



FFI-RAPPORT

18/00678

Condensed Matter Nuclear Science

– fiksjon eller virkelighet

Jon Øistein Hasvold

Condensed Matter Nuclear Science

– fiksjon eller virkelighet

Jon Øistein Hasvold

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI)

5. juni 2018

Emneord

Energi
Energipolitikk
Elektrokjemi

FFI-rapport

FFI-RAPPORT18/00678

Prosjektnummer

511001

ISBN

P: 978-82-464-3072-0

E: 978-82-464-3073-7

Godkjent av / Approved by

Jan Ivar Botnan, *forskningssjef*

Janet m Blatny, forskningsdirektør

Sammen drag

Fleischman og Pons publiserte i 1989 varmeutvikling fra en ukjent reaksjon mellom deuteriumatomer i en palladiumelektrode ved elektrolyse av tungtvann med oppløsning av 0,1 M litium deuterid (LiOD). Varmeutviklingen var betydelig høyere enn hva de kunne forklare med kjemiske reaksjoner. Fenomenet ble kalt "Anomalous Heat Effect" (AHE). En mulig forklaring kunne være fusjon av to deuteriumatomer til helium-4 og begrepet "kald fusjon" ble født. Oppdagelsen ga håp om at en uuttømmelig kilde til energi kunne utvikles. I perioden som fulgte forsøkte mange uten hell å reprodusere Fleischman og Pons resultater og begreper som "patologisk vitenskap", ønsketenkning og svindel ble benyttet i den etterfølgende diskusjonen.

En hard kjerne lot seg imidlertid ikke knekke og fortsatte forskningen. Status i dag er at forskere ved store vitenskapelige institusjoner som MIT, NRL og Texas Tech som i 1990 var blant Fleischman og Pons hardeste kritikere, aktivt arbeider med hva man nå kaller «condensed materials nuclear science» (CMNS) og «low energy nuclear reactions» (LENR). Denne forskningen er fortsatt svært omstridt.

AHE hevdes å være dokumentert i reaksjoner mellom hydrogen og nikkel og mellom deuterium og palladium ved elektrokjemi, ved gass/metallpulver-reaksjoner og ved plasmaelektrolyse. Reaksjonen initieres på ulike måter. Det er rapportert bruk av oppvarming, laserpulser og magnetisme, men flere miljøer vil av angivelig kommersielle grunner ikke opplyse hvordan de får det til. Mangelen på åpenhet og det faktum at forklaringene ikke er i henhold til klassisk nukleær teori, bidrar til å opprettholde skepsisen i mange fagmiljøer.

Det er rapportert satsing på LENR i Japan, Italia, Russland og USA. Videre har mindre grupper i Israel, Frankrike, Kina, India og andre land engasjert seg. LENR-forskningen har sitt eget åpne nettsamfunn, International Society of Condensed Materials Nuclear Science, og utgir tidsskriftet Journal of Condensed Materials Nuclear Science. Det avholdes en årlig konferanse ICCF (opprinnelig International Conference on Cold Fusion).

Jeg deltok på ICCF-19 i Padova, Italia. Presentasjonene var av blandet kvalitet. Fortsatt skjermes de angivelig mest lovende arbeidene mot innsyn, i strid med god akademisk tradisjon. Man må derfor være åpen for at fagområdet har tiltrukket seg både seriøse forskere og dem som bruker uetiske metoder for å tiltrekke seg investorer. Dette bidrar til troverdighetsproblemet.

Konferansen avklarte ikke de grunnleggende spørsmål. FFI håper allikevel at rapporten kan bidra til en mer åpen faglig debatt, der målet snarere er å finne sannheten enn å grave dypere skyttergraver.

Summary

In 1989, Fleischman and Pons published heat production from an unknown reaction between deuterium atoms in a palladium electrode by electrolysis of heavy water with dissolution of 0.1 M lithium deuteride (LiOD). The heat output was significantly higher than what they could explain with chemical reactions. The phenomenon was called "Anomalous Heat Effect" (AHE). One possible explanation could be the fusion of two deuterium atoms to helium-4 and the term "cold fusion" was born. The discovery gave hope that an inexhaustible source of energy could be developed. In the period that followed, many failed to reproduce Fleischman and Pons' results and expressions such as "pathological science", wishful thinking and fraud were used in the following discussion.

However, a hard core continued the research. Today's status is that researchers at major scientific institutions such as MIT, NRL and Texas Tech which in 1990 were among Fleischman and Pons hardest critics, are actively working on what is now called "condensed materials nuclear science" (CMNS) and "low energy nuclear reactions" (LENR). This research is still highly controversial.

AHE is claimed to be documented in hydrogen / nickel reactions and between deuterium and palladium by electrochemistry, gas / metal powder reactions and plasma electrolysis. The reaction is initiated in various ways. There has been reported use of heating, laser pulses and magnetism, but for several reasons, some research groups will not state how they get it. The lack of openness and the fact that explanations are not in accordance with classical nuclear theory help to maintain skepticism in many professional environments.

LENR has been reported in Japan, Italy, Russia and the United States. In addition, smaller groups in Israel, France, China, India and other countries are engaged. The LENR research has its own open web community, the International Society of Condensed Materials Nuclear Science, and publishes the Journal of Condensed Materials Nuclear Science. An annual conference is held, ICCF (originally the International Conference on Cold Fusion).

With this background, FFI decided to look into the matter. The author attended ICCF-19 in Padova, Italy. Several of the presentations seemed to be of high standard, others were of more dubious quality. Still, the allegedly most promising work is protected against insight, contrary to good academic tradition. There is reason to believe that the subject area has attracted both serious researchers and those using unethical methods to obtain funding. This contributes to the credibility issue.

The conference did not answer the basic questions. FFI hope, however, that the report can contribute to a more open academic debate, where the goal is rather to find the truth than to dig deeper trenches.

Innhold

Sammendrag	3
Summary	4
Forord	7
1 Innledning	9
2 Systemer under utvikling	11
2.1 Deuterium i Palladium (Pd)	11
2.2 JET Energy, MIT og NANOR materialer	13
2.3 Nikkel + hydrogen => varme + ?	14
2.3.1 E-Cat	14
2.3.2 Parkhomov	15
2.3.3 China Institute of Atomic Energy, Beijing, China	16
2.3.4 Brillouin	17
2.4 BlackLight Power	18
3 Hydrogen- og deuteriumdiffusjon og løselighet i nikkel	18
4 Transmutasjon	20
5 Plasmaelektrolyse	22
6 LENR i plasma	25
7 Element transmutasjon	26
8 Sikkerhet	27
9 Kommersielle interesser	28
10 Japan	28

10.1 JCF14 Japan Cold Fusion 2014 – Proceedings of Japan CF-Research Society	29
11 NASA Glenn Research Center	30
12 Italia, ENEA	30
13 Konklusjon	30
Referanser	32
Vedlegg	34
A En liste over industribedrifter	34
B Noen interessante linker	36
C Program for ICCF-19	37

Forord

Norges tekniske vitenskapsakademi (NTVA) og Seniorteknologene, Teknisk Naturvitenskapelige Forening (TEKNA) arrangerte et seminar om kald fusjon 5. november 2014 (<http://energi.tekna.no/lavenergetiske-kjernereaksjoner/>). Bakgrunnen for seminaret var en økende strøm av informasjon om at observasjonene til Fleischmann og Pons er reelle, og at man nå begynner å nærme seg en industriell utnyttelse av fenomenet. Rapport fra Elforsk [Engstrøm og Bergman 2013] gir en utfyllende historisk fremstilling. I dag er amerikanske, italienske og japanske forskningsinstitusjoner, universiteter og bedrifter involvert. En god innføring kan leses på <http://www.lenr-canr.org/StudentsGuide.htm>

Fleischman og Pons fikk stor oppmerksomhet da de i 1989 publiserte sin angivelige påvisning av et fenomen som var i strid med veletablert teori og som potensielt kan få enorme økonomiske konsekvenser. Dette utfordret selvfølgelig sterke vitenskapelige miljøer og økonomiske interesser. Med uryddighet under publiseringen bidro forfatterne til å styrke den negative holdning som møtte dem fra det vitenskapelige miljø. De negative konklusjonene som raskt ble trukket etter at en rekke forskningsmiljøer, uten suksess, hadde forsøkt å kopiere forsøkene, synes imidlertid å være noe forhastede og har bidratt til en kompromissløs avvisning av at Fleischman og Pons hadde oppdaget et interessant fenomen (Low Energy Nuclear Reaction-LENR). Beskyldninger om uetterrettelighet og juks vant fram. Til tross for dette, arbeider stadig flere enkeltpersoner og forskningsmiljøer med LENR under kritikk og latterliggjøring fra velrennomerte forskere. Det kan imidlertid vanskelig bestrides at en stor del av den eksperimentelle forskningen er metodisk sunn og at mange resultater bør påkalle vitenskapelig interesse. I tillegg arbeides det for kommersiell utnyttelse av fenomenet. Disse arbeidene er omgitt av en forståelig sekrethese som selvfølgelig skaper mistanke om juks for å trekke til seg kapital. Det kan ikke bestrides at enkelte kommersielle aktører har bidratt til at slike konklusjoner har blitt trukket. Konspirasjonsteoriene står i kø. Det blir også hevdet at Department of Energy i USA stiller seg negativt fordi rikelig tilgang på billig energi ikke er i amerikansk interesse.

I denne uklare og konfliktfylte situasjon har FFI bestemt seg for etter beste evne å kartlegge status for forskningen og industrialiseringen, og på det grunnlag anbefale hvordan man i energinasjonen Norge bør forholde seg til fagfeltet. Dette er en krevende oppgave. Hvordan skal man gå fram?

Normalt går man til den vitenskapelige litteraturen for å få inntrykk av hvor forskningsfronten ligger og hvilke tema som for tiden påkaller størst interesse. Allerede her støter vi på problem. Lite LENR-forskning har funnet veien til de etablerte tidsskrifter. Kritikerne viser til dårlig kvalitet, mens tilhengerne hevder at fagfeltet diskrimineres. Begge sider kan vise til eksempler som understøtter påstandene. Entusiastene har derfor valgt å gå sine egne veier. De har etablert forumet *International Society of Condensed Materials Nuclear Science* og utgir tidsskriftet *Journal of Condensed Materials Nuclear Science* som første gang kom ut i 2007.

Jeg deltok på konferanse "ICCF-19" i Padova, Italia 13. -17. april for å få førstehånds inntrykk av miljøet, forskerne og resultatene.

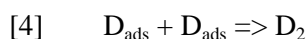
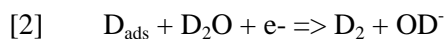
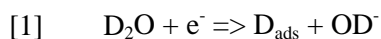
1 Innledning

Kald fusjon ble en kjempesak i 1989 da de meget anerkjente forskerne Martin Fleischmann og Stanley Pons publiserte en artikkel som beskrev et forsøk hvor en oppløsning av litium deuterid i tungtvann (LiOD i D₂O) ble elektrolysert mellom en platinaanode og en palladiumkatode [Fleischmann et al, 1989], [Fleischmann et al, 1990]. Elektrolysen ble foretatt i et kalorimeter over meget lang tid. Da metningen av deuterium i palladium begynte å nærme seg 1:1 på atombasis, observerte de så stor varmeutvikling at det ikke kunne forklares med kjemiske reaksjoner. Det ble postulert at det hadde foregått en kjernereaksjon, men det ble ikke observert nøytron- eller gammastråling. I sin iver etter å publisere først tok Fleischmann og Pons noen snarveier og en historisk gjennomgang (http://undsci.berkeley.edu/article/0_0_0/cold_fusion_01) faller ikke heldig ut for Fleischmann og Pons. Steven E Jones gruppe ved Brigham Young University arbeidet med en tilsvarende prosess og hadde målt en svakt øket neutronstråling, men ingen Anomalous Heat Effect (AHE) og foreslo at de skulle publisere sammen. I stedet for å akseptere forslaget, gikk Fleischmann og Pons ut med sine foreløpige data.

Status i dag er at Fleischmann og Pons eksperimenter [Fleischmann og Pons, 1989, 1990] hevdes å være verifisert av et stort antall forskere ved anerkjente institusjoner (SRI, SPAWARS, MIT, mange ved de samme institusjoner som sto bak den sterke kritikken av Fleischmann og Pons i perioden 1989 til 1993).

Michael McKubre fra Stanford Research Institute (SRI) besøkte Oslo i 2014 under det før nevnte seminar om lav-energetiske kjernereaksjoner. Hans hovedtese er at de som forsøkte å reprodusere Fleischmann og Pons eksperiment, ikke elektrolyserte lenge nok til å få tilstrekkelig deuteriummetning i palladiumelektroden, og at de ikke forsto instrumenteringen. En annen like viktig faktor kan være at elektrokjemi på faste elektroder er ekstremt følsomt for forurensninger. Et monolag på en overflate kan være nok til fullstendig å endre kinetikken i elektrodereaksjonen. Av den grunn er mye elektrokjemisk teori basert på forsøk med dryppende kvikksølv-elektroder. Da har man en overflate som kontinuerlig fornyes.

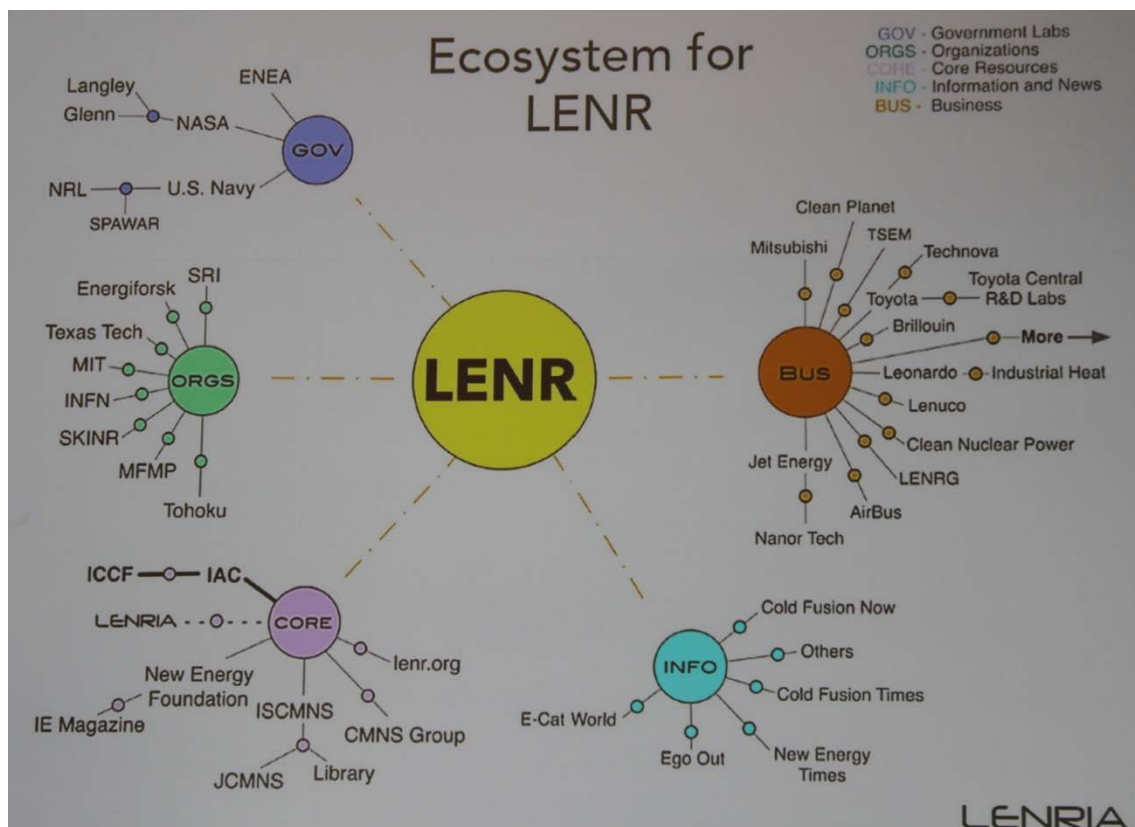
Reduksjon av tungt vann (og vann) i alkalisk miljø på palladium (Pd) går etter



Målet er å få mest mulig deuterium inn gitteret, dvs reaksjon [3]. En forurensning som inhiberer reaksjonene [2] og [4] er følgelig essensiell.

For å innhente oppdatert informasjon på fagfeltet deltok jeg på International Conference on Condensed Matter Nuclear Science (ICCF-19) som ble arrangert i Padova, Italia 13. -17. april. ICCF-19 var en interessant opplevelse. Jeg har i denne rapporten utelatt mye, et sinn mer åpent enn mitt er kanskje på sin plass. Videre er de teoretiske betraktningene langt utenfor mitt kompetanseområde. Måletekniske forhold på elektrokjemi og kalorimetri var stort sett av meget høy kvalitet og de fleste forsøk fra vitenskapelige institusjoner var så velspesifiserte at de bør la seg reproducere. Det vil sikkert bli gjort, og resultater verifisert eller forkastet på et solid faglig grunnlag.

Antall aktører innen LENR-forskningen har øket kraftig de seneste par år, noe figur 1.1 viser.



Figur 1.1 Aktører innen Low Energy Nuclear Reactions Fra: Steven Kasinsky: "Industrial association for LENR" ICCF-19, Padova 2015.

Bemerk hvordan tunge aktører som i utgangspunktet var negative til observasjonene til Fleischmann og Pons, nå aktivt støtter opp under forskning på LENR. Dette gjelder f eks MIT, Texas Tech, NRL og NASA. Det er liten tvil om at det generes varme ved prosesser som ikke er forstått. Det teoretiske fundamentet mangler.

Avgjørende for kommersiell anvendelse er COP-faktoren, her definert som forholdet mellom energi avgitt og energi tilført. Videre bør energien, dersom den skal kunne brukes til annet enn oppvarming, avgis ved så høy temperatur at en vanlig varmekraftmaskin kan benyttes. Levetid og kostnad på innsatsfaktorene er selvfølgelig også vesentlig. En varmepumpe til oppvarming kan kjøpes på Elkjøp og gir en COP på 2 til 4.

2 Systemer under utvikling

2.1 Deuterium i Palladium (Pd)

Det som startet det hele, var arbeidet til Fleischmann og Pons, en uhyre viktig oppdagelse, men metoden de benyttet er lite egnet for kommersiell energiproduksjon. Forsøket er repetert og resultatet verifisert utenfor enhver rimelig tvil [Hagelstein 2010], men enighet om teorien bak er fortsatt ikke til stede.

McKubre holdt et innledningsforedrag på ICCF-19 hvor han gikk i gjennom historien for fagfeltet. Fleischmann-Ponns Heat Effekt (FPHE) er avhengig av følgende faktorer:

- Høy gjennomsnittlig D/Pd forhold (høy metning i elektroden)
- Langvarig eksperiment, f eks mer enn 300 timer for en elektrodediameter på 3 mm
- Strømtetthet på over 250 til 500 mA/cm²

Dette er faktorer som ikke var tilfredsstillende ved de første "reproduseringene" av Fleischmann og Pons arbeider.

Videre oppsummerte han status for LENR:

- AHE er ugjendrivelig demonstrert og Condensed Matter Nuclear Science (CMNS) er blitt en etablert vitenskap i store (men definitivt ikke i alle) miljøer.
- Reaksjonene er ikke forstått
- Det er ingen enighet om en teoretisk fysisk forklaringsmodell.
- Reproduserbarheten er dårlig

- Fortsatt vanskelig å få antatt artikler i toneangivende tidsskrifter
- Overselging (“Rossieffekten”) er diskutabel / ødeleggende (se avsnitt 2.3.1)
- «Secrecy = Intellectual abuse»

Mens CMNS tidligere var hindret av manglende midler, er status nå at den hindres av mangel på talent (du skal være en modig ung fysiker for å velge å arbeide med «patologisk vitenskap»), men det vil forhåpentligvis bedre seg. I dag er feltet i stor grad dominert av personer som har karrieren bak seg.

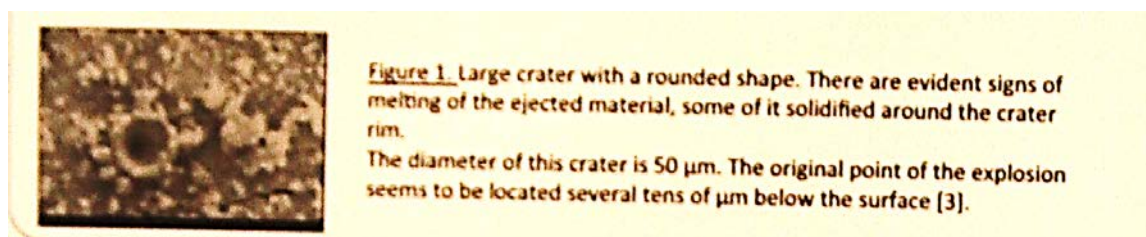
CMNS har sivil statlig støtte i Japan, India og Italia, mens forsvaret (ved DARPA) har støttet forskningen i USA. Fortsatt avviser Department of Energy (DoE) LENR-resultatene.

Diffusjon i fast fase er en langsom prosess og man ser derfor på nanomaterialer for å korte ned på diffusjonsdistansen (og følgelig tiden det tar før tilstrekkelig metning oppnås), foreløpig uten de store gjennombrudd. For å beholde et nanomaterialet over tid, må man arbeide med så lave temperaturer at ikke krystallvekst og sintring blir et problem. Alternativt kan man legge metallpartiklene (Pd, Ni) inn i et annet materiale (se NANOR avsnitt 2.2).

Palladium er kostbart og ved elektrolyse i vandige løsninger er man i praksis bundet til å arbeide ved forholdsvis lave temperaturer og trykk, i praksis bare litt over 100°C i de forsøk som er referert. Teoretisk bør man gå opp til kritisk temperatur og trykk for vann, dvs 374°C ved et trykk på 218 atm.

I Vittorio Violantes foredrag på ICCF-19, *Heat production and RF detection during cathodic polarisation of Pd in 0.1 M LiOD*, oppga han resultater på COP > 50. Arbeidet var utført i samarbeid mellom ENEA og NRL. De observerte også en kraftig RF emisjon i GHz-området.

Figuren 2.1 er fra en poster fra ICCF-19 av Jaques Ruer. Den viser klare smeltesoner (kratere) på Pd elektrodeoverflaten.

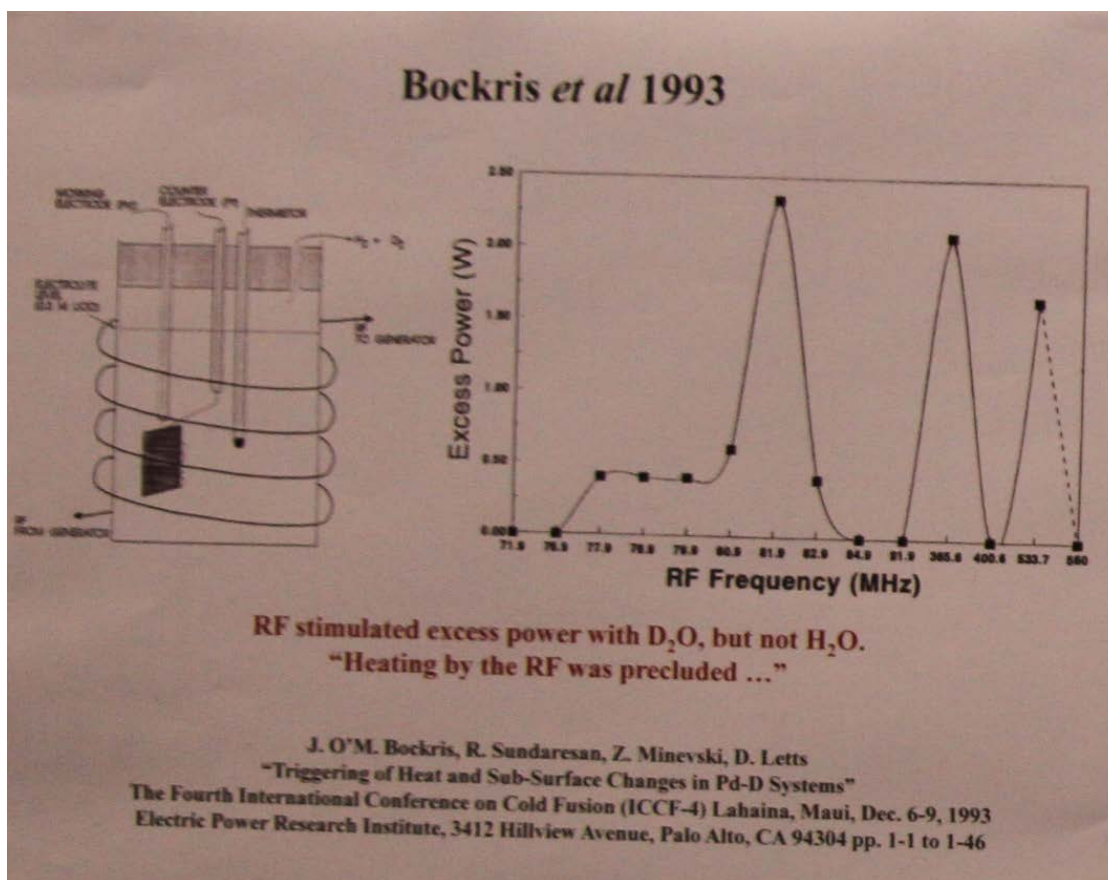


Figur 2.1 Lokale smeltekraater på palladium elektrode. Fra: [J Ruer, Poster ICCF-19].

For å smelte palladium i en væske må man ha høy varmekraft. En kjemisk reaksjon kan ikke forklare dette.

Heliumdannelse inne i elektroden kan dels bremse reaksjonen, dels føre til mekanisk oppsprekking. Igjen kan løsningen være å benytte nanomaterialer.

Effekten av elektromagnetisk stimulering av en elektrolysecelle med palladium katode ble vist allerede i 1993 av Bockris et al. og resultatene ble diskutert i et foredrag av Scholkman et al. [Scholkman 2015]. Se figur 2.2.



Figur 2.2 AHE fra en Pd elektrode i D₂O under RF stimulering. Et tilsvarende forsøk i H₂O viste ingen AHE.

Vittorio Violante [Violante, 2015] viste til både AHE og emisjon av RF i GHz området fra en Pd – katode i 0.1 M LiOD i sitt foredrag. Det er et tett samarbeid mellom ENEA i Italia og SRI.

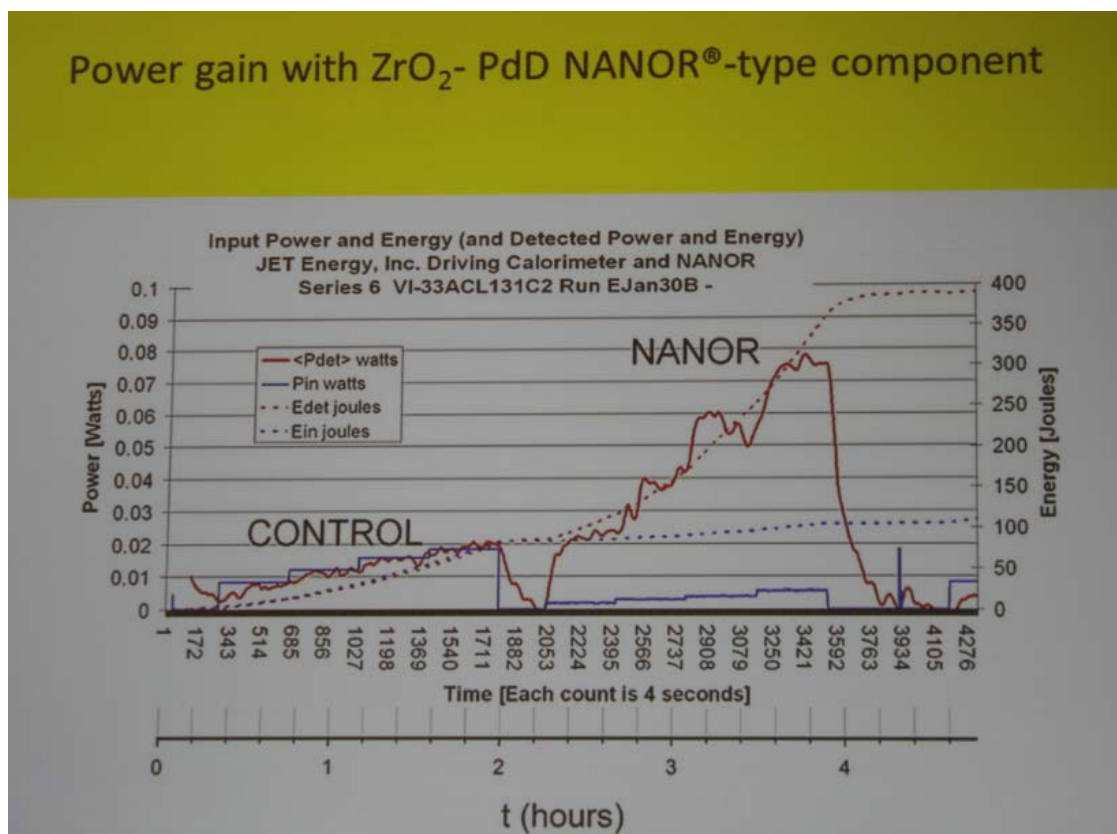
2.2 JET Energy, MIT og NANOR materialer

Forskere ved MIT og JET Energy har utviklet et spesielt materiale ved å legge Pd eller Ni nanopartikler inn i zirkoniumoksid, ZrO₂. Man har fått frem et pulver med kort metningstid og

spesielle elektriske egenskaper. Varmeutviklingen (AHE) stimuleres dersom man sender en elektrisk strøm gjennom pulveret.

Ytterligere opplysninger finnes på nettet <http://world.std.com/~mica/jetrefs.htm>. Dette ser ut som en av de mer lovende teknologiene for varmegenering.

Figur 2.3 viser resultatet fra et av de mest interessante eksperimentene.



Figur 2.3 Effekt og energy inn versus effekt og energi ut av systemet [Swartz et al, 2015].

2.3 Nikkel + hydrogen => varme + ?

2.3.1 E-Cat

En italiener, Andrea Rossi med bakgrunn i industriell kjemi, har gått høyt ut med sin fusjonsreaktor E-CAT der hydrogen, nikkelpulver, en ikke-spesifisert hydrogenkilde og katalysator, under spesielle, ikke-spesifiserte forhold, kan reagere under avgivelse av mer energi (i form av varme) enn man tilfører systemet i form av elektrisk oppvarming og ikke-spesifisert elektromagnetisk stimulering. En gruppe svenske og italienske forskere fikk måle på oppsatsen

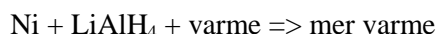
over en lengre periode (32 døgn) og konkluderte med at avgitt energi ligger på mellom 3 og 3,5 ganger tilført energi. En rapport på 53 sider [Levi G et al. 2014] kan lastes ned fra http://www.elforsk.se/Global/Omv%C3%A4rld_system/filer/LuganoReportSubmit.pdf.

Rapporten er blitt kritisert av flere og man kan ikke helt utelukke manipulasjon. Spesielt er analysene av brensel og aske tvilsomme, prøvemengden var liten og inhomogen. Rossi kan følges på www.ecatnews.net og ecatnews.com samt www.e-catworld.com og forteller at han per dato operer en 1 MW testinstallasjon som han skal informere mer om når den har vært i drift ett år. I følge Rossi resulterer kjernereaksjonen i en økning av massetall for nikkelisotopene. Analyse av aske ga nesten ren Ni-62. I henhold til Christian Schumacher [Schumacher 2014] kan isotopen kjøpes [<http://isoflex.com/nickel-ni>] og i omtrent samme renhet som oppgitt. Dette har styrket mistanken om at forsøkene er manipulert.

2.3.2 Parkhomov

En russer, Alexander Parkhomov, har reprodusert Rossis E-CAT med en blanding av nikkelpulver og LiAlH_4 . Stimuleringen var her bare ohmsk oppvarming til ca. 1200 °C og kalorimetrien var basert på vektendring ved fordampning av vann. Gitt at man ikke mister vann ved dråper, er ideen god, sannsynligvis mer presis enn en måling basert på beregnet tap ved stråling og konveksjon. Trykket ble målt underveis og steg til et maksimum på ca. 5 bar ved 200°C, deretter falt det langsomt til -0.5 bar ved 1150°C for så å stige til ca. 1 bar i løpet av forsøket. At trykket bare ble ca. 5 bar tilsier at hydrogen må ha blitt forbrukt/adsorbent, fritt volum må ha vært forholdsvis stort eller systemet kan ha lekket litt siden det antok omgivelsestrykk. Det observerte undertrykket tilsier adsorpsjon av / fjerning av hydrogen. COP ble oppgitt til ca. 2,4.

Prosessen ble ikke styrt på annen måte enn ved oppvarming.



Dersom egenoppvarmingen blir større enn ekstern oppvarming, kan/bør systemet gå i «thermal runaway».

Forsøkene er beskrevet i detalj og kan lastes ned fra nettet. De ble publisert som en poster på ICCF-19. [A.G.Parkhomov and E.D. Belusova: “Research of heat generator similar to high temperature Rossi reactor” Poster ICCF-19, Padova 2015]. I motsetning til Andra Rossi fant Parkhomov ingen endring i isotopsammensetningen av nikkelpartiklene i sine prøver, men påpeker at hans forsøk var av betydelig kortere varighet.

Parkhomov har senere meddelt at han har sluppet opp for nikkelpulver som fungerer og klarer ikke reprodusere forsøk.

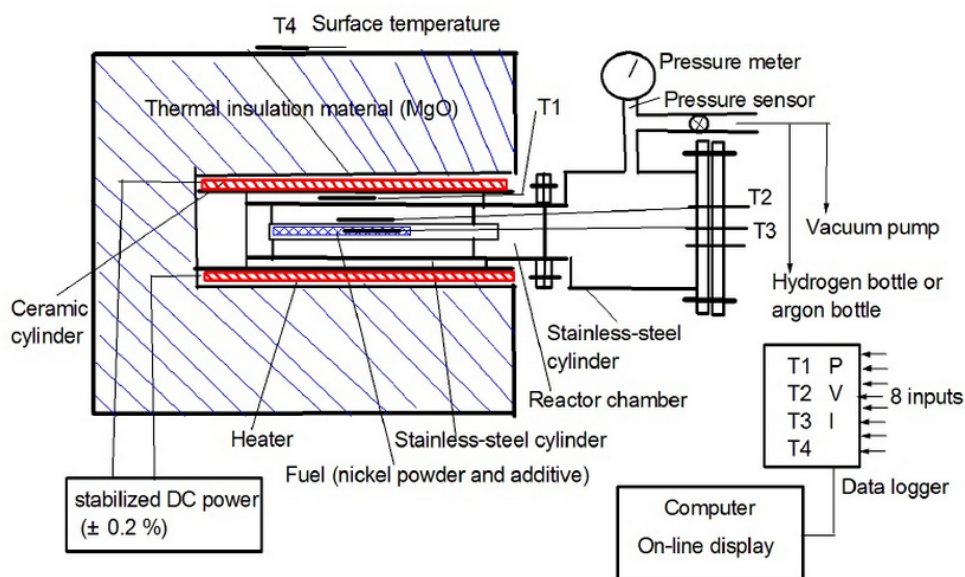
En britisk gruppe i regi av Martin Fleischmann Memorial Project forsøkte å reprodusere Parkhomov, men aluminarøret med pulver eksploderte under oppvarming. Det siste er ikke spesielt underlig og behøver ikke ha noe med fusjon å gjøre. LiAlH_4 dekomponerer til

hydrogengass og en LiAl legering under oppvarming. Legeringen smelter ved ca. 600°C og dersom fritt volum i røret er lite, blir hydrogentrykket meget høyt. Et rør med smeltet LiAl og hydrogen som brister blir nødvendigvis en scenisk opplevelse. (En kjapp gjennomregning av Parkhomovs forsøk ga et hydrogentrykk på mellom 300 og 500 atm hvis man neglisjerer fritt volum utenfor selve reaktorrøret. Mer sannsynlig var aluminarøret så porøst at hydrogenet slapp ut – men hvor ble det av kjernereaksjonen?)

En italiensk reproduksjon av Parkhomovs forsøk i regi av Open Power Laboratory var annonsert på konferansen i Padova, men ble ikke vist. (Instrumenteringen er detaljert gjennomgått på nettet).

2.3.3 China Institute of Atomic Energy, Beijing, China

En kinesisk gruppe meldte nylig at de også hadde funnet “excess heat” ved oppvarming av nikkelpulver med litium aluminium hydrid. Se <http://www.lenr-forum.com/forum/index.php/Thread/1706-%E2%80%9CNew-Result-of-Anomalous-Heat-Production-in-Hydrogen-loaded-Metals-at-High-Tempe/>. Arbeidet ser skikkelig ut og er utført ved Ni-H Research Group, China Institute of Atomic Energy, Beijing, China.

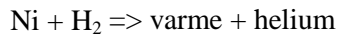


A Schematic diagram of experiment set-up

Figur 2.4 Instrumentering ved China Institute of Atomic Energy.

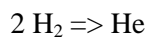
2.3.4 Brillouin

Brillouin Inc. ble startet av Dr Robert Godes og baserer seg på reaksjonen mellom finfordelt nikkell og hydrogen:

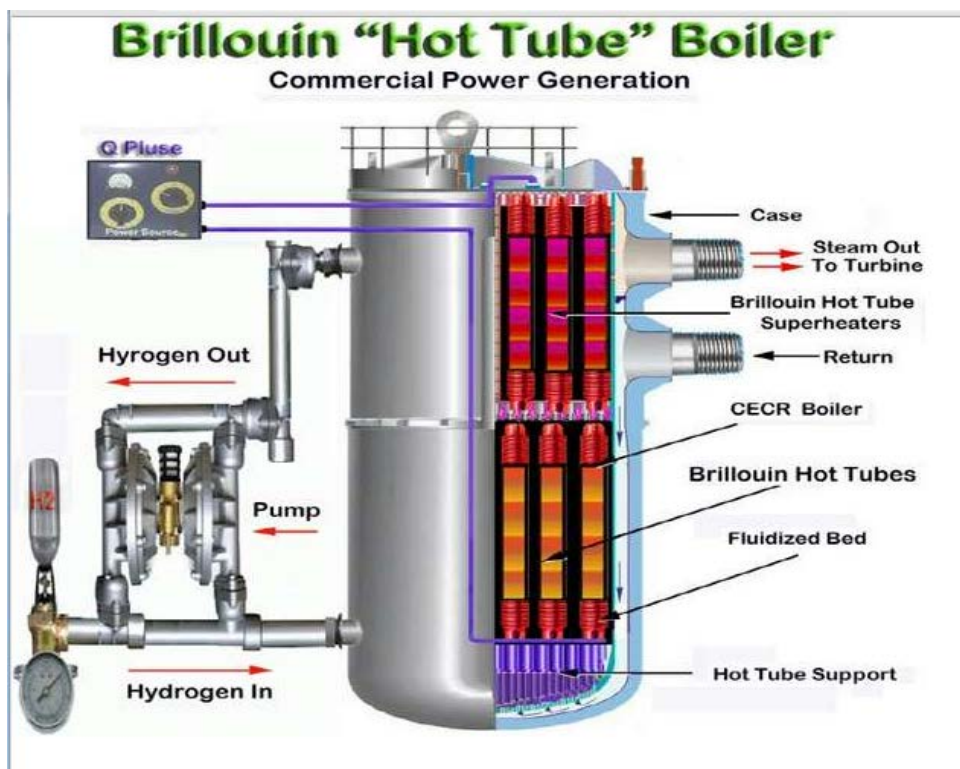


For å få reaksjonen til å gå, må systemet stimuleres. De har et samarbeid med SRI og McKubre sitter i styret for Brillouin. De har ikke fått patent på prosessen i USA, men i Kina og Japan hvor krav innen kald fusjon aksepteres.

Figuren under viser hvordan et kommersielt system for produksjon av varmtvann tenkes. Brillouin hadde en poster på ICCF-19 og i henhold til Robert Godes endres ikke nikkelpulverets isotopsammensetning (i motsetning til i E-Cat). Her er brutto reaksjonen



Reaksjonen går i trinn på ett proton per trinn. ($\text{P} \Rightarrow \text{D} \Rightarrow \text{T} \Rightarrow \text{He}$). Brillouin har demonstrert AHE over uker. Foreløpig tar de sikte på produksjon av varmt vann, men dersom de lykkes i å lage stabile systemer med høyere temperatur, er kraftproduksjon en mulighet. På ICCF-19 viste de resultater på COP på 2,1 i et minisystem på 24 W (se figur 2.5).



Figur 2.5 Brillouin varmtvannsbereeder.

På spørsmål om hvordan de styrer prosessen svarte Godes at den stopper så snart de slår av RF stimuleringen. Foreløpig har de kjørt opptil 3 uker sammenhengende i 24W reaktoren.

Ytterligere informasjon om Brillouin er tilgjengelig på nettet. Jeg fikk også med en USB stikker med informasjon. Ved signering av en NDA kan man få full innsikt i Brillouins teknologi.

2.4 BlackLight Power

BlackLights konsept er basert på en brenselstablett (solid fuel mix av ukjent sammensetning) som varmes med en (strøm?) puls til reaksjon og emittert lys overføres til strøm med kommersielle solceller, se www.blacklightpower.com. Prosessen gjentas med frekvens ca. 1 Hz. Nettsiden er innholdsrik, men ikke beskrivende. De har i henhold til Wikipedia forbrukt noen hundre millioner USD, men så vidt jeg kan bedømme har de ikke publisert noe som er kommersielt brukbart.

Teorien, (Catalyst Induced Hydrono Transition, CIHT) er «validert» med elektrokjemi. De angir å bruke Viton pakninger ved 450⁰C, noe som ikke kan stemme. Viton smelter med mye lavere temperatur. Se Nick Glumac's report datert 31. januar 2012. Elektrolytt er MgO 30g, LiOH 15g og LiBr 75g. Anode og katode er Porøs nikkel. Atmosfæren er fuktig argon. I presentasjon datert June 2014 er katoden NiO, anoden X, sannsynligvis nikkel. (Noe rart: katoden vil uansett bli redusert til nikkel og anoden passivert med nikkeloksid. Kan være de bare har byttet om på betegnelsene)).

De tilfører en puls som via elektrolyse danner hydrogen, og måler så elektrisk energi ut fra cellen. De påstår at de får 10 til 1000 ganger mer energi ut enn de sendte inn. Effekten er imidlertid bare ca. 2 mW, dvs. at mulighetene for målefeil er store. (Se "Final Consultant Report" av Nick Glumac datert 31. januar 2012 på Blacklights nettside). De har også utført termiske tester (Se Technical Presentation June 2014) som virker noe mer overbevisende.

Randell L Mills står bak teorien bak teknologien, "hydrinos", hydrogenatomer med energi under grunntilstanden.

3 Hydrogen- og deuteriumdiffusjon og løselighet i nikkel

Dette er fundamental materialkjemi og har vært studert lenge. I motsetning til Pd er løseligheten av hydrogen i nikkel økende med temperaturen, men er fortsatt relativt lav, ca. 10⁻³ atomprosent

ved 1500°C og atmosfæretrykk (0.1 Mpa). Se [Wayman M. L. and Weatherly G.C: “The H-Ni (Hydrogen –Nickel) System” Bulletin of Alloy Phase Diagrams Vol. 10 No 5. 1989. pp 569] for en oversikt. I henhold til figur 3.1 øker løseligheten kraftig ved trykk over ca. 2000 bar og når metning på H/Ni=1 i romtemperatur ved 6 til 8 kbar. Kurvene viser stor hysteresis mellom absorpsjon og desorpsjon.

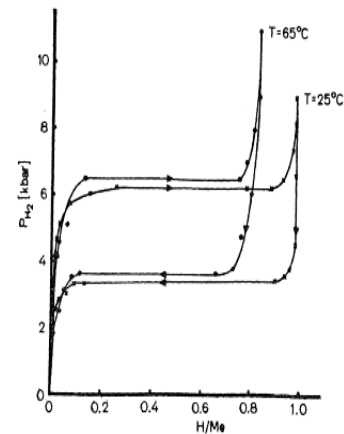
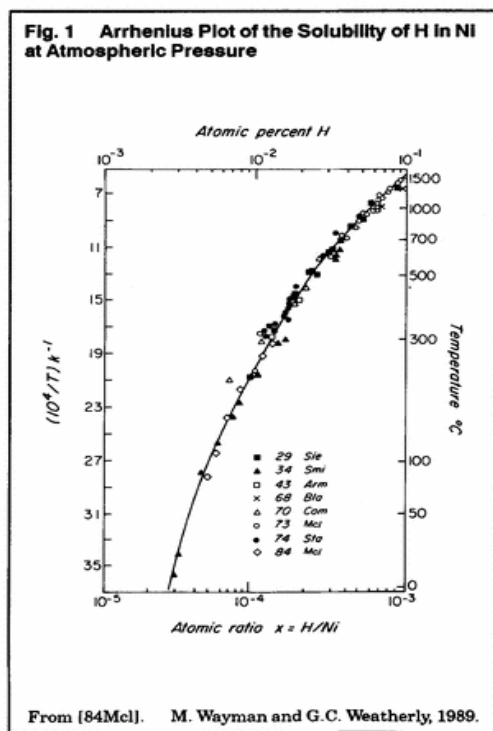
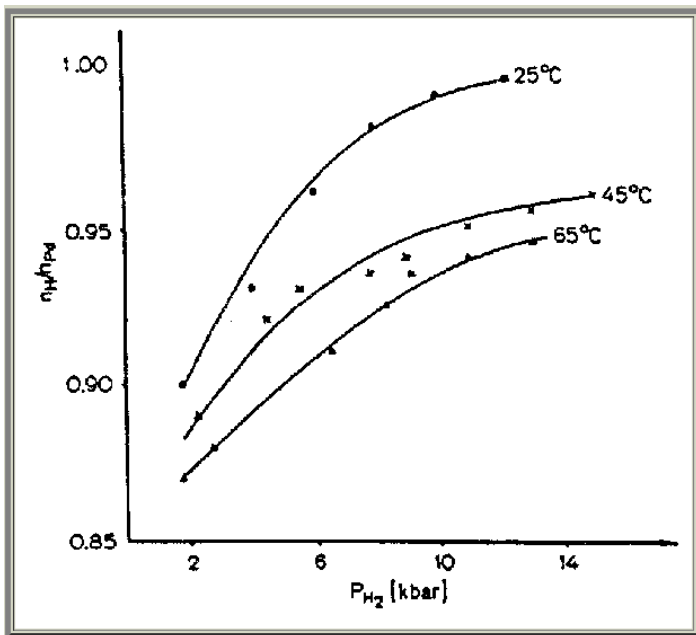


Fig. 4. Absorption and desorption isotherms of pure nickel (direction of pressure change indicated).

Figur 3.1 Løselighet av hydrogen i nikkell som funksjon av trykk og temperatur. Til venstre: Ved atmosfæretrykk som funksjon av temperatur. Til høyre: Absorpsjon- og desorpsjonsisotemer ved 25°C og 65°C.



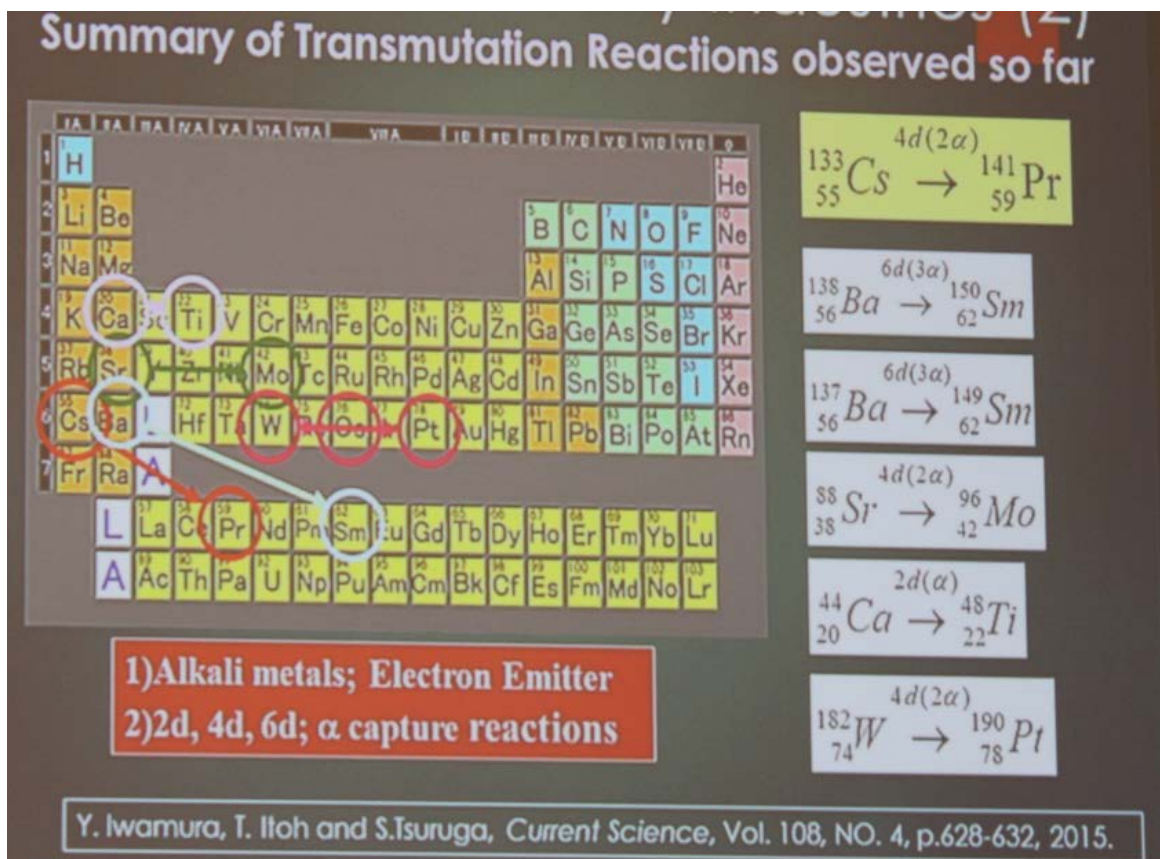
Figur 3.2 Likevekts konsentrasjon av hydrogen i palladium.

Som man ser av figurene 3.1 og 3.2, er løseligheten av hydrogen i palladium mye høyere enn i nikkell ved lavere trykk. For begge metaller går forholdet $[H]/[Me]$ asymptotisk mot 1. At løseligheten av en gass i en kondensert fase øker med temperaturen som vist i figur 3.1, er uvanlig. At diffusjonshastigheten øker med økende temperatur er derimot normalt.

Ved katodisk reduksjon av vann kan man oppnå tilstander langt unna likevekt ved høye strømtettheter. Fleishmann og Pons opererte med atomforhold $D/Pd > 0.84$. Til sammenligning oppnådde [Lawson et al 1990] ikke mer enn $D/Pd = 0.73$ nesten uavhengig av strømtetthet under tilsvarende forhold. Misforholdet er senere funnet å henge sammen med metallurgisk preparering av katoden. [ENEA/TB02/01/2009]. Det er også sannsynlig at forurensningsnivået i elektrolytten kan spille inn.

4 Transmutasjon

Mest kjent er japanske forsøk hvor Iwamura et al [Iwamura, 2002] har vist en transmutasjon av Cs til Pr, dvs. med 8 enheter. Senere er antall transmutasjoner øket, se figur 4.1. Disse forsøkene er utført ved Mitsubishi Heavy Industries og også verifisert av Toyota Central R&D Labs Inc. SRI har derimot ikke lyktes i å reprodusere eksperimentet. Metoden kan få praktisk betydning ved avgifting av radioaktivt avfall.



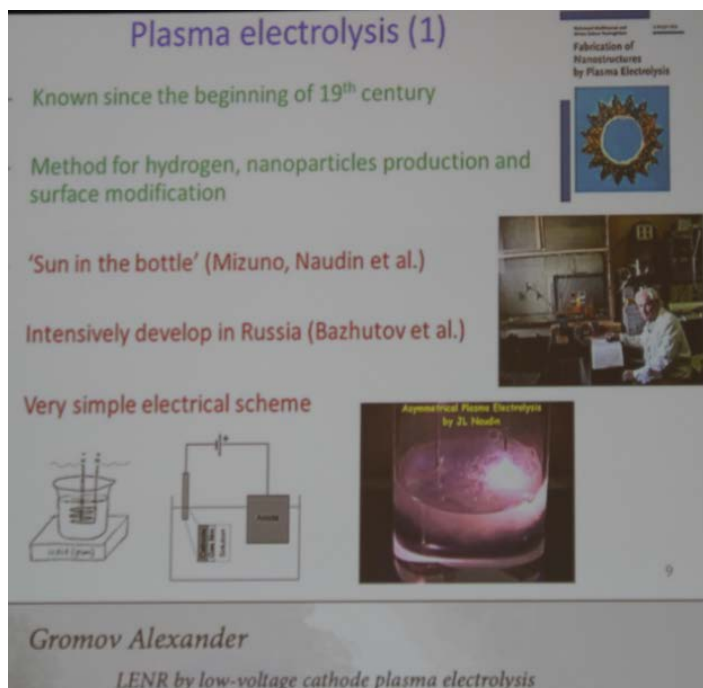
Figur 4.1 Fra Iwamura ICCF-19. Resultater fra Mitsubishi Heavy Industries.

Mere spesielt var en poster på ICCCF-19 av Bazhutov et al [Poster 04] hvor de viste at belysning av en løsning av 2M Na_2CO_3 med 2% D_2O med 650 nm lys (rød LED) over en time førte til en økning av tritiuminnholdet fra 280 bq / g til 947 bq / g svarende til 36 fotoner per tritiumatom. De forklarte resultatene med Erzion modellen, men hvorfor andre løsninger enn 2M natriumkarbonat ikke medførte økning i tritium ved belysning, ble ikke kommentert.

Dersom resultatet er korrekt er det uansett viktig. Mulig produksjon av tritium på kjøkkenet bør vekke bekymring. Prosessen er godt beskrevet og eksperimentet bør kunne reproduseres eksakt.

5 Plasmaelektrolyse

På samme måte som i en elektrolytt, har man i et plasma positive og negative ioner og man kan utføre elektrolyse som i en vandig løsning. Spesielt i Russland er det en betydelig innsats på LENR reaktorer basert på plasmateknologi. Hvordan systemet fungerer og hva som kan være mekanismene, har jeg likevel ikke fått tak i. Figur 5.1 er fra foredraget til Alexander Gromov [Gromov et al, ICCF-19, Padova 2015]. Et høyst uvanlig foredrag. I henhold til forfatterlisten var det et samarbeidsprosjekt mellom Fraunhofer ICT, T U Nürnberg og universitetet i Tomsk, med markedsføring av russisk vitenskap som hovedfokus.



Figur 5.1 Elektrolyse i plasma.

Russerne holdt en høy profil under ICCF-19 med flere postere og foredrag, dels om teknologien, dels om anvendelsen (fly, avsalting av sjøvann og avgifting av brukt reaktorbrensel via transmutasjon). Noe virket vel fantastisk.

Gromov et al oppga tabellen under (figur 5.2) som begrunnelse for at de hadde oppnådd en COP på hele 25 ved plasmaelektrolyse av en løsning av natriumhydrogenkarbonat mellom jernelektroder. Referanseverdien til Gromov er 12,45 kWh for å fordampe en liter vann. Til sammenligning er fordampningsentalpien for vann 0,627 kWh/kg ved 100°C. I tillegg kommer ca. 0,1 kWh for å varme opp en kilo vann til koking. Dette gir ca. 0,73 kWh uten tap av varme mot målt 12,45 kWh. Systemet må følgelig ha enorme varmetap og viser at dersom dataene overhodet kan brukes, kan AHE effekten være heller liten. Systemet tilføres også noe energi ved

at elektrodene korroderer. Da absolutte tall ikke er oppgitt, kan dette ikke kvantifiseres, men reaksjonen $\text{Fe} + 3 \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3/2 \text{H}_2$ gir ca. 1 Wh pr gram forbrukt jern.

Electrode material	Mass loss of electrodes after experiment, mass %		Electrolyte / Concentration, M / pH _{an} / pH _{cat}	T _{plasma} / T _{boiling}	Input U, V	Input I, A	Input P, W	Time of experiment tau, hour	Input P / tau, W*h	Volume of electrolyte bath, liter	Amount of evaporated water, liter	Speed of water evaporation, liter/hour	Input power to time / amount of evaporated water, W*h/liter
	Anode	Cathode											
Steel W2	NA	NA	KOH / 0.2 / 12.1 / 8.0	24 / 80 / 102	300	0.5	150	1.3	195	0.2	0.2	0.15	975
Reference experiment			KOH / 0.2 / 12.1 / 12.1	21 / 80 / 102	Heating by electric oven		415	3	1245	0.2	0.1	0.03	12450
Steel W2	18	0.8	KOH / 0.2 / 12.1 / 8.0	21 / 80 / 102	300	0.5	150	2.7	405	0.2	0.4	0.15	1013
Steel W2	NA	1.2	KOH / 0.2 / 12.1 / 8.0	24 / 80 / 102	300	0.5	150	2	300	0.4	0.2	0.10	1500
Steel W2	2.8	2.3	NaHCO ₃ / 0.1 / 7.5 / 9.7	NA	170	0.4	68	3	204	0.2	0.4	0.13	510
Steel W2	0.9	4.7	NaHCO ₃ / 0.3 / 8.5 / 9.3	NA	200	0.5	100	1	100	0.5	0.03	0.03	3333
Cu	0.5	2.4	NaHCO ₃ / 0.3 / 8.4 / 10.2	NA	300	0.5	150	4	600	0.4	0.4	0.10	1500

Efficiency compared to Joule / Ohm water boiling 12450/510 = 25 (2500 %)

Figur 5.2 Fra Gromov et al. Fordampningsvarmen for vann er 0,627 kWh/L. Noe må ha gått galt ved referansemålingen.

Bazhutov Yu. N. gikk igjennom en plasma elektrolyseenhet (Fakel-2) for varmegenerering. Strømtettheten ved anoden er så høy at man får oppvarming til damp rundt elektroden. I dampen skjer ledning via plasma. Tidligere har Mizuno et al publisert plasmaelektrolyse på en wolframkatode i 0.2 M K₂CO₃ med en COP på ca. 2 over spenningsområdet 70 til 300V. [Mizuno et al. 2000].

I henhold til sin "Cold Nuclear Transmutation Erzion Catalysis" model kan man oppnå COP på 7 i en plasmaelektrolyse enhet (Fakel -2). En spesialenhet (Fakel-DTC) er utviklet for bruk i et auditorium (se figur 5.3).

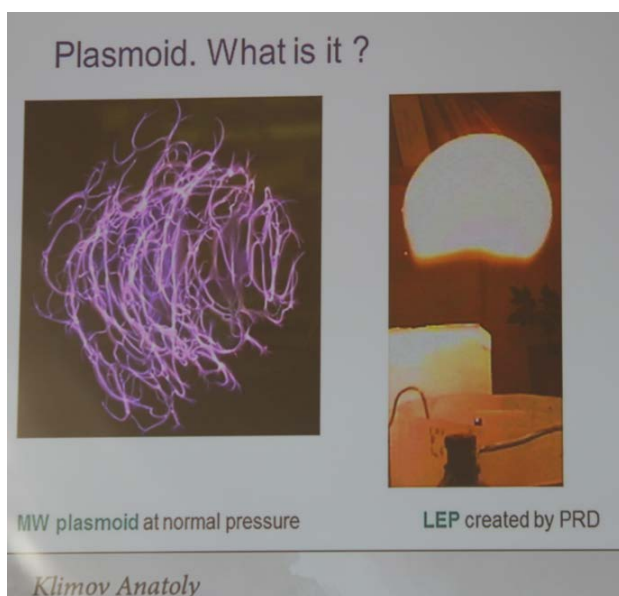


Figur 5.3 Plasma elektrolyse og kalorimetri. Fra Bazhutov et al, Poster ICCF-19. Enheten er utviklet for bruk ved demonstrasjoner i auditorium.

6 LENR i plasma

Anatoly Klimov fra det russiske firma “New Inflow” holdt et foredrag om “Energy release and transmutation of chemical elements in cold heterogenous plasmoid”. Først kom han innom plasmageneratorer for reduksjon av luftmotstanden under supersoniske flygning, så plasmaassistert forbrenning. Deretter gikk han igjennom instrumenteringen i detalj. Foredraget var godt dokumentert med referanser og vakre figurer.

Han trakk en interessant sammenligning mellom kulelyn og plasmoider. Kulelyn er heller ikke godt forstått. At LENR reaksjoner kan finne sted ble dokumentert dels kalorimetrisk, (COP mellom 2 og 10 ved 1 til 10 kW avgitt fra plasmaet), dels ved at forholdet mellom Li-7 og Li-6 går fra 13,2 før forsøket til 19,0 etter.



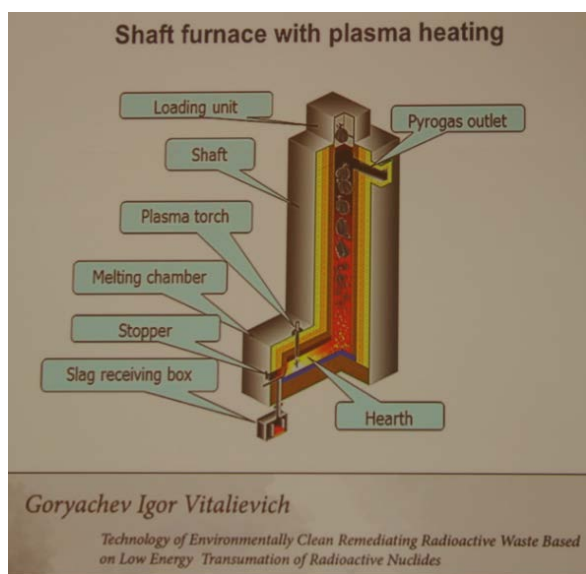
Figur 6.1 Fra [Klimov 2015].

Plasmafysikk er ikke mitt fagfelt, men jeg har presentasjonene i sin helhet. Se også Bazhutov et al's poster på ICCF-19.

7 Element transmutasjon

Spesielt i Japan ved Mitsubishi Heavy Industries har man arbeidet med transmutasjon av cesium (Cs) til praseodymium (Pr). Forsøkene er nylig reprodusert av Toyota Central R&D Labs Inc (men ikke av SRI). I Japan bygges det nå opp et eget institutt med romslig budsjett og tredelt målsetning: Transmutasjon for avgifting av radioaktivt avfall, energigenerering og teoretisk forståelse. Foreløpig er avgifting av Cs-137 på mikrogramnivå [Iwamura et al], samt transmutasjoner av enkelte andre isotoper, demonstrert.

Også i Russland er avgifting av radioaktivt avfall høyt prioritert. Man ser her på en plasmabasert prosess [Igor Goryachev & Vladimir Vuznetsov: Technology of environmentally clean remediating radioactive waste based on low energy transmutations of radioactive nuclides. ICCF-19, Padova 2015]. Goryachev viste bilder av en komplett installasjon betegnet PLUTON for deaktivering av radioaktivt avfall. Han viste også bilder fra kontrollrommet samt data for PLUTON installasjonen. Figur 7.1 viser enheten.



Figur 7.1 PLUTON enhet for behandling av radioaktivt avfall.

Tekniske data for PLUTON:

- Kapasitet 250 kg/h
- Temperatur i kammeret 1500-1600°C
- Strømforbruk (2 plasmaketter) 200 kW

-
-
- Spesifikt forbruk 800-1000 kWh/tonn
 - Vannforbruk 50 L/h
 - Reduksjon i Cs-137 97% (For godt til å være sant??)

8 Sikkerhet

Emnet ble behandlet på ICCF-19 i et interessant foredrag av David J. Nagel, fra George Washington University. Nagel tok for seg kjente uhell med LENR eksperimenter. Den første eksplosjonen hos F&P i 1985 var temmelig kraftig (Pd elektroden smeltet, noe fordampet og deler av avtrekksskapet ble ødelagt.). Energiutviklingen må ha vært betydelig høyere enn hva man kan forklare ut fra en D_2 / O_2 eksplosjon.

Senere har et større antall eksplosjoner blitt referert. Noen er forklarlige (Parkhomov / E-Cat type tester må nødvendigvis føre til et høyt internt trykk i røret fordi oppvarming av hydrogenkilden $LiAlH_4$ medfører dekomponering til $LiAl$ og hydrogengass). Gitt en temperatur på 900 til 1200 °C og et lite volum for gassen, kan man få rørsprengning og et scenisk glimt av smeltet $LiAl$ som sammen med hydrogen selvtenner når det kommer i kontakt med luft. Spredning av nano-nikkel er også høyst uønsket (toksisk material).

Mer bekymringsfullt er at også andre laboratorier har meldt om tilsvarende hendelser som F&P i 1991 (Xinwei Zhang et al, Proc. Of ICCF-3 pp.381-384 (1992)) og at en wolfram katode eksploderte i en elektrolytt av vanlig vann med 0,2 M K_2CO_3 (Mizuno T and Toriyabe Y. Proc. of ICCF-12, pp 64-66 (2006)). Jean-Paul Biberian refererte også til tilsvarende tilfeller med knallgassekspløsjoner og en høyenergiekspløsjon (J-P Biberian JCMS, vol 2, pp 1-6 (2009)). I disse tilfellene er energiutviklingen en til flere størrelsesordener over hva som kan forklares med knallgassekspløsjoner.

Gitt at man klarer å oppbevare et overmettet metallhydrid/deutrid eller alternativt produsere det kontrollert for så å bringe det til reaksjon ved en ekstern impuls, kan man få et meget potent våpen.

9 Kommersielle interesser

De fleste ikke-statelige gruppene har en eller flere private investorer bak seg. Et amerikansk investeringsselskap, LENR Invest, hadde en poster på ICCF-19. De har 5 amerikanske bedrifter på sin liste (XX, Brillouin, LENR-Cars, LERNProof) og er på jakt etter flere.

E-Cat er finansiert av IH (Industrial Heat inc.), tidligere Leonardo Corp.

Sidney Kimmel en multimilliardær og filantrop med penger fra motebransjen. Han har etablert «Sidney Kimmel Institute for Nuclear Renaissance», ved University of Missouri, Columbia, MO, USA. Oppdraget er “to find the origin of the Anomalous Heat Effect (AHE) with a sound materials science approach and with no preconceptions as to the origin of the phenomenon and to publish findings in the open literature and to openly collaborate worldwide with researchers in the field and in cross disciplines”. Motiveringen for Sidney Kimmel er å avslutte amerikansk avhengighet av energiimport.

Private penger fører lett til hemmelighet og desinformasjon, noe som ikke kan sies å være fordelaktig på det nåværende utviklingsstadium for kald fusjon.

10 Japan

Toyodafamilien eier Toyota konsernet og Minoru Toyoda var blant dem som antok at Fleischmann og Pons (F&P) hadde korrekte målinger i 1989. Han startet opp og støttet CMNS forskningen i Japan. ISCMNS contribution award, «Minoru Toyoda Gold Medal» er til hans minne.

The Japanese Cold Fusion Research Society (JCF) holder årlige møter. Proceedings finnes på nettet (http://www.jcfrs.org/proc_jcf.html). Akari Kitamura (professor ved Kobe University og direktør for Technova Inc.) uttalte i forordet til JCF14:

«...cold fusion has a potential ability to establish a small-scale, radiationless nuclear reactor, and hopefully to shorten half-life of radioactive wastes by nuclear transmutation»

Ved opprettelsen av et institutt for Condensed Matter Nuclear Science ved Tahoku University har Japan styrket forskningen innen området. Ved siden av Tahoki universitet står Mitsubishi Heavy Industries og Clean Planet Inc bak etableringen. Også statlige midler er stilt til disposisjon. Målsetningen er tredelt:

- Teoretisk forståelse
- Avgifting av radioaktivt avfall
- Energiproduksjon

Program og organisering ble gjennomgått i et foredrag av Iwamura og også presentert som en poster på ICCF-19. [Iwamura 2015].

Også andre japanske institusjoner var representert på ICCF-19, herunder Toyota Central R&D Labs Inc., Technova Inc. og Green Mobility Collaboratory Research Center, Nagoya University. Toyota verifiserte at de hadde reproduisert Iwamuras transmutasjonsforsøk. Videre ga de et foredrag om hydrogenabsorpsjon på Pd-dopet mesoporøs silisiumoksid.

Plasmaelektrolyse-forskning drives ved Hokkaido University [Mizuno et al, 2000].

10.1 JCF14 Japan Cold Fusion 2014 – Proceedings of Japan CF-Research Society

Konferansen holdes årlig. Jeg har sett nærmere på den som ble holdt i desember 2013. Proceedings består av 16 papers på i alt 203 sider. Arbeidet har pågått i 20 år og de har oppnådd resultater som tilsier bruk i behandling av radioaktivt avfall ved nukleær transmutasjon og (gitt at man kan øke effektiviteten) til energiproduksjon. Se http://jcfrs.org.proc_jcf.html

Under er kommentarer til tre av artiklene:

A. Kitamura et al.: “Study on Anomalous Heat Evolution from H-Ni Nanoparticle System at elevated Temperature with Mass-Flow Calorimetry”

$\text{Ni} + \text{H}_2 \Rightarrow$ varme, men lite ved 300°C. Estimert: 0.25W/g Ni. Integrert over 3 uker: 10 MJ/g Ni. (Forskjellige nano-materialer på zirkonium oksid bærer).

Resultat i tråd med Rossi og Parkhomov, men spesifikk effekt (og temperatur) er betydelig lavere.

Yamara et al.: “Impressive Increase in Number of Etch Pit Occasionally Produced on CR-39 in Light and heavy water Electrolyses using Ni Film Cathode”

Det fremgår av tittelen (og artikkelen) at de observerer ioniserende stråling ved reduksjon av H/D på en Ni film ved elektrolyse, men ikke hver gang. Tydeligvis er det avhengig av eksperimentelle forhold, men uten at man har en god forklaring på hvorfor.

H. Kozima: “Nuclear transmutations (NTs) in Cold Fusion Phenomena (CFP) and Nuclear Physics

Et primært teoretisk paper, men satt opp mot eksperimentelle data fra andre. Han forsøker å sette opp en felles teori for de forskjellige CFP man har observert.

Siste linjen er er interessant med henblikk på norsk engstelse for billig energi: “Deterioration of CF-materials by the CFP observed every time in experiments is perhaps the most serious problem to overcome for the application of CFP”.

11 NASA Glenn Research Center

Se https://www.grc.nasa.gov/www/sensors/PhySen/docs/LENR_at_GRC_2011.pdf som gir en oppsummering av arbeidene ved NASA fra 1989 til 2011.

De fikk allerede tidlig til å reprodusere F&Ps forsøk og har fortsatt arbeidet med henblikk på å erstatte Pu-238 som varmekilde i generatorer (enten Stirling eller termoelektriske generatorer). Lite tyder på at de har klart å bringe prosessen frem til en stabil generator av varme. At NASA’s støtte til LENR ikke er uten kritikk framgår av artikler i NASA Watch under betegnelsen Quack Science.

12 Italia, ENEA

LENR forskning er stueren i Italia. ENEA står for Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development. Organisasjonen teller over 2700 ansatte og består av 9 forskningssentre i Italia. De sto som arrangør av ICCF-19 i Padova og bidro med flere postere og foredrag. Vittorio Violante fra ENEA Unita Technica Fusione i Roma viste ekstra varme AHE og RF burst i GHz området. ENEA hadde også flere posters på kalorimetri og instrumentering for kald fusjon. ENEA sponset også ICCF-15 i Roma i 2009. Proceedings for ICCF-15 ligger på <http://www.enea.it/it/produzione-scientifica/edizioni-enea/pdf-volumi/part-i-iccf15-proceedings.pdf>

13 Konklusjon

Min personlige oppfatning er at LENR er et reelt fenomen som man må følge utviklingen av. Alternativt må man tro på en konspirasjon av uavhengige forskere ved mange forskjellige

institusjoner. At en varmeutvikling som ikke kan forklares ved tradisjonell kjemisk termodynamikk, kan finne sted er etter mitt skjønn dokumentert utenfor enhver rimelig tvil. For F&P type reaksjoner er dokumentasjonen svært overbevisende. Samtidig er det klart at mye tvilsom eksperimentell praksis av e-cat typen omtales på nettet. Teknologien som refereres, er ofte trivielt enkel og egnet for garasjekjemikere, men hva som er ønsketenkning og hva som er substans er ofte vanskelig å avgjøre. Den kommersielle verdien av ubegrenset tilgang på energi er høy, noe som kan friste til overselging.

Dersom en LENR prosess blir kommersielt anvendbar, oppstår nye problemer; energiutviklingen er MeV per atom mens vanlige kjemiske reaksjoner måles i eV per atom. (Eller i mer vanlige enheter for kjemikere: Gigajoule per mol mot kilojoule per mol). Prosessen må kunne temmes og hvis det lykkes, vil det medføre en revolusjon både sivilt og militært.

På den annen side har man arbeidet med LENR og kald fusjon siden midt på 1980 tallet, mye penger er brukt og fortsatt er ingen veldokumenterte, praktiske enheter på markedet. Det tyder på at utvikling av en LENR reaktor er alt annet enn triviell. Ikke minst kan høy lokal energiutvikling gi materialtekniske problemer slik at substratet for reaksjonen ødelegges. (Noen MeV per atom omsatt er definitivt mer enn hva man håndterer ved kjemiske reaksjoner).

McKubre's påstand er at utviklingen i feltet i dag er begrenset av mangel på talent, ikke mangel på penger. Å fjerne det "patologiske" stemplet fra CMNS vil kunne bidra til at også unge forskere tør arbeide med CMNS i fremtiden.

Referanser

Fleischmann M, Pons S, Hawkins M (1989): "Electrochemically induced nuclear fusion of deuterium". J Electroanal Chem 261: 301-308, errata (1990) 263: 187

Fleischmann M, Pons S, Anderson MW, Li LJ, Hawkins M (1990): "Calorimetry of the palladium – deuterium – heavy water system. J Electroanal Chem 287: 293-348

Hagelstein Peter L (2010): "Constraints on energetic particles in the Fleischman Pons experiment", Naturwissenschaften 97.4 (2010) pp 345-352

McKubre M, Crouch-Baker S, Rocha-Filho R C, Smedly S I, Tanzella F L, Passell T O, Santucci J (1994): "Isothermal flow calorimetric investigations of the D/Pd and H/Pd system", J. Electroanal. Chem. 368: 55-66

Biberian, Jean Paul (2014): "Fusion in All Its Forms" s 77

Storms, Edmund: "A Student's Guide to Cold Fusion" (2012). lenr-canr.org/acrobat/StormsEastudentsg.pdf

Engström, Margaretha, Vattenfall Research & Development AB och Sten Bergman, StonePower AB: "Low Energy Nuclear Reactions. Informationssammanställning beträffande ett omdiskuterat fenomen". Elforsk rapport 13:90. 15 November 2013

Levi, Giuseppe, Evelyn Foschi, Bo Höistad, Roland Pettersson, Lars Tegnér and Hanno Essén: "Observation of abundant heat production from a reactor device and of isotopic changes in the fuel". 6. Oktober 2014. ("The Lugano Report")

Bazhutov Yu. N., A.I. Gerasimova, V.V. Evmenenko, V. P. Koretskiy, A.G. Parkhomov, Yu. A. Sapozhnikov: "Calorimetric and radiation diagnostics of water solutions under intensive light irradiation". Poster, ICCF-19, Padova 2015.

Parkhomov A.G. and E.D. Belusova: Research of heat generator similar to high temperature Rossi reactor» Poster ICCF-19, Padova 2015

Violante V. et al: "Heat production and RF detection during cathodic polarization of Palladium in 0.1 M LiOD". Foredrag ICCF-19, Padova 2015.

Violante V, Castagne W, Lecci S, Sansovini M, Hubler G, Knies D, Grabowski K, McKubre M, Tanzella F, Sibilia C, Del Prete Z, Zilov T, Sarto F (2009), Proceedings ICCF-15, pp 1-4. "Evolution and Progress in Material Science for Studying the Fleischmann and Pons Effect (FPE)"

Scholkman, Felix, David J. Nagel, Louis F DeChiara: “Electromagnetic and Electronic Frequencies Associated with Heat Production During Electrochemical Loading of Deuterium into Palladium”. ICCF-19, Padova 2015

Mizuno T. , T. Omori, T. Akimoto and A. Takahashi: Production of heat during plasma electrolysis in liquids. Jpn. Journal of Appl Phys Vol 39 (2000) pp 6055-6061

Goryachev , Igor & Vladimir Vuznetsov: Technology of environmentally clean remediation of radioactive waste based on low energy transmutations of radioactive nuclides. ICCF-19, Padova 2015.

Iwamura, Ysuihiro, Mitsuru Sakano and Takehiko Itoh: Elemental analysis of Pd complexes: Effect of D₂ Gas Permeation. Jpn. J. Appl. Phys. Vol 41 (2002) pp 4642 – 4650.

Swartz M. R., Verner G. M. and Hagelstein P. “Impact of electrical avalanche through ZrO₂-NiD Nano-structured CF/LANR component on its incremental Excess Power Gain”. ICCF-19, Padova 2015

Klimov, Antoly: “Energy release and transmutation of chemical elements in cold heterogeneous plasmoid”. ICCF-19, Padova 2015

Wayman M. L. and Weatherly G.C: “The H-Ni (Hydrogen –Nickel) System” Bulletin of Alloy Phase Diagrams Vol. 10 No 5. 1989. pp 569

Bambakidis Gust: “Metal Hydrides” Springer Science & Business Media, 11. nov. 2013 - 385 sider. Se side 204 til 206.

ENEA/TB0201/2009 Se:

http://old.enea.it/produzione_scientifica/pdf_brief/Violante_ExcessPower.pdf.

Lawson Del R et al.: “ Coulometric assay of deuterium loading levels in palladium electrodes”. ONR Technical report No. 56, 1990.

Christian Schumacher 2014: http://blog.stepchange-innovations.com/2014/10/excess-heat-isotope-changes-e-cat-lenr-reactor-part2/#.VXk5Ms_tmko

DIA-08-0911-003: “Defense Analysis Report. Technology Forecast: Worldwide Research on Low-Energy Nuclear Reactions Increasing and Gaining Acceptance

Vedlegg

A En liste over industribedrifter

Name	Link
BlackLight Power	http://en.wikipedia.org/wiki/BlackLight_Power http://www.blacklightpower.com/
Brillouin Energy Corporation	http://www.brillouinenergy.com/
Defkalion Green Technologies	http://www.defkalion-energy.com/
Etiam Inc	http://www.etiam.fi
Global Energy Corporation	http://www.globalenergycorporation.net/
JET Energy, Inc.	http://world.std.com/~mica/jet.html
Lattice Energy LLC	http://www.slideshare.net/lewisglarsen/lattice-energy-llcindex-to-documents-re-widomlarsen-theory-of-lenrsnov-21-2012
LENR Cars Sàrl	http://lenr-cars.com/home.php
LENUCO	http://futureenergy.ultralightstartups.com/campaign/detail/861 http://www.techconnectworld.com/World2012/a.php?i=40168

Leonardo Corp. <http://ecat.com/>

NanoSpire, Inc. <https://nanospireinc.com/Fusion.html>

NicHenergy SRL <http://www.nichenergy.com/>

B Noen interessante linker

Kritikk at F&Ps kritikere i en artikkel av Miles og Fleischman: s 469 Twenty-Year Review of Isoperibolic Calorimetric Measurements of the Fleischmann-Pons Effect Melvin H. Miles
Martin Fleischmann

http://www.scientificexploration.org/journal/full/jse_23_4_full.pdf#page=38

Her konkluderer forfatterne Melvin H. Miles & Martin Fleischmann). “Summary: The correct equations for modeling isoperibolic calorimetry using open cells are now well established and can give highly accurate results. These calorimetric equations were used to evaluate the Caltech, M.I.T., and Harwell calorimetry performed in 1989. It appears that scientific objectivity was sacrificed by these three influential institutions in order to obtain their desired result of no anomalous excess power effects.”

Cold Fusion experiment and short course at MIT i 2012 <http://www.infinite-energy.com/iemagazine/issue102/mitdemo.html>.

Som en bekreftelse på at MIT tok feil i sin latterliggjøring av F&P holder de nu et årlig seminar over 4 dager på kald fusjon med hovedvekt på F&P samt Jet Energy's NANOR teknologi for dannelse av He-4 og eksess varme fra D₂ gas og Pd nanopartikler i en zirkonium-oksidi matriks. Se <http://student.mit.edu/searchiap/iap-BD6DOCF8E170B284E0400312852F4A61.html>.

JET energy Inc benytter begrepet: Lattice assisted nuclear reaction, LANR og kaller materialet de benytter NANOR. Se referanser under <http://world.std.com/~mica/jetenergy.htm>.

C Program for ICCF-19

Accepted Abstract

Poster Presentation

01 Amoroso

Future of Particle Physics: Unified Field Alternative to 100 TeV, PeV Colliders?

02 Baranov

The observation of the strange radiation and new ideas for CMNS explanation

03 Bazhutov

Plasma Electrolysis as Foundation for Russian E-Cat Heat Generator

04 Bazhutov

Erzion Interpretation of Cold Nuclear Transmutation in Our Experimental Results

05 Bazhutov

Elaboration of Optimal Installation for Demonstration of Excess Heat in Plasma Electrolysis Experiment

06 Biberian

Pressurized Plasma Electrolysis...

07 Biberian

Experimental Evidence of Excess Heat by Mass Flow Calorimetry with Ni-LiAlH₄ Powder

08 Biberian

Excess Heat Observed with Capacitor having one Palladium Electrode

09 Calaon

Yet Another LENR Theory: Magnetic Electron Mediated Nuclear Reactions

10 Castagna

The Significance of a Properly Conceived and Instrumented Calorimetry

11 Celani

Observation of Macroscopic Current and Thermal Anomalies, at HT, by Hetero-structures on thin and long Constantan wires under H₂ gas.

12 Cook

On the Importance of Nuclear Structure Theory for Understanding the E-CAT

13 Couannier

Dark Gravity and LENR

14 Dallacasa

In Phase Magnetic Force in LENR

15 Davtyan

Theoretical Prerequisites for Creating Cold Fusion Reactor

16 Dmitriyeva

Role of dopants in deuterium loading during electrochemical experiment

17 Dubinko

Atomistic Simulations of Discrete Breathers in Crystals and Clusters: A bridge to understanding LENR

18 El-Boher

Search for low-energy x-ray and particle emissions from an electrochemical cell

19 El-Boher

Final Report on calorimetry-based excess heat trials using Celani treated NiCuMn Constantan Wires

20 El-Boher

Search for excess heat in electrolysis using single-walled carbon nanotubes SWCNT and graphene-coated palladium cathodes

21 El-Boher

Effect of Pd nanoparticles co-deposition on excess heat generation and H/D loading in electrochemical and permeation cells

22 Evstigneev

On the Kinetic Calculations of Elements Transmutations in the Presence of Cold Neutron Flux

23 Frisone

Nuclear exothermic reactions in lattices: a theoretical study of d-d reaction

24 Godes

Brillouin Energy Test Results of CECR Hypothesis

25 Goryachev

"Road Map" for Developing Engineering Applications of LENR Technologies

26 Goryachev

Implementing Innovative Technologies for Cleaning Sea Areas from Solid Pollution

27 Goryachev

Technology of Wasteless Low Cost Desalinating Sea Water Based on Low Energy Transmutation Of Chemical Elements

28 Gromov

Ca Formation by Kervran-Bolotov transmutation reaction in "Al-N" systems

29 Hagelstein

Current Status of the Theory and Modelling Effort Based on Fractionation

30 Hamm

Electrochemical Analysis of Palladium Cathodes toward the Advancement of Reproducibility High H/D Loading Ratios

31 Hatt

An Essay on the Unifying Theory of Natural Forces/Atomic nuclei binding energy

32 Hatt

Atomic nuclei binding energy to be presented under transmutation or isotope composition study

33 Houwelingen

LENR Market: Update and Opportunities

34 Kidwell

Observations of RF Emissions and heat in electrochemical loading experiments

35 Klimov

High-Energetic Nano-Cluster Plasmoid and its Soft X-radiation

36 Koretskiy

Investigation of Radiation & Excess Heat Effects in Water Solutions During Irradiation by Laser or LEDs Light

37 Kurilenkov

On Specifics of DD neutron generation along low energy nanosecond vacuum discharge Deuterium-loaded Pd Anode

38 Lecci

Methods for F&P Experiments Electrodes Materials Key Features Investigation

39 Marano

Synthesis and Characterization of Pd-Ni-ZrO₂ composite materials for LENR investigations

40 Paillet

Nature of the Deep Dirac Levels

41 Melvin H. Miles

Thermodynamic and Kinetic Factors Concerning the D+D Fusion Reaction for the Pd/D

42 Mondaini

Transmutations of Elements by electrolysis, with light water and Copper

43 Paillet

The Basis for Eletron Deep Orbits of the Hydrogen Atom

44 Pak

Studies of Neutron Emission from Deuterium Abs. C60(Pd)Li Electrode

45 Parchamazad

Optimization of Zeolites in Cold Fusion Systems

46 Parkhomov

Research on High-Temperature Rossi Heat Source Analogue

47 Petrucci

Asymmetric and Anisotropic Neutron Bursts from Sonicated Steel

48 Ridolfi

Products and Thresholds of DST-reactions in Iron

49 Ruer

Lifetime of Hot Spots

50 Santoro

Neutron Emission from Sonicated Steel

51 Sawada

An Example of the nuclear active environment of the Cold Fusion

52 Scarborough

The Center to study Anomalous Heat Effects at Texas Tech University

53 Scholkmann

Electromagnetic and Electronic Frequencies Associated with Heat Production during Electrochemical Loading of Deuterium into Palladium

54 Stringham

Single DD Fusion Event

55 Szumski

Least Action Nuclear Process (LANP) Theory of Cold Fusion-An Overview

56 Tarasenko

Tarasenko Generator on the basis of the model of the planet...

57 Terentyev

Hardening and Embrittlement in Fe-based Alloys for Nuclear Applications understanding gained by atomistics simulations

58 Tetsuo

An Example of the Nuclear Active Environment of Cold Fusion

59 Toimela

Theoretical Study on the Transmutation Reactions

60 Tsyganov

Cold DD Fusion in Conducting Crystals

61 Umarov

The Description of the Cold Fusion Process Based on the Many-Body Problem Solution

62 Vysotskii

Observation and study of undamped thermal waves in LENR-related systems

63 Vysotskii

Spontaneous Formation of Coherent Correlated States in Changing Nanowells and Nanocracks – the Universal Way for LENR Realization

64 Wettin

Unknown matter in Cold Fusion

65 Zatelepin

The Concept of Propulsion with LENR heat source for aircraft and ground application

66 Huang

A Study on the Excess Heat Generation in Ni-H Gas Discharge Systems

Oral Presentation

01 Davidson

Off-Mass-Shell Particles and LENR

02 Dmitriyeva

Machine Learning to analyze deuterium loading patterns during electrochemical

03 Dubinko

Quantum Tunneling in Breather "Nano-colliders"

04 Filippov

Increase in the Probability of Electron Beta Decays in a Superstrong Magnetic Field

05 Goryachev

Technology of Environmentally Clean Remediating Radioactive Waste Based on Low Energy Transmutation of Radioactive Nuclides

06 Grimshaw

Integrated Policymaking for Realizing LENR Benefits and Mitigating Its Impacts of LENR

07 Gromov

LENR by low-voltage cathode plasma electrolysis

08 Hagelstein

Charge Emission from a Copper foil driven @ MHz frequencies

09 Hioki

Hydrogen absorption property of Pd-doped mesoporous silica

10

...

11 Hubler

On a Possible Cosological Explanation for the Anomalous Heat Effect

12 Iwamura

The Launch of a New Scheme on CMNS at Tohoku University

13 Kasagi

Screening Energy of the D+D Reaction in an Electron Plasma deduced from cooperative colliding reaction

14 Katinsky

Industrial Association for LENR

15 Kidwell

Is the excess heat from gas loading consistent with D-H exchange rates as measured by NMR?

16 Kitamura

Effect of Minority Atoms of Binary Ni-Based Nano-Composites on Anomalous Heat Evolution under Hydrogen Absorption

17 Klimov

Energy Release and Transmutation of Chemical Elements in Cold Heterogeneous Plasmoid

18 Knies

A Method to Control Palladium Crystallographic Texture and Surface Morphology

19 Changlin

Lithium-An Important Additive in CMNS

20 Mastromatteo

LENR Anomalies in Pd-H₂ systems submitted to LASER stimulation

21 McKubre

Cold Fusion-CMNS; present and projected future status

22 Paillet

Basis for Femto-molecules and -ions created from femto-atoms

23 Melvin H. Miles

Excerpts from the Martin Fleischmann Letters

24 Nagel

High Power Density Effects in Lattice-Enabled LENR Experiments and Generators

25 Orchideh Azizi

Effect of cathode pretreatment and chemical additives on H/D absorption into palladium via electrochemical permeation

26 Rusetskiy

Investigation of Enhancement and Stimulation of DD-Reaction yields In Crystalline Deuterated Heterostructures at Low Energies using the HELIS setup

27 Sarto

Morphology and electrochemical properties of Pd-based nanostructures deposited by different thin-film techniques

28 Swartz

Impact of Electrical Avalanche through ZrO₂-NiD Nanostructured CF/LANR Component on its Incremental Excess Power Gain

29 Szumski

The Atom's Temperature

30 Takahashi

Fundamental of Rate Theory for CMNS

31 Vandenberghe

Society and New LENR Technologies

32 Violante

Heat Production and RF detection during cathodic polarization of Palladium in O.1 M LiOD

33 Vysotskii

Transmutation of Cs¹³³ Isotope to Ba Nucleus During Growth of Methanogenic Bacteria of Sea Sludge

About FFI

The Norwegian Defence Research Establishment (FFI) was founded 11th of April 1946. It is organised as an administrative agency subordinate to the Ministry of Defence.

FFI's MISSION

FFI is the prime institution responsible for defence related research in Norway. Its principal mission is to carry out research and development to meet the requirements of the Armed Forces. FFI has the role of chief adviser to the political and military leadership. In particular, the institute shall focus on aspects of the development in science and technology that can influence our security policy or defence planning.

FFI's VISION

FFI turns knowledge and ideas into an efficient defence.

FFI's CHARACTERISTICS

Creative, daring, broad-minded and responsible.

Om FFI

Forsvarets forskningsinstitutt ble etablert 11. april 1946. Instituttet er organisert som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter underlagt Forsvarsdepartementet.

FFIs FORMÅL

Forsvarets forskningsinstitutt er Forsvarets sentrale forskningsinstitusjon og har som formål å drive forskning og utvikling for Forsvarets behov. Videre er FFI rådgiver overfor Forsvarets strategiske ledelse. Spesielt skal instituttet følge opp trekk ved vitenskapelig og militærteknisk utvikling som kan påvirke forutsetningene for sikkerhetspolitikken eller forsvarsplanleggingen.

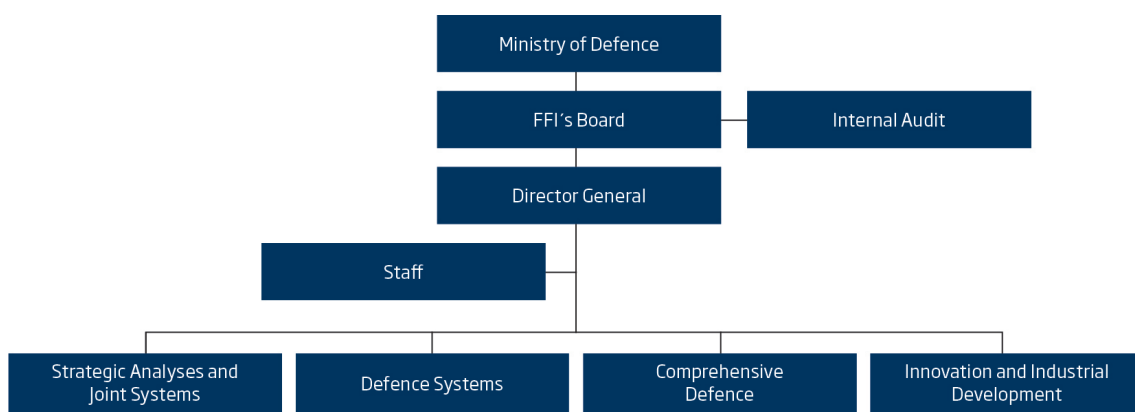
FFIs VISJON

FFI gjør kunnskap og ideer til et effektivt forsvar.

FFIs VERDIER

Skapende, drivende, vidsynt og ansvarlig.

FFI's organisation



Forsvarets forskningsinstitutt
Postboks 25
2027 Kjeller

Besøksadresse:
Instituttveien 20
2007 Kjeller

Telefon: 63 80 70 00
Telefaks: 63 80 71 15
Epost: ffi@ffi.no

Norwegian Defence Research Establishment (FFI)
P.O. Box 25
NO-2027 Kjeller

Office address:
Instituttveien 20
N-2007 Kjeller

Telephone: +47 63 80 70 00
Telefax: +47 63 80 71 15
Email: ffi@ffi.no