

LENR - En ny, billig og forurensningsfri energi?

SAMMENDRAG

Notatet tar for seg ulike virkninger dersom lavenergetiske kjernereaksjoner (LENR) blir en realitet. Denne energiformen er fremdeles på utviklingsstadiet, og det er usikkert om LENR-energi i fremtiden vil bli en realitet på kommersielle vilkår.

Hvis de tekniske og vitenskapelige utfordringene løses, og verden får tilgang til denne forurensningsfrie og billige energiformen, vil det ha fundamentale positive virkninger både på klimaet og på verdensøkonomien. Norsk økonomi, hvor petroleumssektoren er betydningsfull, vil derimot rammes negativt.

Virkningene av en LENR-energirevolusjon vil være betydelige. Notatet belyser hvorfor det er nødvendig for myndigheter og relevante fagmiljø å følge med i den pågående industrielle utviklingen med kommersialisering av energiproduksjon basert på LENR.

1. INNLEDNING

Lavenergetiske kjernereaksjoner har vært, og er stadig, et kontroversielt tema. Mange fysikere avviser at fenomenet kan være reelt, med henvisning til at det ville stride fundamentalt mot gjeldende teori. Andre godtar at fenomenet (eller fenomenene?) er eksperimentelt verifisert, selv om de ikke kan forklares innenfor eksisterende teori for kjernereaksjoner. Atter andre har fremmet forskjellige forslag til utvidelser av rådende teori, men uten at noen av forslagene hittil har fått bred aksept. Avklaring av de teoretiske spørsmålene vil etter alt å dømme kreve flere år. Men om det teoretiske grunnlaget for LENR er svakt, har en rekke miljøer arbeidet vitenskapelig og fremgangsrikt eksperimentelt. Mer om det etter hvert.

I utkanten av dette vitenskapelig uoversiktlige landskapet foregår det imidlertid en utvikling i industriell regi som vil få meget store konsekvenser dersom bedriftene lykkes med sine utviklingsprosjekter. Bedriftene hevder de skal levere generatorer basert på LENR som gir meget billig energi, uten skadelige miljøvirkninger, stråling eller avfall. Og videre, at løsningene er skalerbare fra enheter for noen få kilowatt til store industrianlegg. Et dusin eller flere bedrifter er engasjert, men fire er etter egne utsagn kommet så langt i utviklingen at de ser for seg markedsføring i løpet av måneder eller få år.

Tre av disse bedriftene baserer seg på beslektede løsninger for produksjon av varmt vann eller damp. En fjerde bedrift benytter en prinsipielt helt annen løsning for direkte produksjon av elektrisitet. Tre av bedriftene er "start-ups", dvs. etablert for formålet. De er til dels godt finansiert gjennom kapital fra markedet.

Det avgjørende spørsmål er naturligvis: Vil ett eller flere av prosjektene lykkes? Svaret lar seg ikke fastslå med sikkerhet av utenforstående i dag. Men det kan være nyttig å snu problemstillingen: Kan suksess utelukkes? Det er berettiget å tvile på bedriftenes optimistiske utsagn, men basert på de innsyn og prøver som er rapportert av uavhengige forskere kan suksess ikke utelukkes. Og dersom utviklingen skulle lykkes, selv med dårligere lønnsomhet enn det bedriftene forespeiler, er marginene i forhold til egenskapene i dagens energiforsyning så store at man kan se konturene av en virkelig energirevolusjon. Den vil i så fall være positiv for det globale miljøet og for energibrukere i både rike og fattige land. Men en LENR-basert energiforsyning vil kunne bli dramatisk negativ for Norges energibaserte økonomi. Virkningene kan – potensielt – bli så omfattende at selv en lav sannsynlighet for at bedriftene lykkes tilsier at utviklingen bør følges i offentlig regi. Oppfølgingen må sikre en faglig kvalifisert bedømmelse og informasjon om ledende aktivitet på området, vitenskapelige resultater og spesielt de næringsrettede prosjektene.

Dette notatet gir først en historisk gjennomgang som belyser hvordan utviklingen har ført til det meget skadelige avstandsforholdet mellom miljøer i teoretisk fysikk på den ene siden, og forskning og utvikling innenfor LENR på den andre. Dernest omtaler notatet de fire nevnte industriprosjektene, basert på bedriftenes egne utsagn og uavhengige innsyn. Til slutt gir notatet noen refleksjoner om de økonomiske virkningene dersom energiutvinning basert på LENR blir realisert.

2. «KALD FUSJON» - EN UTROLIG HISTORIE

Det begynte for 25 år siden. På en pressekonferanse på University of Utah 23. mars 1989 rapporterte elektrokjemikerne Fleischmann og Pons (F&P) at de hadde gjennomført et elektrolyseeksperiment hvor det oppsto mer varme enn det som kunne forklares med kjemiske reaksjoner. Og hvis varmen ikke skyldtes en kjemisk reaksjon, hva annet kunne det da være enn en kjernereaksjon? Fenomenet ble raskt døpt «kald fusjon». «Kald fusjon» ville være meget sensasjonelt ettersom fusjonsprosesser etter akseptert teori krever ekstremt høye temperaturer – millioner av grader. F&Ps eksperimentet er prinsipielt enkelt, men instrumentelt svært delikat. Et antall laboratorier – flere meget velansette – forsøkte raskt å kopiere eksperimentet etter F&Ps beskrivelse, men uten hell. Fordi det både var naturstridig etter rådende teoretisk forståelse, og ikke reproducerbart, ble "kald fusjon" raskt avvist. På American Physical Societys konferanse i Baltimore 1. mai – fem uker etter pressekonferansen – ble det fastslått at «cold fusion is dead!». Det påståtte varmeoverskuddet måtte skyldes målefeil. Mange anla en hånlig tone overfor F&P, bl.a. med beskyldning om bevisst bedrageri, som skulle gjøre det meget vanskelig å følge opp videre arbeider på området. Julian Schwinger, nobelprisvinner i teoretisk fysikk, interesserte seg for fenomenet og utarbeidet et forslag til teori for det. Artikkelen ble avvist av prestisjebladet Physical Review Letters i så krenkende former at Schwinger meldte seg ut av American Physical Society. Senere, og til denne dag, har både teoretiske arbeider og eksperimentelle resultater knyttet til påståtte kjernereaksjoner ved lav temperatur blitt nektet publisering i de mest prestisjetunge tidsskriftene for fysikk.

Men arbeider har fortsatt i flere land og i flere, små miljøer. Små, ettersom stemplet for uvitenskapelighet inntil nylig har hindret offentlig finansiering og rekruttering til feltet. Bare meget få universiteter har akseptert feltet for forskning og poenggivende fag, selv om man i noen land, f.eks. Japan og Italia, ha hatt en mer positiv innstilling. LENR-forskerne har holdt sine egne, internasjonale fagkonferanser, 19 i tallet hittil. Over 1700 artikler er publisert i tidsskrifter med fagfellellevurdering, hvorav de mest ansette er tidsskrifter for kjemi, som f.eks. Royal Society of Chemistry's publikasjoner. (F&P var jo kjemikere, profesjonsstrid er tenkbart et element i det hele, men det lar seg neppe bevise.)

I løpet av de seneste årene har offentlige forskningsprogrammer i USA og EU åpnet for forskning på LENR, om enn i beskjedent omfang. I USA har NASA, marinen og hæren engasjert seg, men disse også i liten skala. NASA har gitt en kontrakt til Boeing for en studie av virkningen for

flykonstruksjon dersom drivstoffvekten bortfaller som resultat av LENR-basert fremdrift. Mitsubishi i Japan forsker på LENR, om enn øyensynlig ikke konsentrert om varmereproduksjon men om anvendelse av prinsippene på omvandling av radioaktivt avfall til ikke-radioaktive stoffer. Bedriften har tatt ut patenter på en slik prosess.

Til tross for atskillig aktivitet gjennom 25 år, er stadig to spørsmål omdiskutert: Er lavenergetiske kjernereaksjoner en fysisk realitet? Og hvis fenomenet er reelt, kan slike kjerneprosesser benyttes for utvinning av billig og miljøvennlig energi? Disse spørsmålene er det neste tema.

3. LENR: REALITET ELLER ILLUSJON?

En kjernereaksjon kjennetegnes ved at atomkjerner gjennomgår forandring. Forandringen kan resultere i at atomer av ett grunnstoff forandres til ett eller flere andre, eller at isotoper av et grunnstoff endres til andre isotoper av samme grunnstoff. Prosessene betegnes grunnstoffomvandling eller elementomvandling, på engelsk transmutation.

De kjente og teoretisk forklarte kjernereaksjonene som utnyttes i reaktorer (fisjon) og i kjernevåpen (fisjon og fusjon) er ikke tema her. LENR dreier seg om reaksjoner som ikke har plass innenfor etablert teori. Ettersom ulike typer eksperimenter nå bekrefter at LENR er en realitet, innebærer dette at eksisterende teori må utvides. I og for seg er dette ikke u hørt, - flere stor teoretiske nyvinninger i fysikk har vært drevet frem av eksperimentelle resultater som ikke kunne forklares med eksisterende teori. Så hva viser eksperimentene? Her møter vi en komplikasjon: Det er flere typer eksperimenter som rapporterer «anormal» grunnstoffomvandling. Fenomenene som iakttas er så ulike at de reiser spørsmål om de er ulike manifestasjoner av ett felles, underliggende årsaksfenomen, - eller om seg dreier seg om flere, grunnleggende forskjellige prosesser. Det spørsmålet skal vi la ligge, men kort se på hovedgruppene av fenomener som knyttes til LENR, og på aktiviteter for kommersiell utnyttelse av noen av dem.

3.1. Fleischmann & Pons' eksperiment

Som sagt var tallrike forsøk på gjentakelse av F&Ps eksperiment i 1989 mislykkede. Med tiden har dette endret seg. F&P gjentok eksperimentet i 1992, da med fire parallelle oppstillinger. Disse oppførte seg likt, og med samme resultat som i 1989. Viktigere var uavhengige forskeres fornyede gjennomgang av forsøksresultatene fra 1989, som bekreftet F&Ps konklusjon. Flere har

senere forsøkt å replikere F&Ps oppstilling, men bare én eksakt, uavhengig kopiering har lyktes. Derimot har flere velansette laboratorier påvist «overskuddsvarme» i beslektede forsøk, men med avvikende instrumentell utforming. Fenomenet betegnes nå Fleischmann-Pons Heat Effect (FPHF). SRI International rapporterer således over 100 positive forsøk. Konklusjonene er entydige: Det er konstatert varmeoverskudd med uforklarlig årsak. I flere av forsøkene ble det også konstatert elementomvandling, - det definitive beviset for en kjernereaksjon.

Så skulle man kanskje tro at tvilen om eksistensen av LENR som fenomen var tilbakelagt, og Fleischmann og Pons «rehabilitert»? På ingen måte. Så lenge ingen teori har bredt gjennomslag, er det åpenbart fritt frem for «skepsis» om eksperimenterenes gyldighet. Men dette hindrer altså ikke fremføringen av prosjekter for å utvikle produkter for markedet, basert på LENR.

3.2. Produksjon av varmt vann

De tre prosjektene for produksjon av varmt vann/damp som er nevnt ovenfor baserer seg på prinsippet omtalt i boksen under. Prosjektene omtales i det følgende:

Gassdiffusjon i metaller.

Dette var F&Ps tilnærming. Utgangspunktet er at overflaten i et metall (palladium, Pd) mettes med en gass (deuterium, "tungt hydrogen, D). Elektrisk strøm i en glødetråd varmer opp metallet. Under visse fysiske betingelser som F&P ikke klarla nøyaktig oppstår kjernereaksjonen. Mange forskere har fortsatt arbeidet med Pd og D. Men prosjektene for kommersiell produksjon av varmt vann/damp er i stedet basert på metallet nikkel (Ni), og gassen hydrogen (H). Ettersom det er klart at det dreier seg om et overflatefenomen i metallet, blir metallet pulverisert for å gi størst mulig overflate. Pulveret tilføres hydrogen (gass eller fra et hydrogenholdig fast stoff) under temperatur på noen hundre grader. I de kommersielle utviklingene tilføres pulset elektromagnetisk stråling med høy frekvens. En kraftig ytterligere oppvarming skjer på grunn av varme avgitt av en prosess i det mettede metallet. Det avgis mer varme totalt enn den som tilføres elektrisk. Frekvens og pulsene av den elektromagnetiske strålingen er vesentlig for styring av prosessen. Strålingens signaturer holdes bedriftshemmelig og varierer bedriftene imellom. Den mekaniske utførelsen av enhetene har ingen bevegelige deler, og er også ellers svært enkle.

a) Leonardo Corporation

Firmaet er italiensk med forretningsmessig etablering også i USA. Det er grunnlagt og drives av Andrea Rossi, en egenrådig oppfinner med et blandet rykte. Han har samarbeidet med en nylig

avdød italiensk professor i teoretisk fysikk om utviklingen av E-CAT, en reaktor for produksjon av varmt vann. Fire ulike utviklingsmodeller har blitt testet i regi av svenske Elforsk med finansiering av Kungliga Vetenskapsakademien og Vattenfall AB. Testingen er gjennomført av forskere ved Universitetet i Bologna, Kungliga Tekniska Högskolan (KTH) og Uppsala Universitet. Testrapportene er offentlig tilgjengelige og preges av faglig tyngde selv om de, som alt annet i dette feltet, er utsatt for kritikk. Et hovedresultat er verifisering av at varmeproduksjonen i cellene langt overstiger mulige kjemiske prosesser, og derfor bare kan tilskrives en kjernereaksjon. Rossis påstand om at reaktoren kan lever opptil 10 kW, og seks ganger mer energi (varme) ut enn den energien (elektrisk) som kreves for å kjøre reaktoren, er imidlertid ikke ettervist. En særegenhet ved Rossis løsning er anvendelsen av en hemmeligholdt katalysator (hjelpstoff) som er meget virksom i prosessen. I den seneste testen, som gikk over 32 døgn i mars 2014, ble det produsert 1,5 MWh overskuddsvarme, basert på 1 gram nikkel. Videre ble det konstatert elementomvandling, til ytterligere bevis for en kjernereaksjon.

Leonardo Corporation tilbyr for eksperimentell drift en enhet bestående av 106 reaktorer montert i en vanlig shippingcontainer. Enheten oppgis å kunne levere inntil 1500 liter varmt vann per time, i temperaturområdet 85-200 grader. En nærliggende anvendelse vil være i et større, vannbasert sentralvarmeanlegg. Tilført energi oppgis i gjennomsnitt over tid å være 167 kW, og avgitt varmeenergi 1MW. Det er ikke offentliggjort noen rapport fra uavhengig testing av enheten. Ett anlegg opplyses å være levert til en offentlig kunde i USA, men dette er ikke verifisert. Anlegget tilbys for 1,5 M\$. Driftskostnaden oppgis til 0,002 \$/kWh (ekvivalent varme). Anlegget oppgis å være offentlig sertifisert i Italia.

b) **Brillouine Energy Corporation (BEC)**

Firmaet er amerikansk og er grunnlagt og drives av Robert Godes, en ingeniør med brede kunnskaper. Godes har utviklet en teori som ligger til grunn for hans styring av prosessen i hans reaktorer. Det dreier seg om to forskjellige reaktorer, den ene "tørr" med kjølevæske utenfor selve reaksjonskammeret (som E-CAT), den andre med et væskefylt reaksjonskammer. Den førstnevnte er tenkt for anvendelser i kW-området, den andre for effektområdet 5-10 MW. Reaktorene oppgis å avgi 2-3 ganger mer energi enn det som kreves for å holde prosessen gående. Bedriften anser at denne ytelsen må og skal forbedres til minimum 3X, og helst mer, før en kommersiell lansering kan finne sted. Ytterligere forbedring av ytelsen vil være en forut-

setning for god markedsøkonomi. Utviklingsmodeller er testet ved SRI International gjennom et langvarig samarbeid. Når tilfredsstillende ytelse er oppnådd, vil konstruksjonen etter planen lisensieres til produsenter av varmtvannsberedere og fyrkjeler, etter hvert på global basis.

c) **Defkalion Green Technologies**

Selskapet er har virksomhet i Hellas og Canada. Det er grunnlagt og drives av Alexander Xanthoulis som ikke selv er forsker. Firmaet inngikk tidlig en avtale med Rossi om produksjon og markedsføring av E-CAT, men dette samarbeidet opphørte i 2011. I forståelse med Rossi har Defkalion fortsatt en egen utvikling av en enhet betegnet Hyperion. Utviklingen gjennomføres i stor grad gjennom kontrakter med andre bedrifter og forskningslaboratorier. Firmaet oppgir at de arbeider med fire nærbeslektede modeller for effekter i området 5-45 kW. Det dreier seg om produksjon av damp, opp til 1100 grader, og energipriser på 0.01 \$/kWh. Dette er bedriftens egne opplysninger, som det ikke foreligger godt grunnlag for å vurdere realismen av. En test som ble utført av utenforstående (det amerikanske firmaet National instruments og en italiensk forskergruppe) i forbindelse med den 18. International Conference on Cold Fusion i juli i år forløp tilsynelatende bra, men ble senere diskreditert av en av de italienske forskerne under svært uklare omstendigheter. Defkalion arbeider aktivt for å få sin Hyperion-konstruksjon sikkerhetsgodkjent gjennom tester i EU-systemet, og hevder å ha klargjort en produksjonskapasitet for 300.000 enheter per år.

3.3 Produksjon av elektrisitet

Firmaet BlackLight Power, Inc. i USA ble grunnlagt og drives av Randell L. Mills. Han har universitetsutdannelse i elektrofag og medisin, og har skrevet omfattende bøker og artikler til støtte for sine teorier i teoretisk kjernefysikk. Teoriene har liten aksept. Det er heftig uenighet som i LENR-feltet forøvrig. Mills' prosess går ut på å skape en stabil, skarpt lysende "kule" av gass (egentlig plasma, dvs. ladede gasspartikler). Lyset konverteres til elektrisitet med vanlige solceller. Energien som holder "ildkulen" oppe sies å komme fra en kjerneprosess hvor hydrogen avgir energi og blir redusert til en lavere energitilstand enn den naturlig forekommende. Hydrogenet skaffes av prosessen selv fra vann, som altså er prosessens drivstoff. Hvis dette virker mystisk kan det være til trøst at dette er vanskelig å forstå også for de faglig velkodde.

Firmaets påstander om prosessens ytelser er enda mer oppsiktsvekkende enn ytelsene for «vannkokerne» omtalt ovenfor. Produksjonsenheten er teknisk komplisert, men firmaet hevder at en enhet med størrelse én kubikkfot vil produsere 10 MW elektrisitet til en pris av 0,001 \$/kWh.

BlackLight Power er relativt åpne om sin prosess og fremgangen i arbeidet. De avholder offentlige demonstrasjoner av kritiske elementer i konstruksjonen, og har invitert inn en rekke fagfolk til å se dem i kortene. Disses positive rapporter oppfattes likevel ikke som uavhengige, ettersom de er bestilt og betalt av firmaet. Tidspunktet for produksjonsklar enhet har imidlertid blitt forskjøvet flere ganger. Holdbarheten av Mills' radikale påstander i så vel teori som teknologi kan bare avklares ved troverdig demonstrasjon av hele enheten, så verden får vente og se.

3.4 Nanoteknologisk elementomvandling

Som nevnt innledningsvis forsker Mitsubishi i Japan på anvendelse av LENR for omvandling av radioaktive avfallsstoffer til ikke-radioaktive stoffer og har tatt ut patenter i denne sammenheng. Virksomheten har ikke direkte betydning for energiproduksjon, men den kan indirekte få betydning som et eksperimentelt bidrag for teoretisk forståelse av lavenergetiske kjerne-reaksjoner. Mitsubishis forskning er basert på nanoteknologi, hvor prosesser tilsvarende metningen av metalloverflater med gass utføres ved oppbygging av materialer med ønsket sammensetning, kontrollert atomsjikt for atomsjikt. Materialet blir så utsatt for kjemisk eller elektrisk påvirkning i svært kontrollerte former, og elementomvandlinger i materialet kan observeres i stor detalj. Teknikken hevdes å gi meget god replikerbarhet, og synes derfor godt egnet for forsøk for testing av LENR-teorier. Teori er viktig, for de fleste som har innsikt i feltet er enige om at først når det foreligger et teoretisk grunnlag med overbevisende forklaringskraft kan man ha full sikkerhet for at LENR faktisk holder løftet om fravær av skadelige virkninger.

4. TEKNISK OPPSUMMERING

Som forskningsfelt er lavenergi kjernereaksjoner nokså uryddig. Eksperimenter og teori fremmes fra flere ulike vinkler, og avvises av autoriteter. Ikke desto mindre tegner det seg et bilde av eksistensen av ett eller flere fenomener som faller utenfor den aksepterte kjernefysiske teori.

Den videre vitenskapelige avklaringen må man overlate til fagmiljøene som et indre anliggende. Den bredere interessen skyldes forskjellige industriengasjementer for utvikling av enheter for produksjon av billig og miljøvennlig energi. Også disse prosjektene er omdiskutert, og det er ikke mulig i dag å danne sikre, uavhengige bedømmelser av holdbarheten av bedriftenes påstander. Men dersom en eller flere av bedriftene skulle lykkes, om enn med lavere ytelser enn de påstår i dag, vil konsekvensene kunne bli betydelige. Dette er tema nedenfor.

5. ØKONOMISKE VIRKNINGER AV LENR

Skulle LENR om noe tid bli en realitet innenfor de økonomiske rammer som utviklerne håper på, vil det gi en energirevolusjon. Det vil gi en todelt direkte virkning, hvor de som eksporterer fossil energi i dag, herunder Norge, vil erfare en velstandsnedgang, med motsatt, positiv effekt for de som importerer fossil energi. Samtidig kan man vente at en varig redusert energikostnad vil øke veksten i verdensøkonomien, som over tid fører til økt velstand også for fossileksportører.

Hvor mye et LENR-gjennombrudd vil kunne presse ned energikostnader med, er vanskelig å estimere mens teknologien er i utviklingsstadiet. Relevante faktorer inkluderer bl.a. hvor lang tid det tar å utvikle LENR, hvor raskt LENR-løsninger implementeres, formen på LENR som realiseres, nivået på realiserte drifts- og installasjonskostnader for LENR-anlegg og situasjonen på verdens energimarked i fremtiden. Men selv om mye er usikkert, er det mulig å skissere retningen på noen av virkningene.

5.1. Virkning på verdensøkonomien av LENR

Realiseres LENR, vil det presse verdens energikostnader nedover. Over tid vil det gi en klar, positiv virkning på verdensøkonomien, med høyere økonomisk vekst og økt global velstand. Jo billigere LENR blir, jo større vil de positive vekstvirkningene på verdensøkonomien være. For å gi en indikasjon på virkningen av redusert energipris: Et anslag fra et myndighetsorgan i USA på virkningen av en reduksjon i oljeprisen med 30 USD er at BNP-veksten året etter i USA om lag ville øke med 1 prosentpoeng.¹ En LENR-revolusjon vil ikke kun påvirke oljepris, men trekke ned andre energikostnader. Et estimat av en av aktørene var at produksjonsprisen for strøm i USA med LENR kunne bli 0,01 USD for 1 kWh, om lag 1/3 av produksjonskostnaden med kullbasert strømproduksjon.² Nå vil vekstvirkingen på økonomien variere fra land til land, avhengig av nærings- og energistrukturen, men virkningen er gjennomgående positiv.

Blir LENR en realitet, har det også en klar positiv virkning ved at det vil gjøre strøm tilgjengelig for en betydelig andel av verdens befolkning som i dag ikke har tilgang på strøm. Det skyldes dels reduksjonen i driftskostnad ved LENR-basert strømproduksjon, men vel så mye intensjonen om at LENR skal kunne gjøres tilgjengelig ved desentraliserte anlegg uten behov for utbygging av fungerende nasjonale strømmnett, noe som er mangelvare i mange utviklingsland. Tabell 1 under gir en oversikt over antall mennesker, spesielt i utviklingsland, som anslås å mangle eller ha begrenset tilgang til strøm.

Tabell 1: Antall mennesker uten tilgang til moderne energitjenester/strøm, etter region. Millioner. 2012

	Without access to electricity		Traditional use of biomass for cooking*	
	Population	Share of population	Population	Share of population
Developing countries	1 283	24%	2 679	49%
Africa	622	57%	728	67%
Sub-Saharan Africa	621	68%	727	80%
Nigeria	93	55%	115	68%
Ethiopia	70	77%	87	95%
DR Congo	60	91%	61	93%
North Africa	1	1%	1	1%
Asia	620	17%	1 875	51%
India	304	25%	815	66%
Bangladesh	62	40%	138	89%
Indonesia	59	24%	105	42%
Pakistan	56	31%	112	62%
China	3	0%	448	33%
Latin America	23	5%	68	15%
Brazil	1	1%	12	6%
Middle East	18	8%	8	4%
World**	1 285	18%	2 679	38%

Kilde: IEA, World Energy Outlook 2014

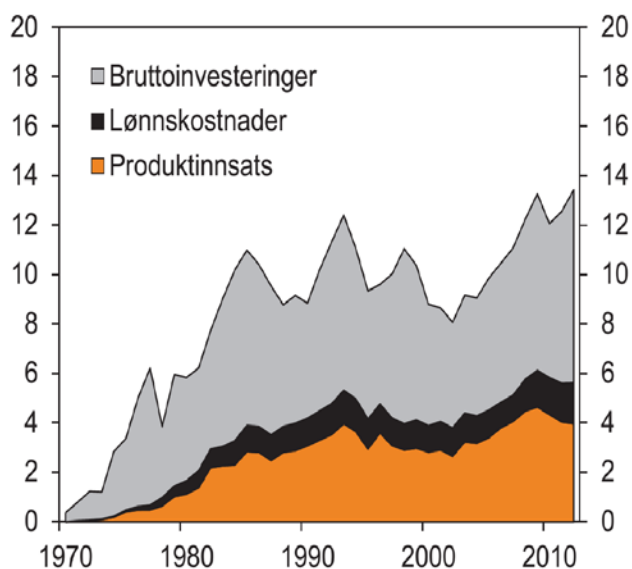
5.1 Virkning for Norge av LENR

Blir LENR en realitet, vil det presse energiprisene nedover. I hvilken grad det vil ha negativ innvirkning på norsk økonomi, vil langt på vei være avhengig av hvor dominerende oljesektoren er i Norge når den tid måtte komme.

Petroleumsnæringen har siden 1970-tallet utviklet seg til å bli den dominerende næringen i Norge. Figur 1 viser Finansdepartementet og SSB sitt estimat på omfanget av etterspørsel fra

petroleumsnæringen før nedgangen i oljepris det siste året, fordelt på bruttoinvesteringer, lønnskostnader og produktinnsats. Reduksjonen i oljeprisen har primært gitt virkninger i reduserte investeringsplaner fremover, mens utgifter til lønn og produktinnsats (vedlikehold mv.) i holder seg oppe over en lengre tidshorison. Enkelte oljefelt, slik som Johan Sverdrup, er fremdeles lønnsomme med en oljepris en del under dagens nivå på 60-tallet USD per fat, men det skal ikke et alt for stort ytterligere prisfall til før det aller meste av nyinvesteringer vil bli satt på hold. En oljepris under 40 USD vil med dagens kostnadsstruktur reelt bety slutten på investeringer i nye oljefelt, mens investeringer i felt i drift vil fortsette med redusert omfang.

Figur 1: Etterspørsel fra utvinning av petroleum. Prosent av BNP for Fastlands-Norge



Kilde: Prop. 1 S Tillegg 1 (2013-2014)

Hvilken virkning et oljeprisfall vil ha på økonomien, er avhengig av de forutsetninger som legges til grunn. I NOU 20013: 13, Holden III-utvalget, som tok for seg utfordringer for konkurranseutsatt sektor og lønnsdannelsen, ble det med utgangspunkt i SSB sin MODAG-modell estimert et etterspørselsdrevet oljeprisfall i 2015 fra en oljepris på 90-tallet ned til en oljepris på 60-tallet, noe som er nær utviklingen vi reelt har erfart. Toppen i de negative økonomiske virkningene er estimert å komme fire år senere, hvor bl.a. BNP utenom petroleumssektoren er redusert med 6,2 prosent og arbeidsledigheten til å ha steget fra om lag 3,5 til 5 prosent. Selv om økonomien

bedres noe etter det, forblir arbeidsledigheten varig høyere, nær 1 prosentpoeng høyere 20 år senere og BNP og privat velstand lavere.

Tabell 2: Modellberegnete virkninger og forutsetninger av en etterspørselsdrevet nedgang i oljeprisen på noen makroøkonomiske hovedstørrelser. Avvik fra referansebanen (med moderat reduksjon i aktivitet i oljesektoren tilsvarende -0,4% av Fastlands-BNP per år frem til 2040) i prosent der ikke annet fremgår.

	2015	2016	2020	2025	2030	2035	2040
Konsum i husholdninger	-0,1	-1,2	-6,7	-9,8	-5,1	-4,8	-9,6
<i>Bruttoinvesteringer i alt</i>	-2,0	-8,6	-12,1	-10,7	-4,9	-5,1	-8,3
Utvinning og rørtransport	-5,3	-24,5	-30,2	-19,2	-22,1	-29,7	-21,2
Fastlands-Norge	-0,1	-0,5	-4,1	-7,3	0,5	0,4	-5,7
Næringer	0,2	1,1	7,0	0,4	8,6	4,0	0,8
<i>Eksport i alt</i>	-3,9	-5,2	-4,7	-0,7	-1,2	-2,6	-2,8
Eksport av olje og naturgass	0,0	-0,3	-1,5	-3,0	-6,9	-9,7	-9,7
Eksport utenom petroleum og rørtransport	-6,8	-8,6	-6,6	0,4	0,8	-1,0	-1,7
Import	-3,4	-6,6	-10,5	-11,1	-5,8	-5,9	-9,9
<i>BNP</i>	-0,9	-2,4	-5,0	-5,0	-3,6	-4,0	-6,0
Utenom petroleumsutvinning	-1,4	-3,1	-6,1	-5,5	-3,0	-3,2	-5,5
Industri	-4,5	-7,3	-5,7	3,1	5,8	6,4	8,7
Sysselsatte personer	-0,6	-1,4	-4,0	-4,2	-3,3	-3,2	-3,9
Arbeidstilbud	-0,3	-0,8	-2,8	-3,1	-2,6	-2,5	-2,9
Samlet netto innvandring fom. 2015, prosentpoeng av befolkningen	-0,1	-0,2	-1,0	-1,7	-2,1	-2,2	-2,3
Arbeidsledighetsrate (prosentpoeng)	0,3	0,7	1,3	1,3	0,8	0,9	1,2
Gjennomsnittlig timelønn	-1,2	-3,1	-7,5	-6,9	-8,1	-10,4	-13,3
Husholdningenes disponible realinntekt	-0,7	-2,9	-7,4	-8,9	-7,0	-7,7	-11,7
Konsumprisindeksen	-0,6	-0,9	-2,8	-2,3	-4,5	-6,7	-8,4
Boligpris	-3,0	-8,2	-25,2	-22,4	-4,3	0,8	-16,6
Importpris	-2,2	-2,0	-1,6	4,6	0,1	-3,6	-5,1
Kronekurs	4,9	3,7	5,1	15,1	9,4	4,8	4,0
Pengemarkedsrente (prosentpoeng)	-0,9	-1,8	-3,0	-1,9	-2,6	-2,3	-2,6
Oljekorr. budsjettunderskudd, andel av BNP uten petroleumsvirksomheten, prosentpoeng	0,7	1,2	1,4	0,6	-1,2	-1,3	-1,2
SPU som andel av BNP utenom petroleumsvirksomheten	-37,1	-15,0	-17,2	-13,8	-34,6	-41,8	-35,1
<i>Forutsetninger</i>							
Realoljepris, USD	-57,0	-35,0	-33,3	-33,2	-33,2	-33,2	-33,2
Eksportmarkedsindikator	-15,9	-12,8	-10,6	-6,8	-7,2	-7,2	-7,2
Endring i skattesatser: Skatt som andel av inntekt før skatt, prosentpoeng	0,0	0,0	0,3	0,4	0,4	0,6	2,2
Offentlig konsum	0,0	0,0	-3,9	-5,8	-6,7	-7,1	-7,7
Sivile offentlige investeringer	0,0	0,0	-3,9	-8,0	-11,2	-17,5	-23,5

Kilde: NOU 2013: 13 – Holden III.

Professor Hilde Bjørnland ved BI har vist til at virkningen av oljesektoren er større enn SSB sin modell og Figur 1 kan antyde. Sammen med kollegaer har hun anslått at «Mer enn 40 prosent av svingningene i fastlandsøkonomien kan altså knyttes direkte eller indirekte til aktiviteten i oljesektoren - både investering og drift - eller til variasjoner i oljeprisen.»³ Det indikerer større negative impulser på norsk økonomi enn om SSB sine modeller benyttes.

Oljeprisen drives av mange faktorer, herunder politiske uroligheter og etterspørsel som reflekteres i styrken på den globale økonomien. Den kan derfor både gå opp og ned sammenlignet med dagens nivå på 60-tallet USD per fat. Skulle LENR bli en realitet, kan en vente at oljeprisen vil synke fra det gjeldende nivået, og at effekten blir større over tid. En kraftig korreksjon i oljeprisen, over en kort tidsperiode, gir en større negativ virkning for norsk økonomi enn om korreksjonen kommer gradvis. Man kan også legge til grunn at om LENR bidrar til at oljeprisen stabiliserer seg på et nivå som er vesentlig lavere enn dagens nivå, vil de negative virkningene på norsk økonomi kunne bli klart større enn det SSB sin beregning tilsier.

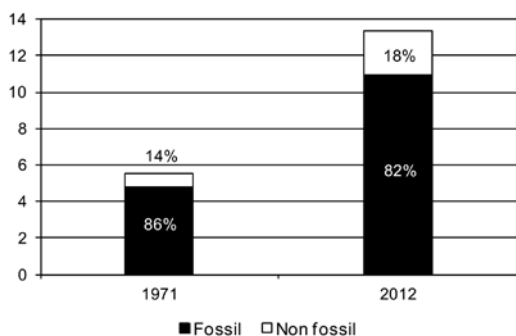
Det vil ta tid før LENR kan ha blitt kommersielt tilgjengelig. Noen aktører gir estimer på rundt 10 år før LENR er i markedet. Det kan fremstå som et stykke frem i tid, men for å sette det i perspektiv, er det kortere enn det ofte tar å utvikle et nytt oljefelt på norsk sektor. Trusselen om inntreden av LENR, eller økt tilbud av andre miljøvennlige energialternativer, kan derfor i seg selv legge en demper på fremtidige oljeinvesteringer.

6. KLIMAVIRKNINGER AV LENR

Uansett grunnsyn på klimautfordringene: Skulle det lykkes å kommersialisere LENR, vil det ha stor, positiv betydning for reduksjon av menneskeskapt klimagassutslipp.

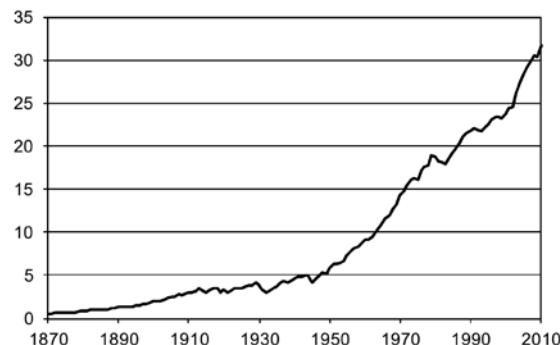
Det er ukjent om LENR blir en kommersiell realitet, og om det skulle skje, er det ukjent når det vil skje og hvilken innvirkning på klodens energisystem det vil føre til. Gitt usikkerheten, foreligger det naturlig nok ingen grundig klimaanalyse av LENR. Men det er mulig å skissere retning og indikativ klimavirkning LENR kan ha. Figur 2 viser endringen i verdens energibruk i 1971 og 2012, fra under seks til om lag 13 gigatonn oljeekvivalenter (oe), hvor fossil energi har mer enn doblet seg, til nesten 11 gigatonn oe. Andelen ikke-fossil energi har økt marginalt, fra 14 til 18 prosent.

Figur 2: Verdens primære energikilde, Gigatonn oljeequivalenter. 1971 og 2012



Kilde: IEA, 2012 CO2 Emissions Overview

Figur 3: Utslipp av CO2 fra fossil forbrenning. Gigatonn CO2, 1870-2010

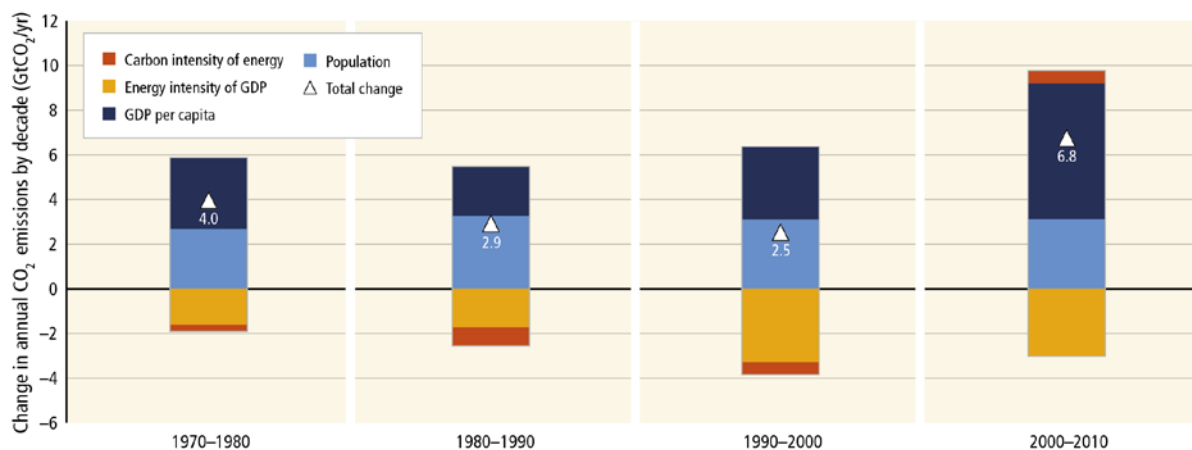


Kilde: IEA, 2012 CO2 Emissions Overview

Utslippene av CO2 fra fossil forbrenning har økt betydelig etter andre verdenskrig, og veksten viser ingen tegn til å avta, men er snarere økende, slik det fremgår av figur 3. Figur 4 gir en oversikt over de fremste faktorene bak CO2-utslippene. De to hovedfaktorene er økt befolkning og BNP per innbygger i verden. Energiintensiteten per enhet BNP har de siste 40 årene vært nedadgående, og mest de siste 20 år. Karbonintensiteten i energibruken var nedadgående mellom 1970 og 2000, men bidro til økt CO2-utslipp mellom 2000 og 2010. Samlet økte CO2-utslippene mer årlig mellom 2000 og 2010, med 6,8 prosent, enn i de foregående 30 år.

Det er lite realistisk å legge til grunn at befolkningsveksten vil stoppe opp i nær fremtid. FN anslår at veksten vil vare frem til i hvert fall 2050.⁴ Det er også lite realistisk å legge til grunn at den økonomiske veksten per innbygger vil stoppe opp. For å stagge CO2-utslippene ligger derfor løsningen i å få karbonintensiteten i energien som brukes, og energiintensiteten i økonomien, ned.

Figur 4: Fordeling av endring i totale CO2-utslipp fra fossil brennstoff etter tiår



Kilde: FNs klimapanel (IPCC), 5. hovedrapport, 2014

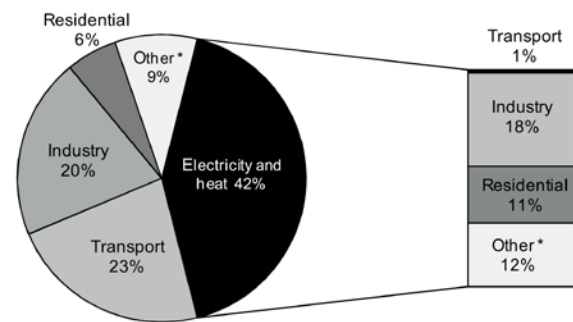
Om lag 90 prosent av alle klimagassutslipp skyldes CO₂. Figur 5 viser fordelingen av CO₂-utslipp etter sektor i 2012. Elektrisitet og varme er den største komponenten, med 42 prosent, hvor industri og husholdninger er de to største forbrukergruppene. Transport utgjør 23 prosent mens industri utgjør 20 prosent.

Fra 1990 til 2012 har CO₂-utslipp fra produksjon av elektrisitet og varme nesten doblet seg, til om lag 13 mrd. kroner. Elektrisitet er i Norge primært produsert med vannkraft, men her skiller vi oss ut. Kull er, grunnet lave kostnader, den viktigste energikilden, etterfulgt av gass og olje.

Skulle LENR bli en realitet, med lavere produksjonskostnader enn ved kull, ligger forholdene til rette for et grønt skifte innen elektrisitetsproduksjon. Også i de andre utslippssektorene kan man vente at LENR kan ha stor betydning. Strøm produsert med LENR vil legge til rette for bedre økonomi i elektrifisering av bilparken, om det ikke viser seg praktiserbart å ha LENR-drevne biler direkte. Industrien vil trolig også delvis skifte over til LENR-basert energi, der det er praktisk og økonomisk.

Hvor raskt slike skifter vil kunne skje, er vanskelig å anslå, men potensialet er betydelig. Og skulle LENR bli en realitet, vil det endre det realistiske mulighetsrommet i klimadebatten. I FN's klimapanel sin siste hovedrapport er det anslått temperaturstigningene vi kan forvente ved ulike kumulative klimagassutslipp. Figur 7 viser anslått temperaturendring ved ulike kumulative

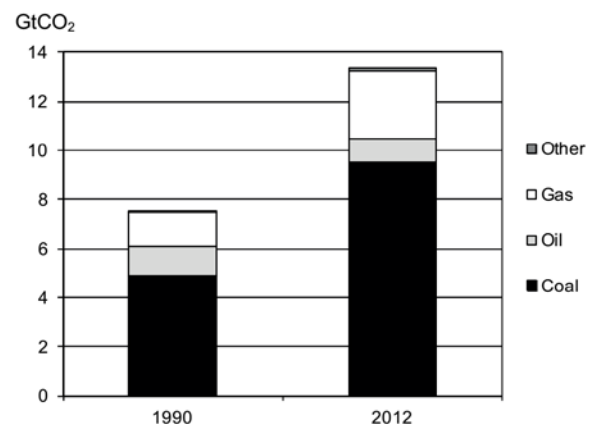
Figur 5: Verdens CO₂-utslipp etter sektor, 2012



Kilde: IEA, 2012 CO₂ Emissions Overview

Note: 'Other' inkluderer private og offentlige tjenester, jordbruk, skogbruk, fiske, energiindustrier utenom elektrisitet og varme og andre utslipp som ikke er spesifisert.

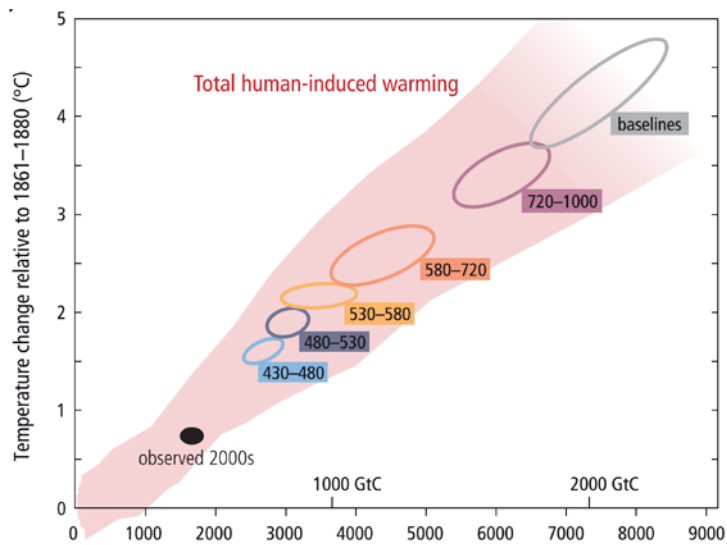
Figur 6: CO₂-utslipp fra elektrisitet og varme, 1990 og 2012



Kilde: IEA, 2012 CO₂ Emissions Overview

menneskeskapte CO₂-utslipp. Anslaget med ca. 450 deler CO₂ som gir i underkant av 2 grader temperaturstigning er det nederste alternativet som ansees som å ha en viss mulighet.

Figur 7: Global oppvarming og kumulative menneskeskapte CO₂-utslipp siden 1870



Kilde: FNs klimapanel (IPCC), 5. hovedrapport, 2014

2-gradersmålet, at de menneskeskapte klimagassutslippene ikke skal forårsake mer enn to graders stigning i temperaturen, er det optimistiske målet FNs klimapanel argumenterer for. Figur 8 viser estimert risiko i ulike regioner og områder ved hhv. 2 og 4 graders temperaturstigning.

Figur 8: Hovedrisiki for hver region, over tid, ved 2 og 4 °C langsiktig økning

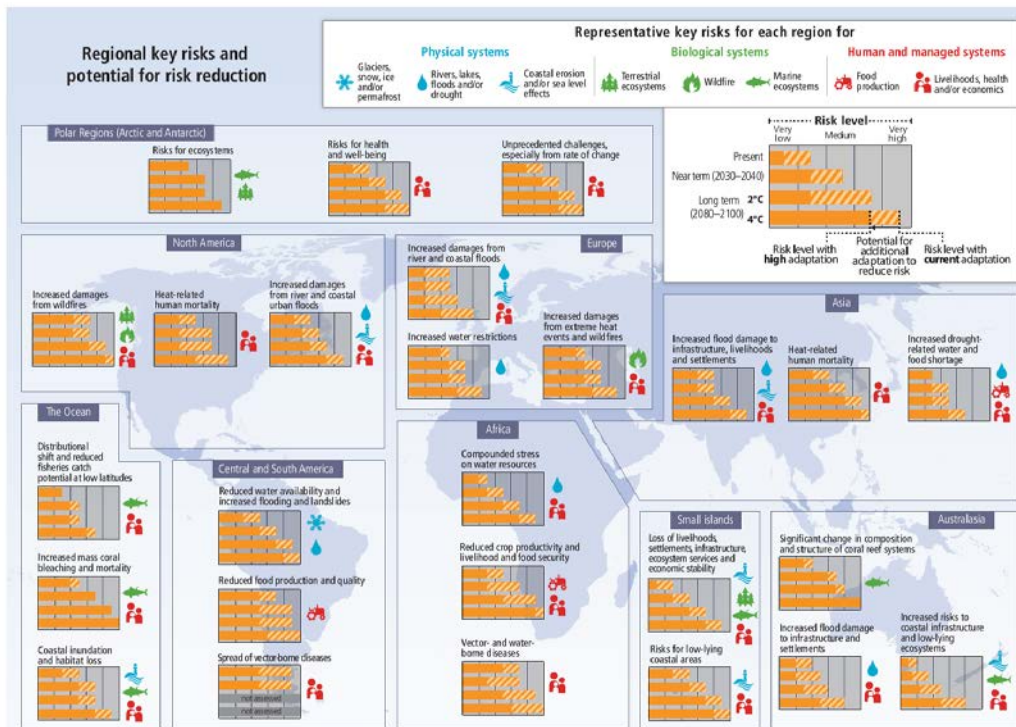


Figure SPM.8 | Representative key risks¹⁴ for each region, including the potential for risk reduction through adaptation and mitigation, as well as limits to adaptation. Each key risk is assessed as very low, low, medium, high or very high. Risk levels are presented for three time frames: present, near term (here, for 2030–2040) and long term (here, for 2080–2100). In the near term, projected levels of global mean temperature increase do not diverge substantially across different emission scenarios. For the long term, risk levels are presented for two possible futures (2°C and 4°C global mean temperature increase above pre-industrial levels). For each timeframe, risk levels are indicated for a continuation of current adaptation and assuming high levels of current or future adaptation. Risk levels are not necessarily comparable, especially across regions. (Figure 2.4)

Den store utfordringen er at det trengs drastiske tiltak innenfor dagens teknologi og energi-alternativer for å nå 2-gradersmålet. Figur 9 viser tre scenarier utarbeidet av IEA med hhv. dagens politikk og utviklingsbane, «ny politikk» (moderate tiltak) og 2-gradersmålet/450 deler CO₂-scenariet (vil kreve betydelige tiltak).

I 2-graders scenariet legges det opp til en reduksjon i forbruket på kull og olje frem til 2040, mens det ved begge de to andre scenarioene estimeres økt forbruk. Skulle LENR bli en realitet, vil en reduksjon i kull og oljeforbruk bli langt enklere

Figur 9: Verdens primære energietterspørsel etter energikilde, og tre scenarier. Million tonn OE

	2012	New Policies		Current Policies		450 Scenario	
		2020	2040	2020	2040	2020	2040
Coal	3 879	4 211	4 448	4 457	5 860	3 920	2 590
Oil	4 194	4 487	4 761	4 584	5 337	4 363	3 242
Gas	2 844	3 182	4 418	3 215	4 742	3 104	3 462
Nuclear	642	845	1 210	838	1 005	859	1 677
Hydro	316	392	535	383	504	392	597
Bioenergy*	1 344	1 554	2 002	1 551	1 933	1 565	2 535
Other renewables	142	308	918	289	658	319	1 526
Total	13 361	14 978	18 293	15 317	20 039	14 521	15 629
<i>Fossil fuel share</i>	82%	79%	74%	80%	80%	78%	59%
<i>Non-OECD share**</i>	60%	63%	70%	63%	70%	63%	68%

* Includes traditional and modern uses of biomass. ** Excludes international bunkers.

Kilde: IEA, World Energy Outlook 2014

7. KONKLUSJON

Skulle LENR bli en realitet, innenfor de økonomiske rammer utviklerne sikter mot, vil det medføre en energirevolusjon. Verdens velstand vil stige og det vil fundamentalt endre rammene for klimadebatten. Norsk økonomi vil i første runde bli svekket. I hvilket omfang norsk økonomi vil bli svekket er vanskelig å anslå. Det vil bl.a. være avhengig av hvor stor oljesektoren er hvis LENR blir en realitet, og hvor raskt og hvor mye oljeprisen reduseres om så skjer. På sikt vil også norsk næringsliv tjene på økt global velstand. Det er derfor gode grunner for å krysse fingrene for at LENR blir en realitet. Om så skjer, det er uklart. Men myndigheter og berørte næringsinteresser bør følge godt med i utviklingen som foregår.

FORFATTERE: Notatet er skrevet av Nils Holme og Villeman Vinje, Civita.

Konklusjoner som er trukket, og eventuelle feil og mangler som måtte forekomme, står for forfatterens regning. Skulle feil eller mangler oppdages, ville vi sette stor pris på tilbakemelding, slik at vi kan rette opp og justere.

¹ http://www.eia.gov/pressroom/presentations/sieminski_02262015_csis.pdf

² <http://coldfusion3.com/blog/electricity-generated-by-e-cat-would-cost-1%C2%A2-per-kilowatt-hour>

³ DN 7.2.2013; <https://www.bi.no/bizreview/artikler/taler-vi-halvert-oljepris/>

⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/Projections_of_population_growth