkeligt antal køretøjer i forhold til antallet af brint tankstationer og anden infrastruktur.

Regioner og kommuner kommer derfor til at spille en central rolle i denne koordinering, både som planlægningsinstanser og som slutbrugere i en tidlig kommerciel fase.

Frem mod 2015 bør forsknings-, udviklings- og afprøvningsaktiviteter prioriteres på en måde, der sikrer, at antallet af køretøjer og tankstationer gradvis øges frem mod en egentlig markedsintroduktion. Brændselscelle hybridssystemer og den understøttende brint infrastruktur kan forventes at blive kommercielle i denne periode på markeder for intern transport, arbejds- og servicekøretøjer samt sekundær strømforsyning på lastbiler og skibe.

Der skal frem til 2015 opbygges en viden i form af driftsdata og -erfaringer, der kan bruges som et planlægningsgrundlag for

beslutning om, hvordan brint som brændstof til vejtransport kan introduceres på markedet i perioden frem mod 2025. En tidlig infrastruktur af brint tankstationer i Danmark og Skandinavien som helhed kan skabe grundlag for at udvikle denne region til et attraktivt test- og introduktionsmarked for brændselscelle køretøjer fra den internationale bilindustri.

En dansk indsats for udvikling og kommercialisering af brint, brændselsceller og batterier til transport kan mest hensigtsmæssigt organiseres i form af Offentligt-Privat-Samarbejde mellem erhvervslivet, forsknings- og videninstitutioner samt myndigheder på nationalt, regionalt og kommunalt niveau. Offentligt-Privat-Samarbejde forudsætter, at der skabes den nødvendige lovgivning med rammer for håndtering af offentlig-privat samfinansiering af projekter.

Der er brug for bred politisk enighed om den fremtidige indsats, herunder opbygning af hensigtsmæssige rammebetingelser for markedsaktørerne, så de private aktører kan foretage langsigtede investeringer på et gennemskueligt grundlag.

5.1.1. Brændselscelle hybridssystemer

Frem mod 2015 ligger den afgørende indsats til fremme af brændselscelle hybridssystemer fortsat inden for forskning og udvikling samt afprøvning i pilot- og demonstrationsprojekter for at gøre systemerne kommercielle på en række tidlige markeder. For at muliggøre en sådan kommercialisering er det afgørende, at systemerne demonstreres i adskillige hundrede køretøjer i perioden, og at aktiviteterne ved hjælp af markedsstøttemekanismer gradvis kan vokse over i et kommercielt marked.

I skema 5.1 findes de prismål og krav til levetider for brændselscelle hybridssystemer frem mod 2015, der er nødvendige for at gøre en anvendelse til forskellige transportformål kommercielle.

Skema 5.1 Pris- og levetidsmål for Brændselscelle Hybridssystemer til forskellige markeder

År	Markedsanvendelse	Pris pr. kW	Levetid timer
2011	Intern transport køretøjer	<12.000 kr.	~15.000
2013-2015	Arbejds/servicekøretøjer og APU	<8.000 kr.	~20.000
2015	Vejkøretøjer	745 kr. ¹	~5.000 ¹

¹ HFP Sekretariat "Interim Implementation Plan" June 2006 www.HFPEurope.org

Danmark kan bidrage til at nå målene i skema 5.1. ved at udvikle komponenter og delsystemer inden for de tidligere beskrevne områder, hvor der findes danske styrkepositioner. Den nødvendige indsats for at nå målene er beskrevet i skema 5.2 inden for hvert af de elementer, som brændselscelle hybridsystemer består af.

Der er brug for bred politisk enighed om den fremtidige indsats, herunder at skabe hensigtsmæssige rammebetingelser

Skema 5.2 Indsatsområder brændselscelle hybridsystemer

Delområde	Indsats
Brændselscelle Stakke/moduler	2008-2020 Udviklingen sker i regi af PEM og SOFC grupperne under Partnerskabet for Brint og Brændselsceller
Reformering	2008-2015 Udvikling og demonstration af kompakte reformere og integration med HT-PEM og SOFC brændselsceller 2015-2025 ■ Demonstration af on-board reforming på udvalgte køretøjer
Brint lagring	2008-2015 ■ Forskning og udvikling af nye materialer til lagring af brint, der rummer et tilstrækkeligt markedspotentiale ■ Afprøvning af nye, faste lagrematerialer i mindre lagerenheder ■ Design af lagerkonstruktioner 2015-2025 ■ Demonstration på udvalgte køretøjer
El lagring	2008-2015 ■ Udvikling og demonstration af batteristyresystemer til batterier/superkapacitorer 2015-2025 ■ Indsatsområder defineres senere på baggrund af foregående periodes resultater og fremgang
Balance of Plant	2008-2015 ■ Udvikling af BoP komponenter såsom: luft- og gas forsyningskomponenter, reguleringskomponenter samt pumper, blæsere, sensorer mv. ■ Udvikling og levetidstest af driftsstabile samlede BoP systemdesign der indfrier krav til levetid 2015-2025 ■ Indsatsområder defineres senere på baggrund af foregående periodes resultater og fremgang
Power Management	2008-2015 ■ Udvikling af DC/DC og DC/AC konverteringsteknologier ■ Udvikling af overordnet hybrid styringssystem, der integrerer brændselsceller og batteri/superkapacitor 2015-2025 ■ Indsatsområder defineres senere på baggrund af foregående periodes resultater og fremgang
System-integration	2008-2015 ■ Udvikling, afprøvning og kommercialisering inden: ■ 2011 af brændselscelle hybridsystemer til intern transport ■ 2013 af brændselscelle hybridsystemer til arbejds- og servicekøretøjer ■ 2015 af brændselscelle APU-systemer til lastbiler, skibe og mobile generatorer ■ 2015 af brændselscelle hybridsystemer til mindre vej køretøjer 2015-2025 ■ Indsatsområder defineres senere på baggrund af foregående periodes resultater og fremgang
Ramme betingelser	■ Analyse af eksisterende internationale aktiviteter og viden inden for standarder og godkendelse af brændselscelle hybridsystemer og integration i køretøjer samt afdækning af behov for særlige danske tiltag og for en dansk indsats i internationalt samarbejde ■ Opbygning af kompetencer, viden og standardprocedurer hos danske myndigheder og rådgivnings-organisationer som grundlag for godkendelse af brændselscelle hybridsystemer og køretøjer ■ Identifikation af de mest hensigtsmæssige mekanismer til stimulering af markedet i perioden 2015-2025

Skema 5.3 Prismål for brint som brændstof til forskellige anvendelser

År	Brint anvendelse	Pris pr. m ³ brint
2006	Industri gas	10-18 kr.
2011	Brændstof til Intern transport køretøjer	5-7 kr.
2015	Brændstof til vej køretøjer	1,5 kr. ¹

Alle priser er ved forbrugsstedet uden afgifter

¹ HFP Sekretariat "Interim Implementation Plan" June 2006 www.HFPEurope.org

5.1.2 Brint infrastruktur

Der bør igangsættes forsknings-, udviklings- og demonstrationsaktiviteter, der kan udvikle og teste teknologier, systemer og serviceydelser, så der senest i 2015 er grundlag for at introducere et marked for en energieffektiv og bæredygtig brint infrastruktur, som kan konkurrere med eksisterende benzin- og dieselskøretøjer i kraft af hensigtsmæssige rammebetingelser.

Desuden skal en brint infrastruktur, der er tilpasset de tidlige kommercielle transportanvendelser, udvikles, afprøves og udbygges på kommercielle vilkår i kraft af hensigtsmæssige ram-

mebetingelser. Demonstration og afprøvning af teknologierne gennem etablering af et betydeligt antal tankstationsanlæg er afgørende for, at det kan lykkes. Skema 5.3 beskriver de prismål, som skal nås for at gøre anvendelse til forskellige transportformål kommerciel.

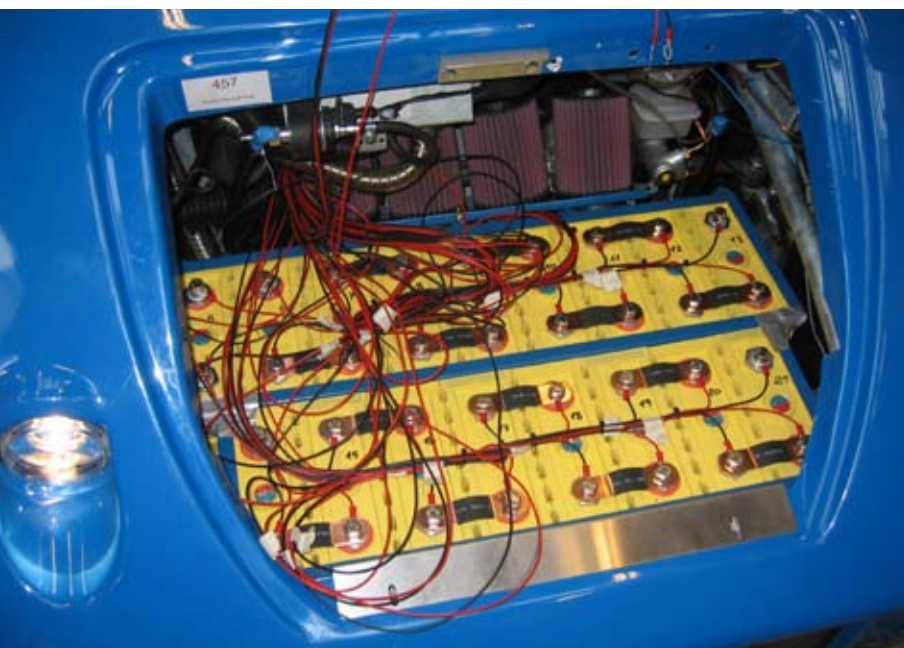
Danmark kan bidrage til at udvikle konkurrencedygtige brintpriser ved at prioritere sine ressourcer til de specifikke indsatsområder inden for brint infrastruktur til de tidlige kommercielle transportmarkeder, hvor Danmark har særlige kompetencer og erhvervs muligheder. De væsentlige indsatsområder inden for brintproduktion, -lagring og -distribution samt -tankstationer og optankning er gennemgået i skema 5.4.

Skema 5.4 Indsatsområder brint infrastruktur

Delområde	Indsats
Brint produktion	<p>2008-2015</p> <ul style="list-style-type: none"> Systemanalyser for balancering og perspektivering af fluktuerende elproduktion fra vedvarende energianlæg. Integration af brintproduktion med det eksisterende energisystem, evt. i sammenhæng med anvendelse af batterier og superkondensatorer Afprøvning og drift af brintproduktionsanlæg, der integreres i energisystemet for at opsamle driftserfaringer der kan optimere drifts- og markedsmodeller herfor <p>Udvikling af produktionsteknologi varetages i arbejdsgrupperne for PEM og SOFC under Partnerskabet for Brint og Brændsels-celler</p> <p>2015-2025</p> <ul style="list-style-type: none"> Indsatsområder defineres senere på baggrund af foregående periodes resultater og fremgang
Brint lagring & distribution	<p>2008-2015</p> <ul style="list-style-type: none"> Udvikling af teknologi til distribution af brint via naturgasnettet <p>2015-2025</p> <ul style="list-style-type: none"> Indsatsområder defineres senere på baggrund af foregående periodes resultater og fremgang
Brint tankstationer & optankning	<p>2008-2015</p> <ul style="list-style-type: none"> Udvikling, afprøvning og kommercialisering af energieffektiv brint infrastruktur med høj fyldningskapacitet, der kan anvendes på tidlige kommercielle transportmarkeder, bl.a. intern transport Gradvis opbygning af en tilstrækkelig brint infrastruktur for vejkøretøjer frem mod 2015 <p>2015-2025</p> <ul style="list-style-type: none"> Indsatsområder defineres senere på baggrund af foregående periodes resultater og fremgang
Ramme-betingelser	<p>2008-2015</p> <ul style="list-style-type: none"> Analyse af eksisterende internationale aktiviteter og viden indenfor standarder og godkendelse i relation til brintinfrastruktur samt afdækning af behov for særlige danske tiltag og for en dansk indsats i internationalt samarbejde Opbygning af kompetencer, viden og standardprocedurer hos danske myndigheder og rådgivnings-organisationer som grundlag for godkendelse af brintinfrastruktur Forsat dansk deltagelse i nationale og internationale netværk indenfor brint til transport Identifikation af de mest hensigtsmæssige mekanismer til stimulering af markedet i perioden 2015-2025 Udformning af handlingsplan for markedsintroduktion i perioden 2015-2025 <p>2015-2025</p> <p>Indsatsområder defineres af masterplan 2015-2025 som udvikles i foregående periode</p>

6. Finansiering

For at kunne nå de mål, som strategien har defineret for de enkelte indsatsområder, skønner strategifølgegruppen for transport, at der skal afsættes gennemsnitlig 50-60 mio. kr. årligt i perioden 2008-2015 til forskning, udvikling og demonstration af brændselscelle hybridsystemer og brint infrastruktur. Behovet forventes at vokse gradvis i perioden, ikke mindst fordi demonstrationsprojekter ventes at få stadig større vægt. Det samlede



Hywet er udstyret med Li-ion batterier. Foto: IET-AAU

behov for offentlig støtte skønnes at blive ca. 400 mio. kr. i perioden.

Dette offentlige investeringsbehov er skønnet på grundlag af en vurdering fra aktive aktører inden for området og er afstemt med generelle europæiske og internationale forventninger. Foruden de 400 mio. kr. nationale danske midler er der regnet med en betydelig medfinansiering til de foreslåede aktiviteter fra EU, regioner, kommuner, erhvervsliv og slutbrugere.

Med tilstrækkelige offentlige støttemidler og private investeringer frem mod 2015 ventes de danske erhvervsaktører at kunne udvikle konkurrencedygtige teknologier og produkter til de tidligt kommercielle markeder for brint og brændselsceller.

Disse markeder ventes at få et omfang på adskillige millioner enheder årligt. Et dansk industrielt gennembrud på disse tidlige markeder vil være afgørende for, at danske virksomheder kan konkurrere på internationale markeder, der ventes at blive langt større efter 2015.

På længere sigt kan indsatsen også bidrage til at øge anvendelsen af brint og elektricitet i transportsektoren og dermed til at indfri nationale energipolitiske målsætninger om forsyningssikkerhed og CO₂-reduktion.

Frem mod 2015 forventes en stigende del af de offentlige støttemidler anvendt til større demonstrationsprojekter inden for de forskellige markedsområder med danske erhvervspotentialer. I denne periode ventes mindst halvdelen af midlerne anvendt til demonstration. De angivne offentlige støttemidler omfatter dog kun aktiviteter frem til og med demonstration og indbefatter således ikke markeds- eller produktmodning, fx i form af udrulning af flere ensartede kommercielle anlæg.

Strategifølgegruppen anbefaler derfor, at dette investeringsbehov som hovedregel søges dækket ved i tide at etablere optimale markedsrammebetingelser gennem økonomiske incitamenter, der afpasses efter teknologiudviklingen og en mere konkret udmøntning af de overordnede energipolitiske målsætninger på transportområdet.

Fordelingen af de offentlige midler mellem brændselscelle hybridsystemer og brint infrastruktur bør baseres på en konkret vurdering af det danske erhvervsmæssige potentiale og af de private ansøgers og projektkonsortiers kvalitetsniveau, vurderet i et internationalt perspektiv. Dog forventes det som

udgangspunkt, at indsatsområder som brændselscelle systemkomponenter og integration får behov for størstedelen af de offentlige støttemidler.

Den grundlæggende og strategiske forskning kan opnå støtte fra Det Frie Forskningsråd, Danmarks Grundforskningsfond, Det Strategiske Forskningsråd, Energinet.dk, Højteknologifonden og Rådet for Teknologi & Innovation. I den fase, hvor der er behov for støtte til at gøre komponenter og systemer egnet til demonstration, kan der typisk opnås støtte fra det Energiteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram EUDP.

Disse offentlige støttemidler bør tildeles på en måde, så de i størst muligt omfang kan kombineres med midler fra både EU's forskellige forsknings- og regionalprogrammer samt fra danske regioner og kommuners programmer for erhvervsudvikling og for fremme af energi og miljø.

Regioner og kommuner kan gennem lokale vækstfora og ved at inddrage erhvervsservice organisationer og programmer støtte

National dansk forskningsstøtte kan kvalificere danske aktører til at opnå en højere andel af EU's forskningsmidler



udviklingen både finansielt og ved at bidrage aktivt til at opbygge lokale netværk med deltagelse af erhvervsvirksomheder. Vedvarende energi indgår som en del af regionernes udviklingsplaner, og disse kan derfor med fordel spille ind i forhold til den offentlige indsats. Ligeledes kan lokale byers og områders planer samt nationale ønsker om at etablere "Vedvarende Energi-byer" bidrage til finansiering af konkrete aktiviteter, ikke mindst når det gælder afsætningen på de tidlige markeder.

Den private finansiering vil både omfatte virksomhedernes egenfinansiering af forsknings-, udviklings- og demonstrationsprojekter, ventureselskabers investeringer i nyetablerede vækstvirksomheder inden for området samt indkøb og drift af produkter på de tidlige markeder. Supplerende offentlige midler kan anvendes til investeringer i understøttende lokal infrastruktur. Desuden kan nyudviklede produkter og systemers markedsintroduktion fremmes, hvis regioner og kommuner i større omfang foretager indkøb af energieffektive produkter på de tidlige markeder. Det forekommer således oplagt at samtænke de store planlagte investeringer fra Kvalitetsreformen i bl.a. nye og renoverede sygehuse med opbygningen af en infrastruktur, der kan understøtte de tidlige markeder, bl.a. for intern transport.

EU's 7. rammeprogram har brint og brændselsceller som et højt prioriteret teknologiområde i årene 2007-2013, der dækker en væsentlig del af strategiens kortsigtede periode. National dansk forskningsstøtte kan kvalificere danske aktører til at opnå en relativt høj andel af disse midler. EU-støtte til industriel produktudvikling og demonstration samt ikke mindst markedsudrulning kan tildeles via det 3,5 mia. kr. Joint Technology Initiative, der netop er blevet vedtaget af EU-Kommissionen, og som kan begynde at bevilge projektstøtte, når den nødvendige rammelogivning er vedtaget af Rådet og Parlamentet.



Herover ses et eksempel på en japansk brint tankstation, hvis elforbrug produceres med solceller. Foto: NHA

Øverst ses PEM-brændselscellestakken fra Hywet. Foto: IET-AAU

For perioden efter 2015 er det strategifølgegruppens vurdering, at der primært vil være tale om private investeringer baseret på offentligt finansierede markedsrammebetingelser, som skal defineres frem mod 2015. Afhængig af den internationale teknologiudvikling kan der dog fortsat være behov for offentlig støtte til forskning, udvikling og demonstration af nye generationer af komponenter og systemer.