

Skema A	Skema til beskrivelse af forsknings- og udviklingsaktiviteter																										
Aktivitet	Avanceret energilagring	Strategiområde Energi og Klima	Aktivetsområde nr. A3																								
Formål og målgruppe	<p>Det danske energisystem er unikt på grund af den store andel af vedvarende energi og en bredt distribueret elproduktion. Men med den langsigtede politiske målsætning om 100% VE i energisystemet, hvor fossile energikilder kun vil blive anvendt i spidsbelastningssituationer og i nødstilfælde, bliver andelen af fluktuerende elproduktion meget udtalt. Med 100% VE bliver det også ekstremt vigtigt at udnytte den producerede VE så effektivt som muligt samtidig med, at der sikres en stabil og pålidelig forsyning til slutbrugerne. Løsningen på denne udfordring er avancerede lagringsteknologier i forbindelse med intelligente distributionssystemer, fx ved at VE lagres til brug i transportsektoren i batterier og/eller flydende biobrændstoffer. Lagring af energi vil altid medføre et større eller mindre tab. Disse tab skal minimeres ved hele tiden at vælge den mest effektive konverteringsform afhængigt af den endelige anvendelse og lagringsteknologi. Især inden for anvendt batteriteknologi og udvikling af høj- og lavtemperaturlagre er der brug for et kompetenceløft i Danmark. Inden for andre lagringsteknologier er det især inden for nye kombinerede systemløsninger og nye anvendelsesområder, at der er behov for forskning og udvikling.</p> <p>Behov og erhvervsmæssig relevans Samtlige Teknologisk Instituts aktivitetsplaner (A1 til A4) på energiområdet har været forelagt Dansk Energi, der ved direktør Lars Aagaard slutter op om alle fire aktiviteter såvel samfundsmæssige som erhvervsmæssige relevans. Dansk Energi er en af hoveddriverne for effektiv energianvendelse i Danmark.</p> <p>Aktiviteten understøttes også af en direkte tilkendegivelse til Teknologisk Institut af udviklingschef Charles Nielsen, DONG Energy og forsknings- og miljøchef Kim Behnke, Energinet.dk. Begge disse virksomheder er hoveddrivere inden for udviklingen på energiområdet i Danmark.</p> <p>Desuden henvises til generelle tilkendegivelser på BedreInnovation.dk af blandt andre Rasmus Tengvad, Dansk Energi og udviklingschef Peter Harling Lykke, NRGi.</p> <p>Aktivetsplanen har følgende relation til BedreInnovation.dk</p> <table border="1" data-bbox="502 1630 1423 1955"> <tr> <td data-bbox="502 1630 539 1711">R</td> <td data-bbox="539 1630 810 1711">Infrastruktur</td> <td data-bbox="810 1630 1423 1671">Bæredygtige grønne byer</td> </tr> <tr> <td data-bbox="502 1671 539 1711"></td> <td data-bbox="539 1671 810 1711"></td> <td data-bbox="810 1671 1423 1711">Elektrisk og hybrid transport</td> </tr> <tr> <td data-bbox="502 1711 539 1955">F</td> <td data-bbox="539 1711 810 1955">Energisystemer</td> <td data-bbox="810 1711 1423 1751">Effektiv infrastruktur til el-drevne biler</td> </tr> <tr> <td data-bbox="502 1751 539 1792"></td> <td data-bbox="539 1751 810 1792"></td> <td data-bbox="810 1751 1423 1792">Fremtidens brintteknologier</td> </tr> <tr> <td data-bbox="502 1792 539 1832"></td> <td data-bbox="539 1792 810 1832"></td> <td data-bbox="810 1792 1423 1832">Fremtidens energiteknologier</td> </tr> <tr> <td data-bbox="502 1832 539 1872"></td> <td data-bbox="539 1832 810 1872"></td> <td data-bbox="810 1832 1423 1872">Fremtidens integrerede solenergisystemer</td> </tr> <tr> <td data-bbox="502 1872 539 1912"></td> <td data-bbox="539 1872 810 1912"></td> <td data-bbox="810 1872 1423 1912">Integration af alternativ energi</td> </tr> <tr> <td data-bbox="502 1912 539 1955"></td> <td data-bbox="539 1912 810 1955"></td> <td data-bbox="810 1912 1423 1955">Pålidelig elforsyning</td> </tr> </table>			R	Infrastruktur	Bæredygtige grønne byer			Elektrisk og hybrid transport	F	Energisystemer	Effektiv infrastruktur til el-drevne biler			Fremtidens brintteknologier			Fremtidens energiteknologier			Fremtidens integrerede solenergisystemer			Integration af alternativ energi			Pålidelig elforsyning
R	Infrastruktur	Bæredygtige grønne byer																									
		Elektrisk og hybrid transport																									
F	Energisystemer	Effektiv infrastruktur til el-drevne biler																									
		Fremtidens brintteknologier																									
		Fremtidens energiteknologier																									
		Fremtidens integrerede solenergisystemer																									
		Integration af alternativ energi																									
		Pålidelig elforsyning																									

	R Innovation	Tværdisciplinær teknologiudvikling gennem etablering af Push-Pull teknologiske innovationsplatforme hos GTS
(F: Fokus R: Relation)		
<p>Formål</p> <p>Formålet med aktiviteten er at udvikle nye avancerede og effektive energilagre, der dels tager højde for fluktuationer i energiproduktionen, dels inddrager en intelligent distributions- og forbrugsstyring af den producerede energi. Samtidig er det formålet at udvikle og distribuere løsninger, der giver muligheder for en dansk nicheproduktion.</p> <p>Målgruppe</p> <p>Målgruppen for aktiviteten er danske system- og balanceansvarlige herunder Energinet.dk, energiselskaber, fjernvarme- og fjernkølingsbranchen, varmepumpeproducenter samt potentielle danske producenter af energilagringssystemer. Herudover vil udenlandske leverandører af store og små batterier samt de danske brugere af disse blive inddraget. Der findes p.t. ingen danske producenter af batterier men en række systemintegratorer (samler de enkelte battericeller til større batteripakker og udvikler styringer til disse. Derudover er der en række SMV i Danmark, der udvikler styringer til overvågning af energisystemet både på produktions-, distributions- og på forbrugssiden. Disse SMV vil blive inddraget i FoU-arbejdet blandt andet i samarbejde med UC Berkeley i Californien, der er verdens førende universitet inden for internetbaseret styring og overvågning, og som Teknologisk Institut har indgået samarbejdsaftale med. Effekten hos målgruppen vil være tilstedeværelsen af dansk ekspertise og knowhow, og hos de systemintegratorer og potentielle producenter mulighed for eksport af intelligente og effektive VE-teknologier tilpasset et energisystem med en stor andel af VE. Især i en række af vores nabolande, hvor der er igangsat en kraftig udbygning af VE, vil man i løbet af ganske få år stå over for samme problemstilling som Danmark står over for nu. De danske virksomheder vil således kunne udvikle og afprøve den nye teknologi i det danske energisystem for derefter at eksportere teknologien til de kommende markeder med samme store andel af VE som i Danmark.</p>		
Aktivitetsplanens indhold	<p>Der vil blive arbejdet med udredning, udvikling og demonstration af nye effektive energilagringsteknologier inden for termiske, mekaniske, kemiske og elektrokemiske lagre for at kunne sammenligne og kombinere disse teknologier. Det drejer sig om:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Termisk høj- og lavtemperaturlagring med faseskiftende medier fx vakuums, flydende salte og metaller. Herved kan der lagres store energimængder ved konstante høje eller lave temperaturer og dermed minimere konverteringstabene. 2. Termodynamiske, hydrauliske og mekaniske lagre fx trykluft, vand og svinghjul. Der skal gennemføres udredningsarbejde og udvikles store stationære energilagre med en lagringseffekt i megawatt-størrelsen og lagringsenergi i megawatt-størrelse til centrale anlæg. De danske system- og balanceansvarlige er særlig interesseret i dette område for at kunne balancere den fluktuerende VE-produktion på et overordnet niveau. 3. Elektrokemisk lagring – avancerede batterier til stationære og mobile anvendelser. Der skal udvikles og demonstreres systemer med mindre batterier til køretøjer og bygninger. Den kommercielle tilgængelighed af højeffekt- og højkapacitets-battericeller muliggør opbygning af batteripakker til helt nye applikationer herunder energilagring til elnettet med meget lavt energitab. 	

4. Flydende energibærere baseret på affald og biomasse herunder anvendelse af metanol i brændselsceller. Metanol er en af verdens mest udbredte industrielle fluider sammen med ammoniak. For begge stoffer eksisterer allerede en distributions- og lagringsinfrastruktur. I dag fremstilles langt den største andel metanol på basis af naturgas, men i fremtiden vil metanol blive fremstillet af affald og biomasse. Derfor er det vigtigt allerede nu at undersøge mulighederne for at anvende metanol som energilager og -bærer, blandt andet i kombination med højeffektive brændselsceller der er med til at minimere konverteringstabene.
5. Fjernvarme og fjernkøling som fleksibelt energilager, andengenerations fjernvarme med samproduktion af kulde og varme og varmedreven fjernkøling vil give en unik mulighed for fleksibilitet og lagring i energisystemet. Her skal udvikles koncepter/produkter, der kan implementeres direkte i eksisterende centrale og decentrale kraftvarmeanlæg. Det danske fjernvarmesystem er unikt på verdensplan i udbredelse og effektivitet. Ved at kombinere energilagringmulighederne i fjernvarmenettet med decentrale produktionsenheder og VE-teknologier såsom varmepumper, solvarme og vind vil man kunne opnå en totalt set intelligent løsning.
6. Andre kombinerede løsninger, både helt nye koncepter samt kendte i kombination med nye, fx solceller og vindmøller i kombination med en eller flere af ovenstående lagringsteknologier. Nye effektive varmepumper både store og små samt 'Organic Rankine Cycle' maskiner vil ligeledes komme til at spille en større rolle i fremtidens energisystem.

Derudover vil der blive udviklet nye styringssystemer til en intelligent regulering af energiproduktion og -forbrug for at minimere konverteringstabene fra elenergi via lager og distribution tilbage til el. Her vil Teknologisk Instituts store erfaring inden for hele energikæden fra produktion, distribution og anvendelse blive udnyttet til at opbygge de mest effektive systemløsninger. Det drejer sig blandt andet om solceller, vindmøller, fjernvarme, energianvendelse i bygninger, industri og transport.

De behandlede lagringsteknologier er opdelt efter operationstid i nedenstående skema:

Operationstid	Teknologi
Sekunder og minutter	Avancerede batterier til stationære og mobile anvendelser.
Minutter og timer	Termiske, hydrauliske og mekaniske lagre fx trykluft, vand og svinghjul.
Dag og nat	Høj- og lavtemperaturlagring med faseskiftende medier fx vakuumis, flydende salte og metaller, fjernvarme og fjernkøling.
Dage og måneder	Flydende energibærere baseret på affald, biomasse og elektrolyse fx metanol.

Markedsmodningen for flere af de udviklede lagringsteknologier vil kunne ske i løbet af 5-6 år, hvorimod andre teknologier vil have en længere tidshorisont såsom højtemperaturlagring i faseskiftende metaller. Ny unik viden om anvendt energilagringsteknologi i energisystemer med fluktuerende energiproduktion vil blive opbygget på Teknologisk Institut. Den opbyggede viden vil både være unik både på et nationalt og internationalt plan, da de udvikle-

	<p>de lagringsteknologier vil blive testet i verdens eneste energisystem med en stor andel af fluktuerende energiproduktion. Gennem den opbyggede viden vil Teknologisk Institut kunne forbedre den teknologiske service over for danske producenter af energiudstyr samt ruste disse til et stort fremtidigt internationalt marked, når lande som Tyskland, England og Spanien får en tilsvarende stor andel af VE i deres energisystem.</p> <p>Forskningssamarbejdsparterne vil være Risø/DTU, Aalborg Universitet og SDU. Herudover vil UC Berkeley og Laurence Berkeley National Laboratories i Californien, Uppsala University (S) og Monash University (AU) blive inddraget i forbindelse med styring og regulering af elnettet ved anvendelse af internettet samt i forbindelse med udvikling af den nyeste batteriteknologi. I dette samarbejde vil der blive gennemført et ph.d.-forløb. Af andre samarbejdspartnere kan nævnes systemintegratorer og styringsleverandører fjernvarme- og varmepumpeleverandører samt brancheorganisationer.</p>
<p>Koordinering og samspil med andre FoU-aktiviteter</p>	<p>En stor del af den viden og de laboratoriefaciliteter, Teknologisk Institut har opbygget inden for brændselscelleteknologien, vil kunne anvendes i forbindelse med opbygningen af viden inden for batterier. Det drejer sig blandt andet om diagnosticering af batterier ved hjælp af EIS (Elektrokemisk Impedans Spektroskopi), test af batterisystemer og enkeltceller i lastbanke samt test af effektelektronik.</p> <p>Der vil desuden være synergier mellem denne aktivitetsplan, A4 'Bioresourcer og bioraffinering' og C2 'Grøn vækst – renere produkter og processer' inden for metanolproduktion på basis af affald og biomasse, hvor den producerede metanol i nærværende aktivitet vil blive undersøgt som energilager i kombination med brændselsceller. Desuden kan elektrolyse til fremstilling af flydende brændstoffer være en interessant teknologi til at øge andelen af VE i transportsektoren.</p> <p>Inden for anvendelse af vakuumis som energilager vil der være et samspil med aktivitetsplan A2 'CO₂-reduktion i industri og service', hvor komponentudviklingen til vakuumisfremstilling varetages i 'CO₂-reduktion i industri og service' og håndtering af vakuumis som energilager varetages i nærværende aktivitetsplan.</p> <p>Andre relevante igangværende FoU-aktiviteter:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 'Energy Efficient Technologies In Manufacturing' (Intelligent Energy Europe). • Varmepumper i decentrale kraftvarmeanlæg (PSO). • Fleksibelt elforbrug (PSO). • Udvikling af vanddampkompressorer. • 'SUNSTORE' (EUDP). • 'ECO Motion' (EUDP). <p>Aktiviteten forventes at skulle medfinansiere projektet i Innovative Samfundsløsninger, 'Partnerskabet for et effektivt og sammenhængende energisystem baseret på vedvarende energi' samt et planlagt innovationskonsortium inden for anvendt batteriteknologi, der indsendes i efteråret 2009.</p> <p>Derudover planlægges en større konsortieansøgning til PSO om energilagring til elnettet, hvor blandt andet batterier og svinghjul vil spille en central rolle, og mere teknologispecifikke FoU-projekter som følge af aktivitetens resultater.</p>

Formidlings- og spredningseffekt	<p>Innovationsnetværkene 'VE-Net' og 'Transportens Innovationsnetværk' vil blive inddraget i vidensspredningsaktiviteterne, hvor VE-Nets database over relevante virksomheder vil blive anvendt.</p> <p>Derudover vil der blive udvekslet forskere og ph.d.-studerende mellem UC Berkeley og Teknologisk Institut gennem CITRIS-aftalen mellem Videnskabsministeriet og University of California.</p> <p>Kvantitative mål for vidensspredning:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mindst 150 danske virksomheder vil modtage information om aktivitetens projekter, produkter og tjenester. • Mindst 20 samarbejdspartnere blandt SMV. • Mindst fem videnskabelige artikler. • Der vil blive afholdt mindst ét seminar om året om de nye lagringsteknologier.
---	---

Centrale kompetencer involveret i FoU-projektet

Navn	Stilling	Uddannelse	Erhvervs-erfaring	Ansættelse hos TI	Tidligere ansættelser
Anders Elkjær Tønnesen	Seniorkonsulent	Cand.scient.	11 år	3 år	APC Denmark ApS, BlindSight ApS, Dronningborg Industries A/S
Jesper Lebæk	Konsulent	Civilingeniør	5 år	5 år	Ingen
Kaj L. Bryder	Centerchef	Civilingeniør, ph.d.	32 år	26 år	Rambøll m.fl.
Jan Nielsen	Sektionsleder	Cand.scient.	17 år	7 år	AREPA A/S Nederlands Meetinstitut
Frank Elefsen	Teknologichef	Civilingeniør, ph.d.	26 år	20 år	DTU, Danfoss, CSIRO Australia

Milepæle 2010

- 1. Termiske høj- og lavtemperaturlagre**
 - Gennemføre et udredningsprojekt omhandlende energilagring med fase-skiftende medier. På basis af udredningsarbejdet vil de bedst egnede lagringsmetoder blive defineret ud fra både tekniske og økonomiske kriterier. Potentielle virksomhedspartnere vil ligeledes blive defineret og eventuelle internationale partnere vil blive udvalgt som deltagere i et udviklingsprojekt.
- 2. Termodynamiske, hydrauliske og mekaniske lagre**
 - Der etableres et konsortium i samarbejde med Risø/DTU om energilagringssystemer i megawatt-størrelsen i store energisystemer med deltagelse af relevante virksomhedspartnere. Konsortiet vil udvælge et antal lovende teknologier til store energilagre og efterfølgende gennemføre et eller flere demonstrationsprojekter. Disse økonomisk meget store projekter vil blive søgt medfinansieret fra andre nationale og EU-midler.
- 3. Elektrokemisk lagring – avancerede batterier til stationære og mobile anvendelser**
 - Der tages initiativ til et viden-/forskningscenter for batteriteknologi med international deltagelse.
 - Igangsætte mindst én case med Lithium Ion batterier til stationær eller mobil anvendelse. Projektet vil blive udført i samarbejde med mindst to virksomheder, og de generiske resultater vil blive spredt til andre relevante virksomheder gennem VE-Net eller Transportens Innovationsnetværk.

	<p>4. Flydende energibærere</p> <ul style="list-style-type: none"> • Et indledende udredningsprojekt gennemføres vedrørende muligheder og økonomisk potentiale for en dansk produktion af bæredygtigt metanol. • Igangsætte et udviklingsprojekt med metanol som energibærer. Projektet vil blive gennemført i samarbejde med en række nøglevirksomheder på området, blandt andet virksomheder i partnerskabet for brint og brændselsceller. <p>5. Fjernvarme og fjernkøling</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gennemføre et udredningsprojekt om anvendelsen af fjernvarme/-køling som energilagring i kombination med andre VE-teknologier. Udredningsprojektet vil resultere i en sammenligning og udvælgelse af potentielle nye samspillemuligheder mellem fjernvarme/-køling og andre VE-teknologier såsom solvarme, solceller og varmepumper i forbindelse med energilagring. Udredningsprojektet vil desuden definere potentielle partnere i et eller flere demonstrationsprojekter. • Der vil i denne aktivitet være et tæt samspil med VE-Nets indsatsområde omkring andengenerations fjernvarme, og der vil kunne henvises mindst fem virksomheder til VE-Nets aktiviteter. <p>6. Generelt</p> <ul style="list-style-type: none"> • Udarbejdelse af et teknologikatalog for energilagring. Kataloget vil give en oversigt over mulige lagringsteknologier både med hensyn til teknologi, udviklingsstade, størrelse, effektivitet, økonomi og anvendelsesområder. • Teknologikataloget vil blive præsenteret på et seminar om energilagringsteknologier i det danske energisystem i samarbejde med VE-Net. • I det første år forventes der at kunne henvises mindst 15 virksomheder til VE-Net og Transportens Innovationsnetværk.
<p>Milepæle 2011</p>	<p>1. Termiske høj- og lavtemperaturlagre</p> <ul style="list-style-type: none"> • Det i 2010 definerede udviklingsprojekt igangsættes, hvor høj- og lavtemperaturlagre kombineres med andre lagringsteknologier eller VE-teknologier. I projektet vil der blive søgt samarbejde med relevante internationale aktører på området. <p>2. Termodynamiske, hydrauliske og mekaniske lagre</p> <ul style="list-style-type: none"> • Det etablerede konsortium i samarbejde med Risø/DTU om energilagringssystemer i megawatt-størrelsen i store energisystemer vil blive videreført med videreudvikling og demonstration af de definerede teknologier. <p>3. Elektrokemisk lagring – avancerede batterier til stationære og mobile anvendelser</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der igangsættes et demonstrationsprojekt om avancerede batterier og batteristyringer til mobile anvendelser. • Der demonstreres mindre stationære batteriteknologier i forbindelse med bygninger og i kombination med andre VE-teknologier såsom bygningsintegrerede solceller. Denne aktivitet vil blive koordineret med aktiviteterne i A1 'EnergyFlexHouse i byggeriets globale udfordring'. <p>4. Flydende energibærere</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Der gennemføres et seminar om metanol som energibærer og -lager, hvor de opnåede resultater fra det indledende udredningsprojekt fremlægges. • Det i 2010 igangsatte udviklingsprojekt fortsættes i et demonstrationsprojekt med metanol som energibærer. Denne aktivitet vil blive koordineret med aktivitetsplan A4 'Bioressourcer og bioraffinering', og der vil blive henvist relevante virksomheder til VE-Net og CBMI. <p>5. Fjernvarme og fjernkøling</p> <ul style="list-style-type: none"> • På basis af resultaterne fra udredningsprojektet igangsættes et demonstrationsprojekt om samproduktion af varme og kulde i kombination med fjernvarme og -køling samt andre VE-teknologier såsom vind og solvarme. Demonstrationsprojektet vil have fokus på at anvende fjernvarmesystemet som et aktivt energilager til udjævning af fluktuationerne i elproduktionen fra vindmøller. • Der forventes at kunne henvises yderligere 10 virksomheder til VE-Nets aktiviteter inden for området. <p>6. Generelt</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der igangsættes et projekt om internetbaseret styring og regulering af energilagere og fleksibelt energiforbrug. • Der afholdes mindst ét seminar om energilagringsteknologier i samarbejde med VE-Net. • Udarbejde to videnskabelige artikler om energilagring i energisystemer med fluktuerende energiproduktion. • Igangsæt et ph.d.-forløb, forventeligt i samarbejde med University of California. • I 2011 forventes der yderligere at kunne henvises mindst 20 virksomheder til VE-Net og Transportens Innovationsnetværk.
<p>Milepæle 2012</p>	<p>1. Termiske høj- og lavtemperaturlagre</p> <ul style="list-style-type: none"> • Det igangsatte udviklingsprojekt videreføres, og der tages initiativ til at igangsætte et demonstrationprojekt om faseskiftende medier som energilager. • Teknologisk Instituts forretningsplan for området er udarbejdet og vil blive implementeret i 2012. <p>2. Termodynamiske, hydrauliske og mekaniske lagre</p> <ul style="list-style-type: none"> • Det igangsatte demonstrationsprojekt om store energilagere videreføres. I samarbejde med projektpartnerne gennemføres et seminar om store energilagere, og resultaterne præsenteres internationalt. <p>3. Elektrokemisk lagring – avancerede batterier til stationære og mobile anvendelser</p> <ul style="list-style-type: none"> • De igangsatte demonstrationsprojekter fortsættes. • Der vil blive henvist mindst 10 virksomheder til henholdsvis VE-Net og Transportens Innovationsnetværk. <p>4. Flydende energibærere</p> <p>Det igangsatte demonstrationsprojekt videreføres.</p> <p>5. Fjernvarme og fjernkøling</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gennemføre demonstration af fjernvarme/-køling som energilagingsmetode.

	<p>6. Generelt</p> <ul style="list-style-type: none">• Der udarbejdes mindst en videnskabelig artikel og der afholdes et seminar om nye avancerede energilagringsteknologier.• I 2012 forventes der yderligere at kunne henvises mindst 25 virksomheder til VE-Net og Transportens Innovationsnetværk.
--	--
