



Tor med hammeren!
Thorium oppdaget i Norge 1828
Norges nasjonalelement 2019

Norwegian nuclear legacy

Brit Salbu

- Professor Em Norges Miljø og Biovitenskapelig Universitet (NMBU)
- Direktør CERAD Senter for fremragende forskning om Stråling, Mennesker og Miljø (2013-2020)
- Honorary Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Setting the scene 1895: Radioaktivitet ble oppdaget!

1895 X-ray
Røntgen

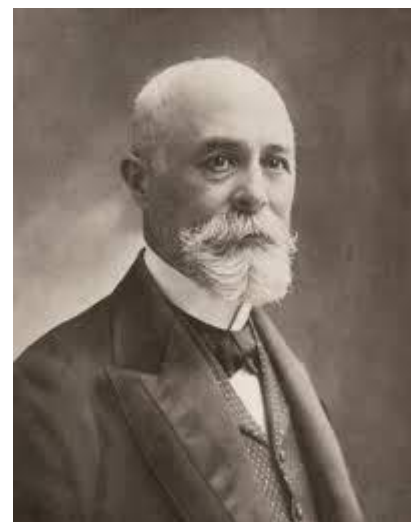
1896 Bq
Becquerel

Begrepet
radioaktivitet – Curie

1903, Nobel price
Radioactivity
Becquerel + Curies



Wilhelm Conrad Röntgen
Oppdaget X-ray stråling!



Henri Becquerel
Oppdaget at uransalt
svertet en fotografisk
plate



Pierre Curie and Marie
Skłodowska Curie
Oppdaget Radioaktivitet!

Radioaktivitet ble oppdaget

- **Mania, Marya, Marie Sklodowska** (1867 – 1934) fra Polen dro til Sorbonne, giftet seg med Pierre Curie 1895, og studerte "det nye fenomenet" som sin Dr grad.
 - **1903:** Dr Grad: Research into radioactive substances
 - **1903:** Becquerel og ekteparet Curie fikk Nobelpris i fysikk

- Oppfordret av sin lærer, professor Eyvind Bødtker, til å dra til Paris
- Avvist av Madame Curie pga for liten plass
- Fikk plass «fordi hun bare trengte et bøttekott»

Ellen Gleditsch 1879 – 1968, født i Mar

- Datter av en lærer, flink på skolen, apotekereksamen
- Assistent ved Oslo Universitets laboratorium 1903
- Eksamen i kjemi, publiserte "Amylbenzenes derivat" **på fransk 1906**



Madame Curie ved kvikkse



Ellen Gleditsch som student 1902

Nobelpris 2011 til M Curie

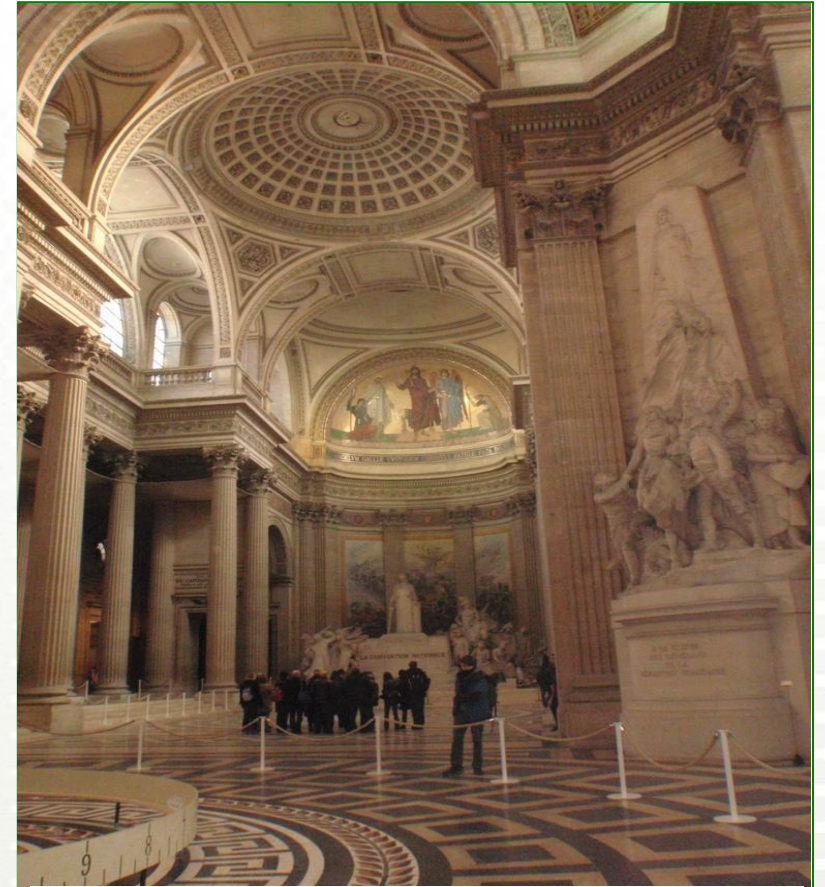
Licenciat grad, Sorbonne 1912 til Ellen

Ved Curies laboratorium arbeidet Ellen med:

- Radioaktivitet i ulike radioaktive mineraler, også fra Norge, forholdet mellom uran og radium i mineraler + halveringstid og bestemte atomvekten for radium
- **De fremstilte 1 g rent hvitt skinnende metallisk Ra i 1910 = 1Ci!!! Dette var FARLIG!**

I 1911 fikk Marie Curie Nobelpris i kjemi: Ra + Po

- Skandale knyttet til Paul Langevin
- Marie ble aldri medlem av det franske Vitenskapsakademi
- 2011 – Franske myndigheter ba om unnskyldning for behandlingen av Marie Curie



Ekteparet Curie ble overført til Panthéon i Paris i 1995. Der ligger også Paul Langevin

Barnebarnet til Mme Curie giftet seg med barnebarnet til Langevin
Professor Helene Langevin - Joliot

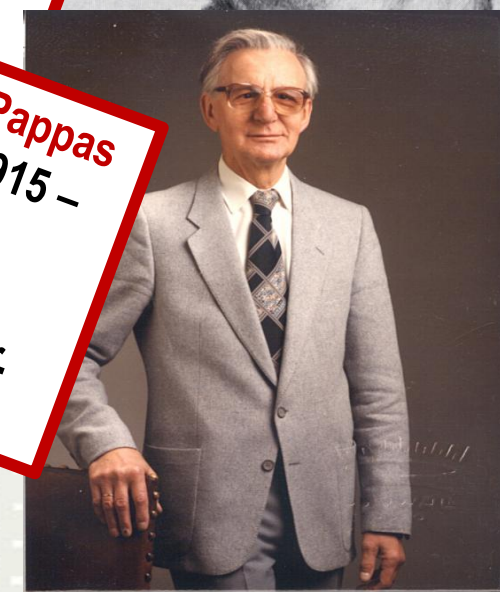
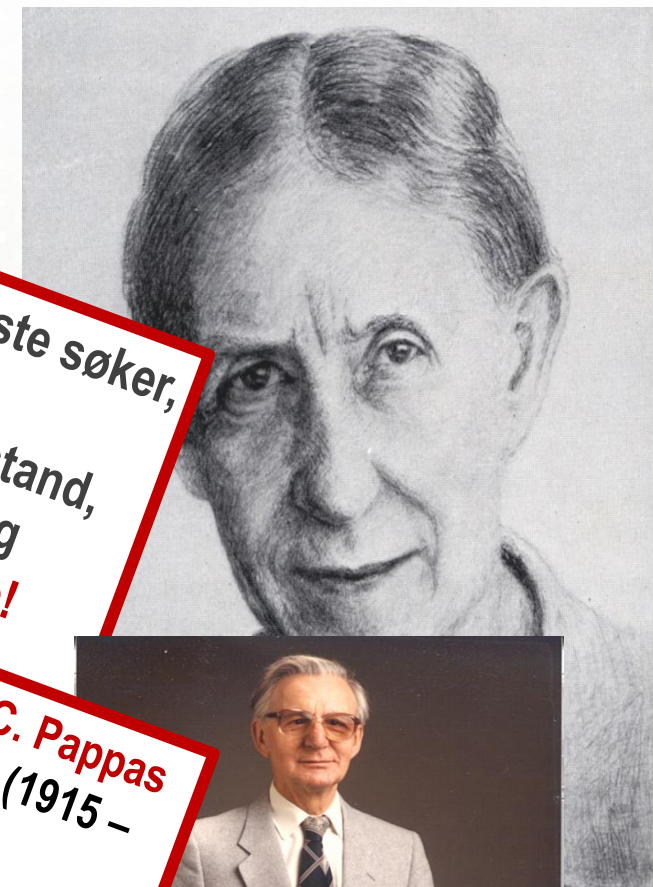
Professor i kjemi, UiO, 1929.
Den andre professor i Norge

1913: til Be
U/Ra forh
at Boltw

1916: Stortinget vedtok en dosent stilling ved UiO – Ellen eneste søker,
Støttet av Professor Birkeland (**Foreslo ny helsetrøye!**)
1929: Ellen ble professor i uorganisk kjemi, UiO, etter stor motstand,
spesielt fra rektor Sem Sæland, i konkurranse med Odd Hassel og
Endre Berner – ganske så ubehagelig! **Støttebrev fra Madam Curie!**

1962:
1914: Doctor
Massachuse

Mange kjente studenter: Ernst Føyn, Ivan Th Rosenqvist, og **Aleco C. Pappas**
Kjerne kjemi etablert ved UiO 1957 som et gaveprofessorat til Pappas (1915 –
2010) fra Landsforeningen for kreft.
Blomstrende miljø på Avdeling for Kjerne kjemi, UiO. Mer enn 100 studenter.
Radioaktivitet i miljøet overført til NLH 1987



Det ble moderne med «radium bad» i Europa!

På etiketten til Farrisflasken sto det før krigen:

Med helsebringende radium!



Ra og Po: Nobel pris i kjemi 2011.

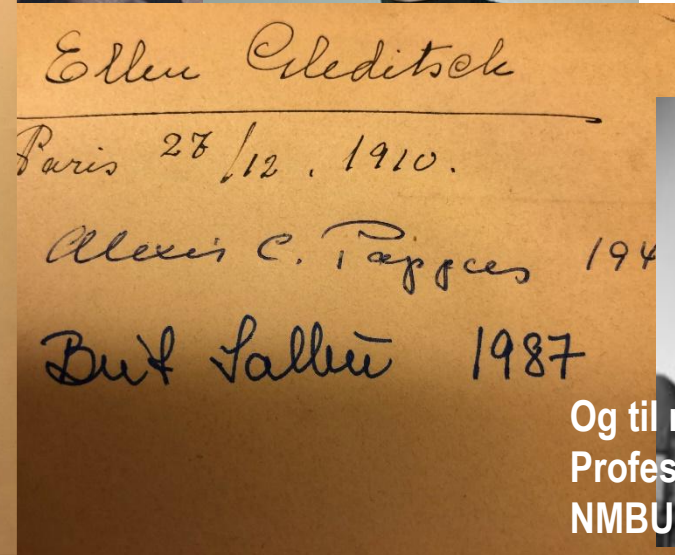
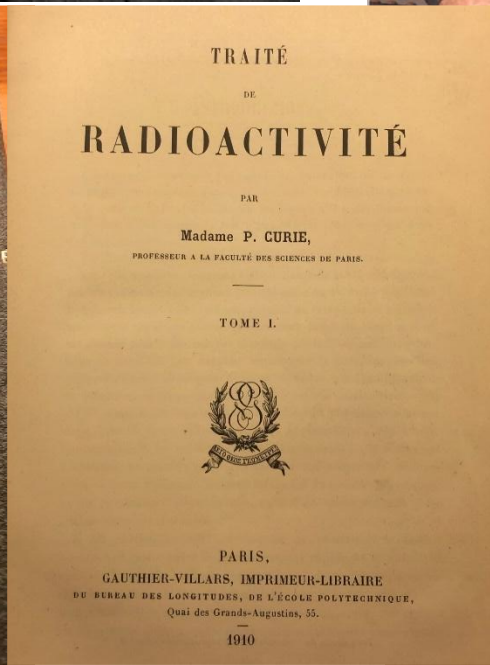
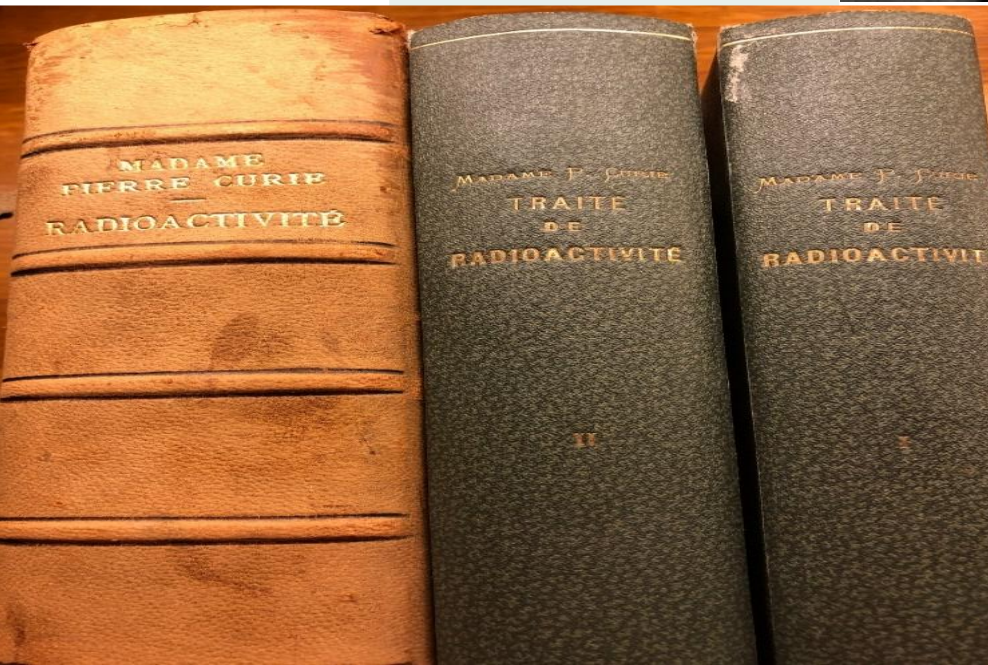
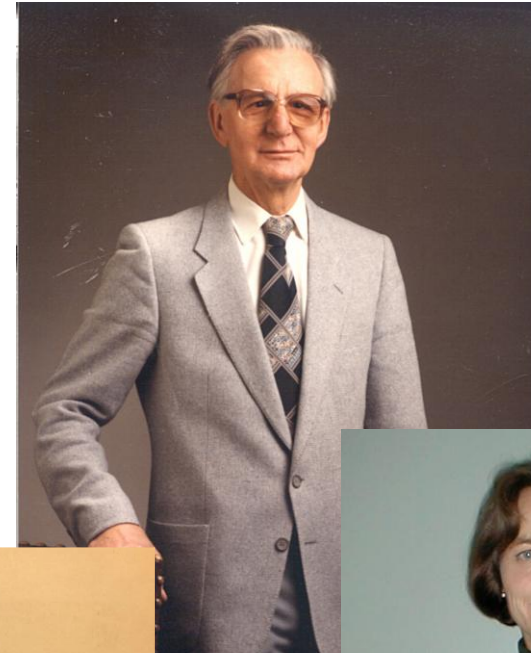
Arven fra Madame Curie og Ellen Gleditsch (Paris 1907-1912)



Prof UiO 1929

Prof UiO 1964

Prof NMBU 1987



Og til neste generasjon
Professor Lindis Skipperud,
NMBU

Atommodellen ble utviklet

Nobel price 1906

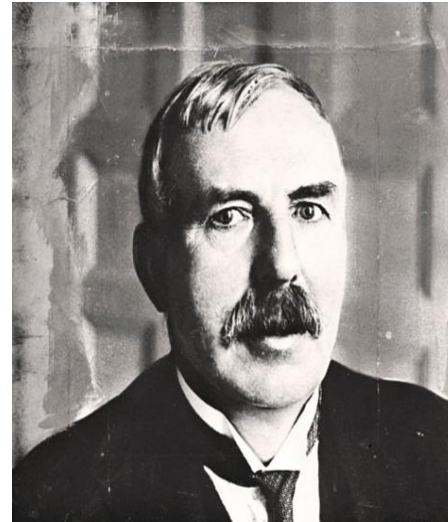
Nobel price 1908

Nobel price 1922

Nobel price 1935



Sir Joseph John Thomson
Electrons, isotopes



Ernest Rutherford
The atom has a **core**, **alpha**,
beta particles, protons



Niels Henrik David Bohr
Atomic model



James Chadwick
Nøytronet

Fisjon 17. desember 1938 – fisjon som basis for atomreaktorer

1938 – Meitner flyktet til Sverige

Hahn og Strassman utførte nye U eksperiment. Publiserte uten Meitner

Meitner + Frisch forklarte fisjon, og antall frigjorte nøytroner: 2.5. Info til Niels Bohr + Manhattan 1939

Hahn + Strassman Nobel Prize 1944
Enrico Fermi prisen til Meitner, Hahn, Strassman 1964



Manhattan prosjektet 1942 - 1945

Mange flyktninger fra Europa til USA

Brev fra Einstein etc til Roosevelt, startet National Defence Research Committee

Kjernereaktor danner basis for

- Kjernevåpen
- Kjernekraft
- Radiofarmasi/medisin



Enrico Fermi
Nobel pris 1938



Første atomreaktor i verden:
Chicago-Pile 1, 2.12. 1942

Meitnerium – nytt grunnstoff nr 109 (1997)

sk
omprosjekt

let av Werner
senberg

elpris 1932,
s Bohrs assistant
rekke forskere
ok i programmet

n fra Belgia/Congo

gtvann fra Norge

gnefeil
trodde de måtte
tungtvann!

Trinity test, Hiroshima +Nagasaki 1942 USSR Mayak - Semipalatinsk 1947 – copy

**First reactor in
Mayak PA 1948**

First bomb 1949

**STS 456 tests
Ground, air, lakes**

**1955 Novaya Zemlya
130 tests**

**1961 Tsar Bomb
1963 Test Ban**

Nedfall i Norge

1945 USA Trinity, Hiroshima og Nagasaki
1949 USSR Semipalatinsk

1951 Norway Jeep I

1952 UK Australia
1960 Frankrike Algeri

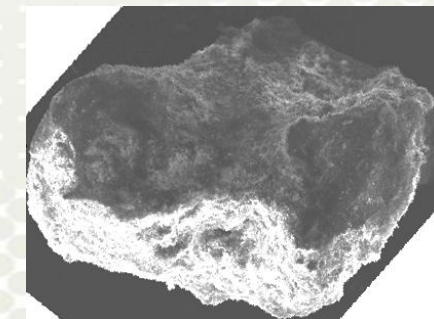
1963 Test Ban

1964 Kina
1998 India
1998 Pakistan
2005 Nord-Korea

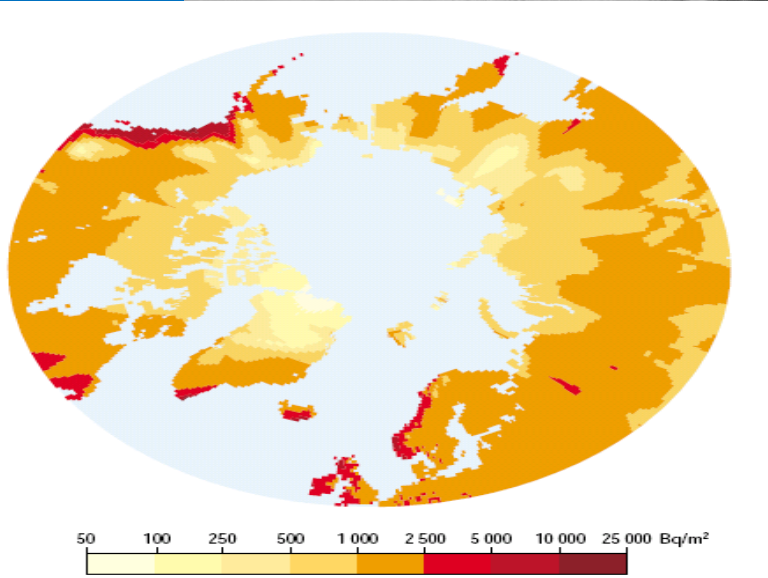
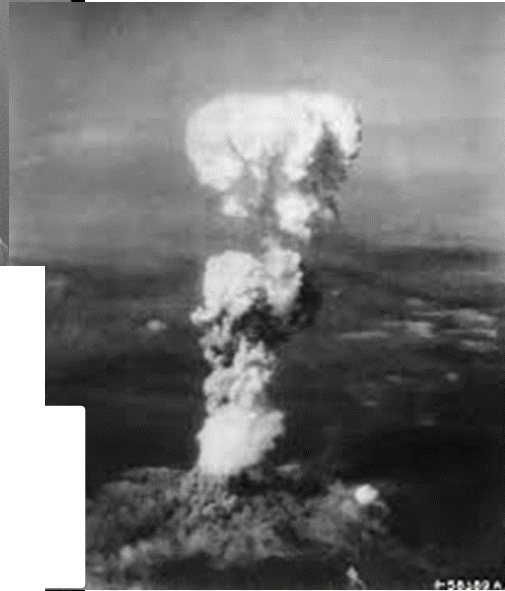
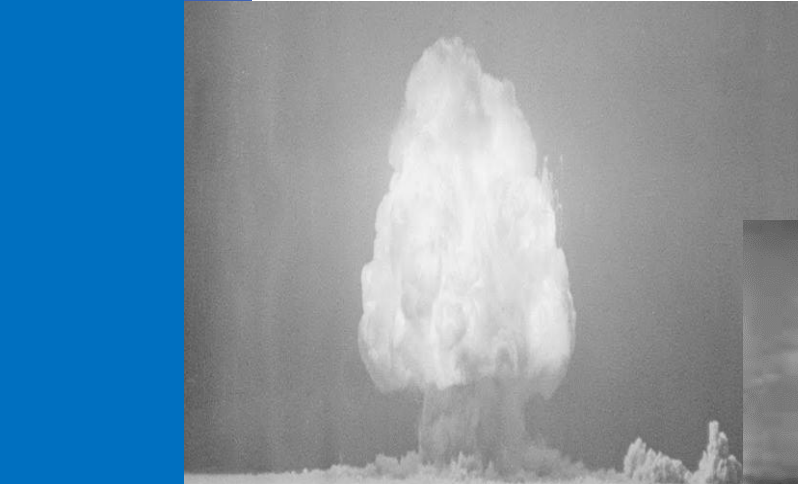
Little boy 15 kt Hiroshima – U-235
Fat man –21 kt Nagasaki – Pu-239



TEL'KEM CRATER
LAKE



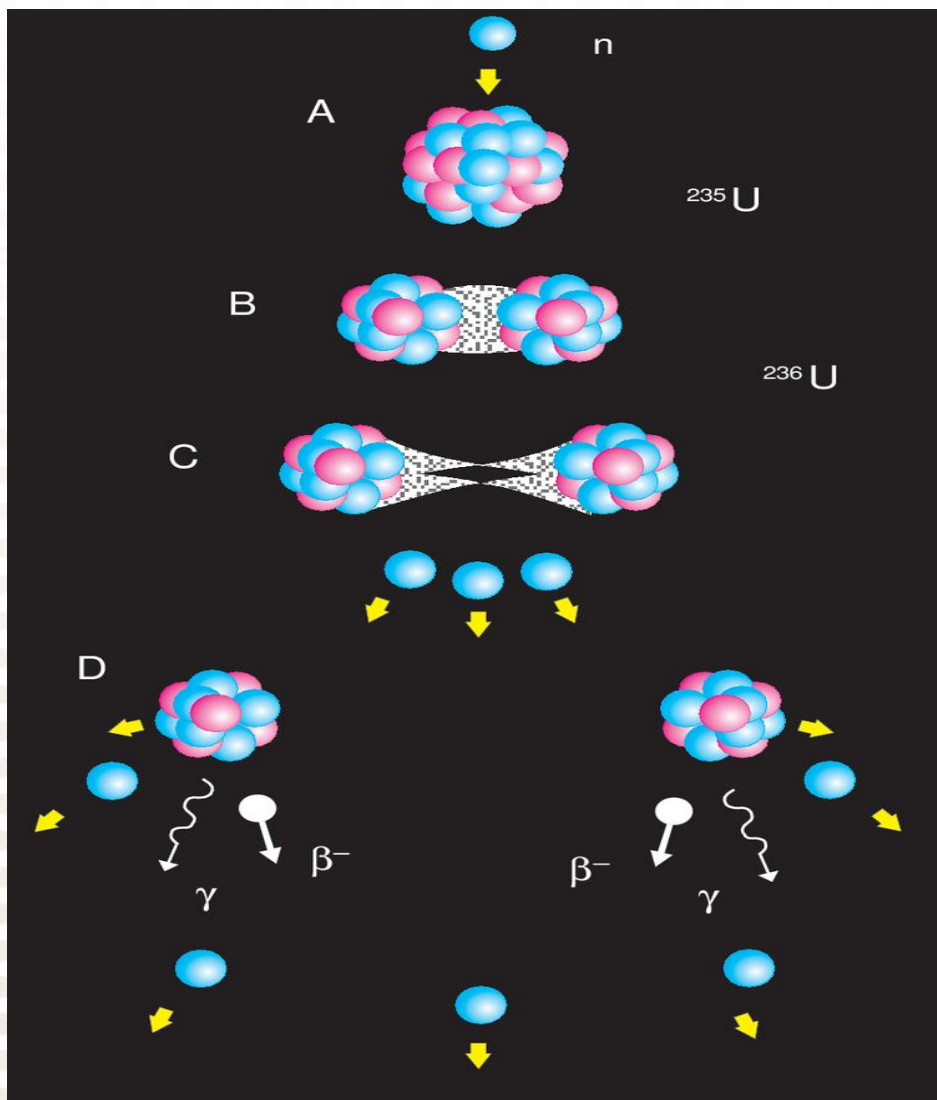
**Hete
partikler**



Tsar bomb 1961

Fisjon av uran - ^{235}U

- et metallisk radioaktivt grunnstoff nr 92



^{235}U er ustabil og fisjonerer

- sender ut ca 2.5 nøytroner/fisjon
- starter kjeden som splitter nye ^{235}U kjerner
- danner et tungt (Cs-137) og et lett (Sr-90) grunnstoff under utsending av store mengder energi (MeV)

Ukontrollert
nøytronutsending
= Bombe

Kontrollert
nøytronutsending
= Kjernekraft

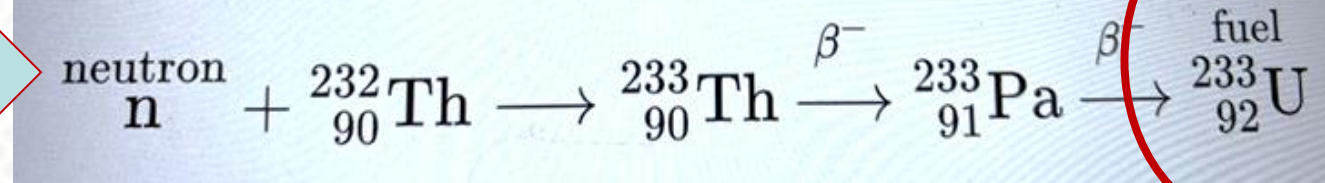
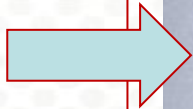
Th (+ en nøytron kilde) som kjernebrensel



Accelerator

U-235

Pu-239



Fisjonsprodukter - de fleste har kort levetid - IKKE plutonium

Sammenlignet med U: **mindre brensel, mindre avfall, mindre aktivitet**

Fra ${}^{233}\text{U}$ får vi ${}^{232}\text{U}$, som har datterprodukter med høyenergetisk gamma:
som ${}^{220}\text{Rn}$, ${}^{212}\text{Bi}$ og særlig ${}^{208}\text{Tl}$.

Viktig med skjerming av gamma stråling for Th reaktorer

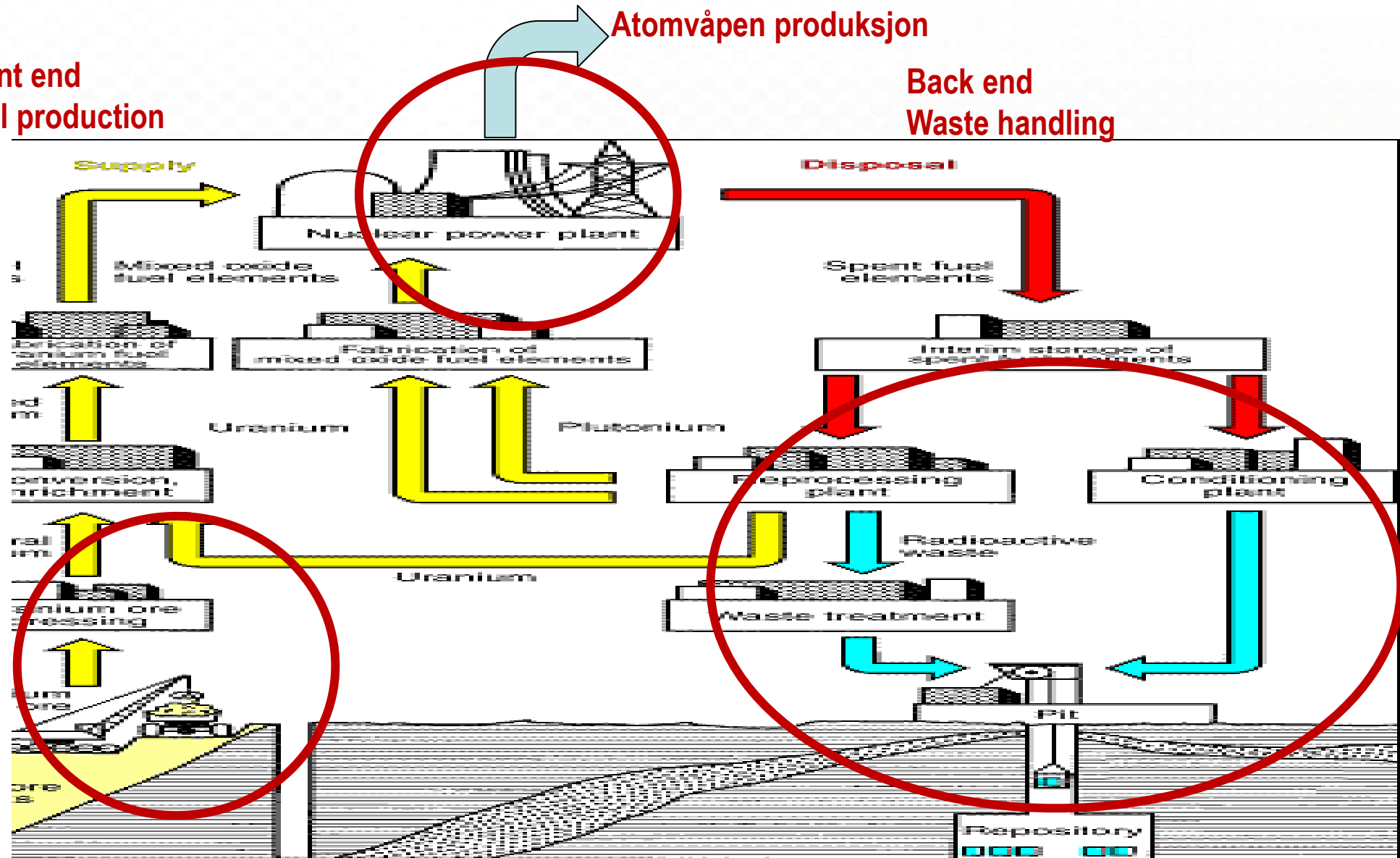
Kjernebrensel syklus



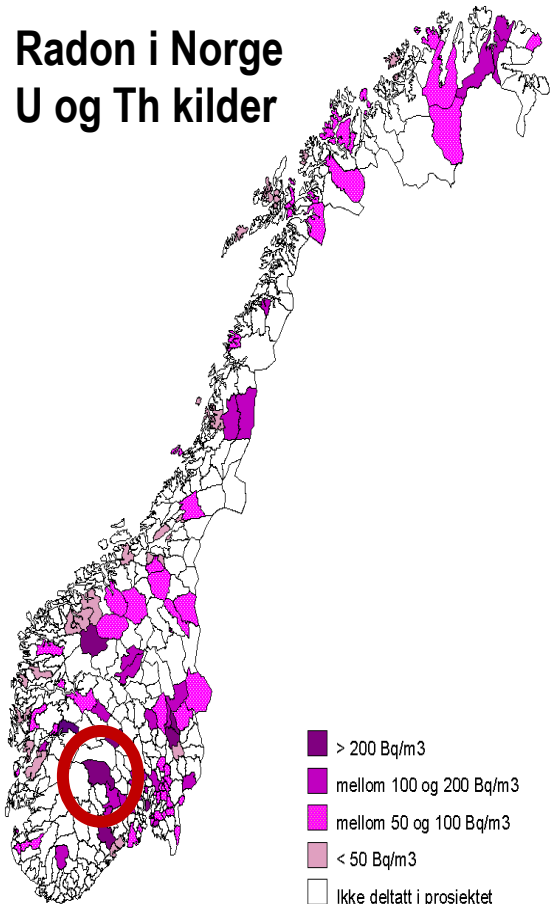
Front end
Fuel production

Atomvåpen produksjon

Back end
Waste handling



Radon i Norge
U og Th kilder



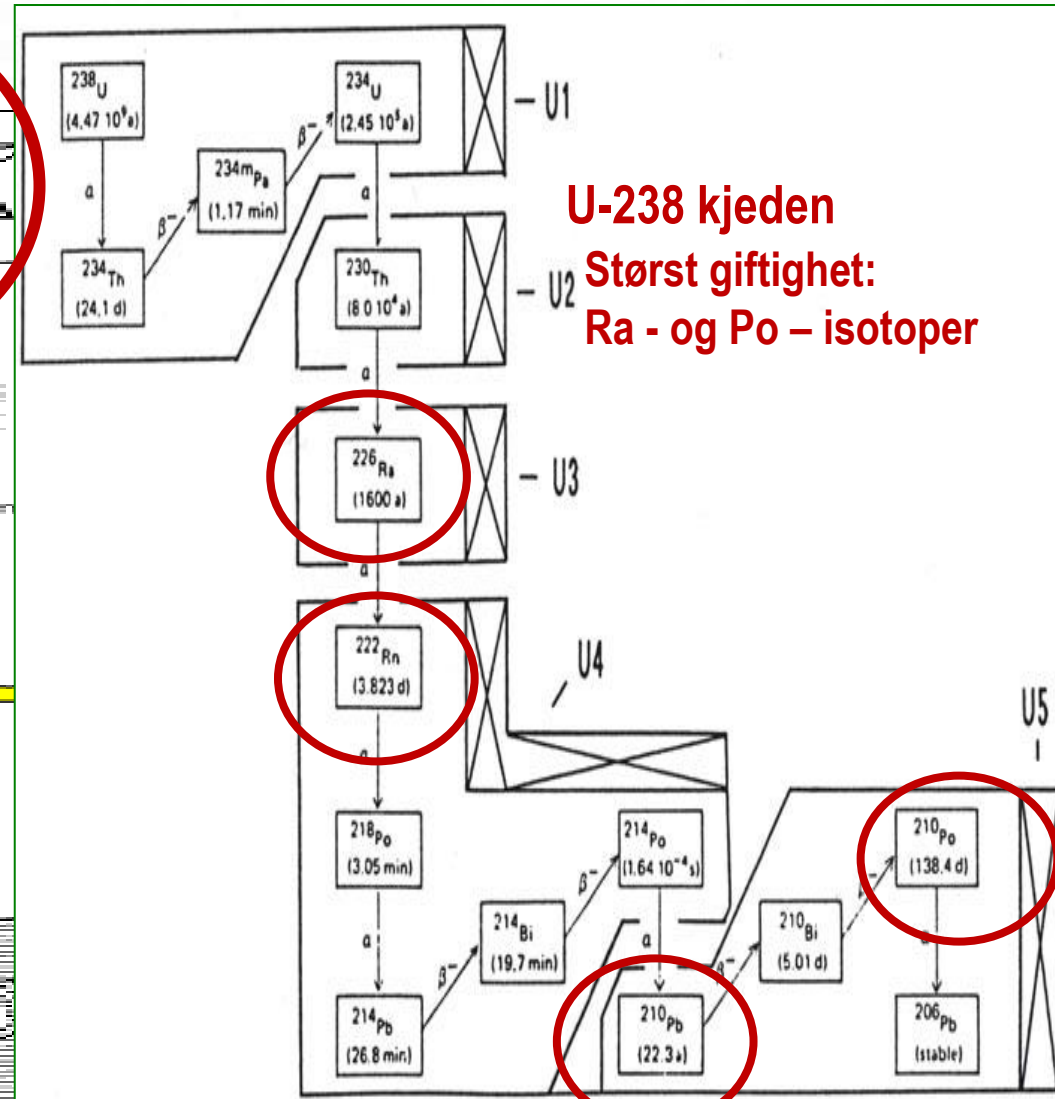
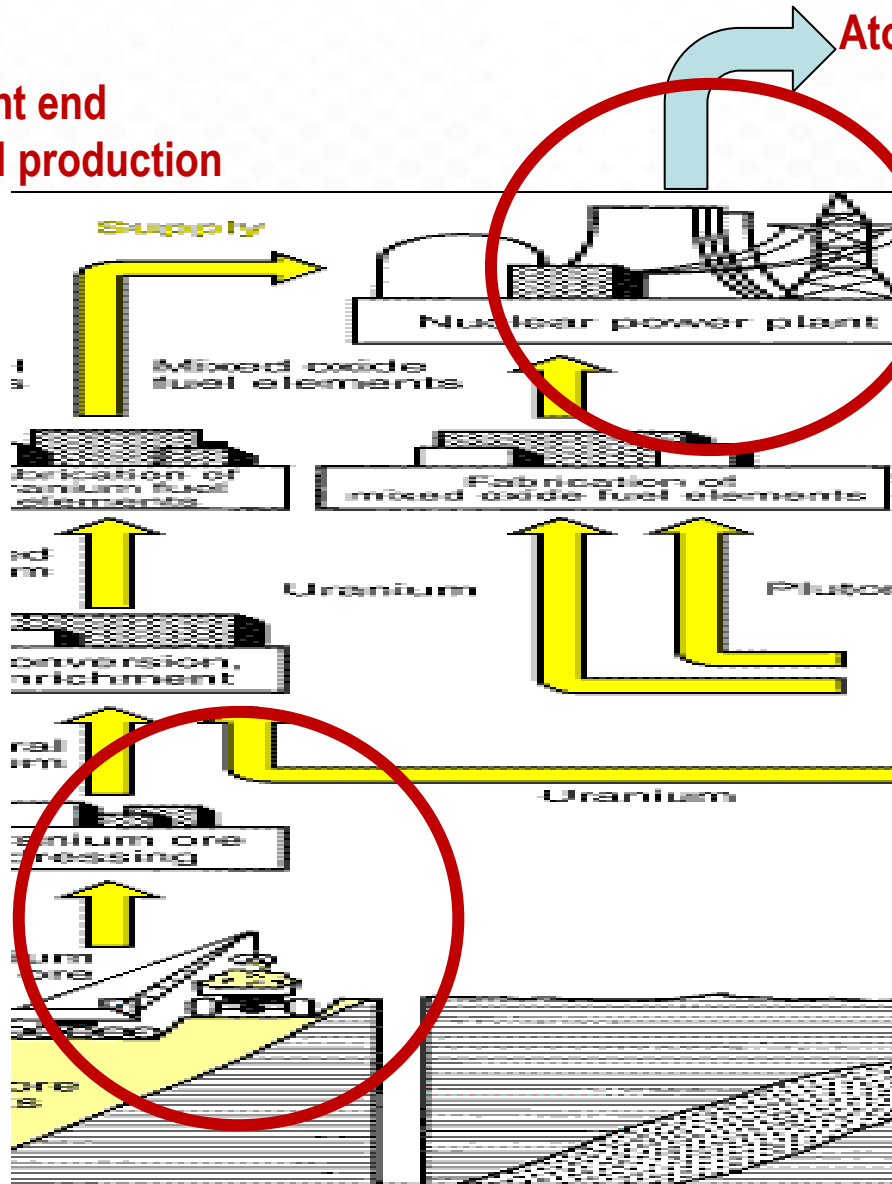
Kjernebrensel syklus



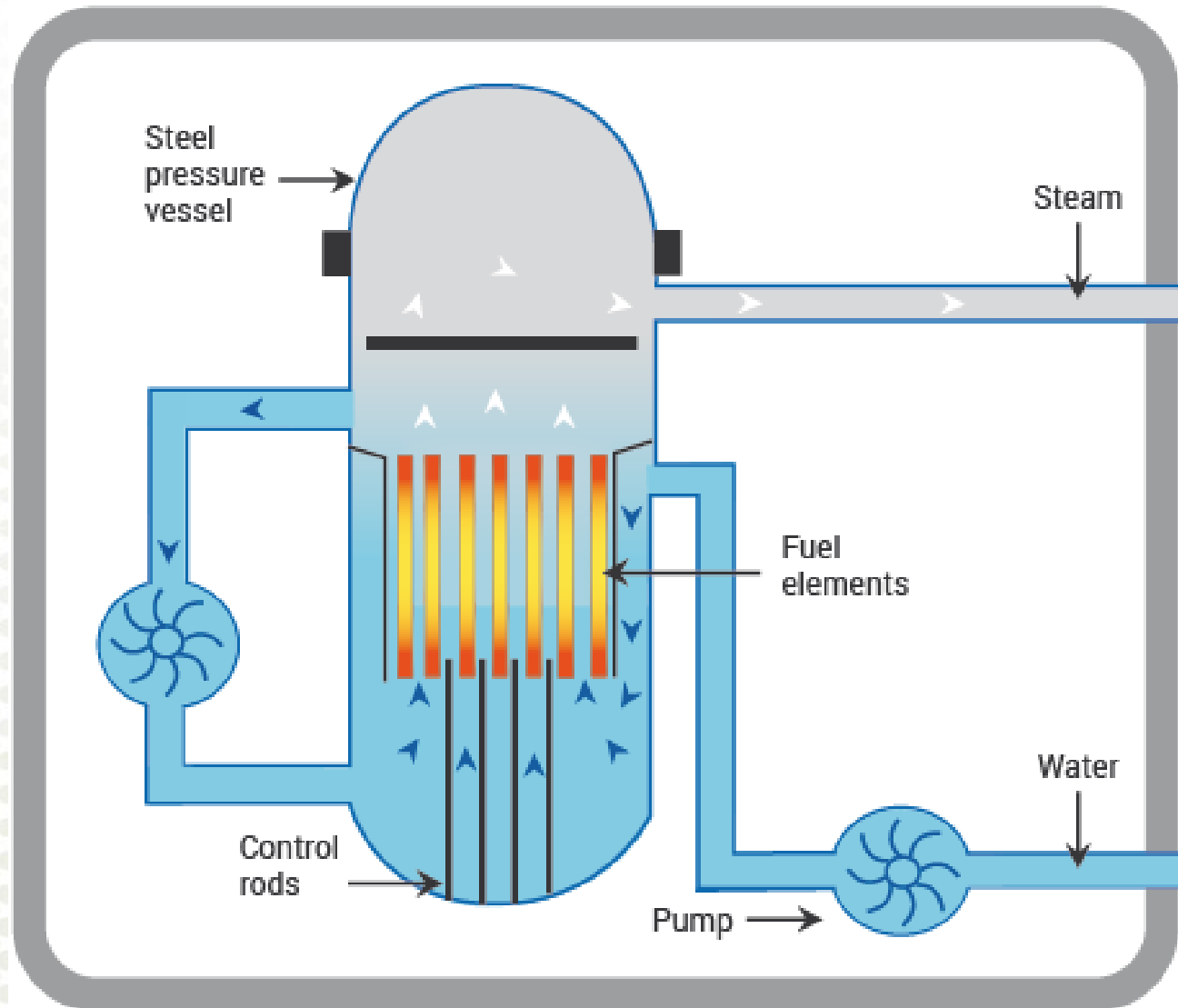
Front end
Fuel production

Atomvåpen produksjon

Radon i Norge
U og Th kilder



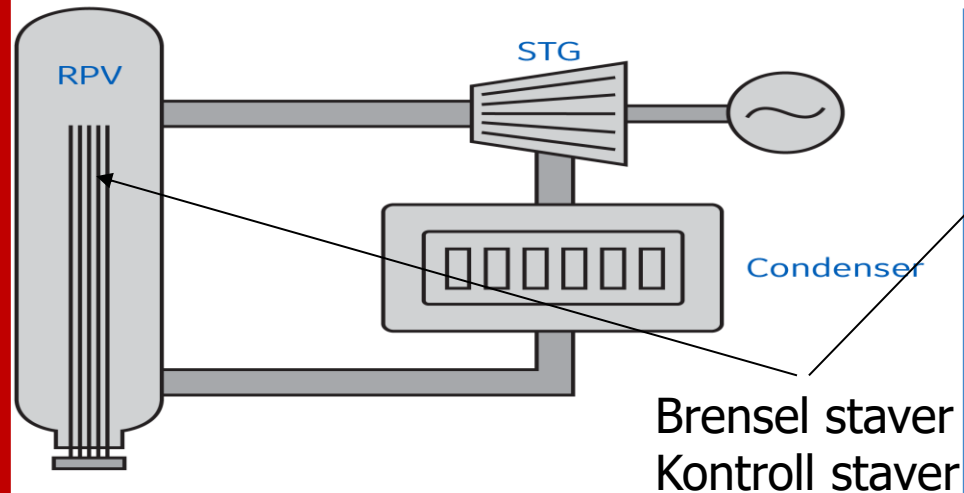
BWR – Kokvannsreaktor som reaktorene på Kjeller, Halden



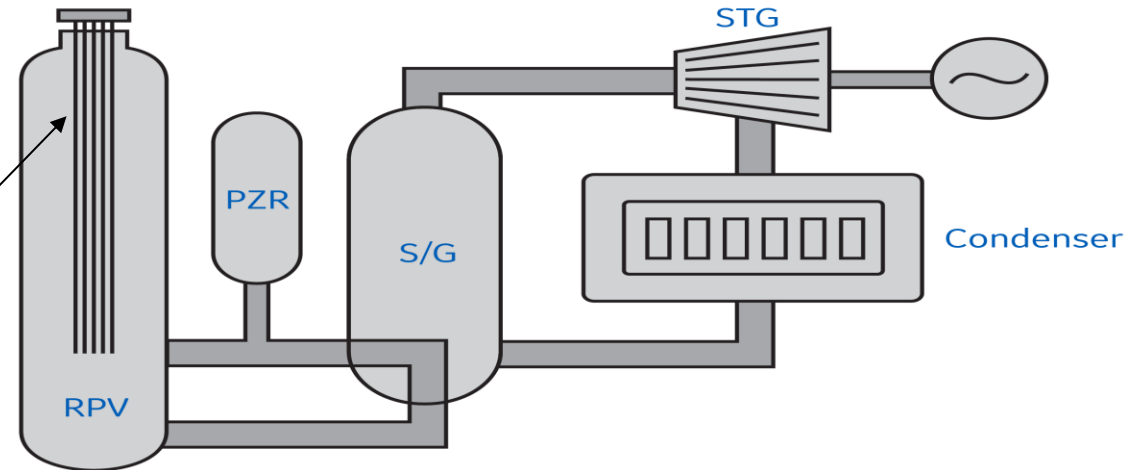
- Inneslutning - betong
- Reaktortank – stål
- Brenselstaver – uran anriket fra 0,5 til 3,5 % pellets kapslet inn i rør/staver
- Kontrollstaver – kadmium «spiser» nøytroner
- Moderator/kjøling – tungtvann
- Vannkjøling - pumping av kjølevann
- **Produserer damp til turbin – elektrisitet!**

Reaktor design: Vannkoker med inneslutning! BWR (Kjeller og Halden) og PWR (vanligst internasjonalt)

Boiling Water Reactor



Pressurized Water Reactor



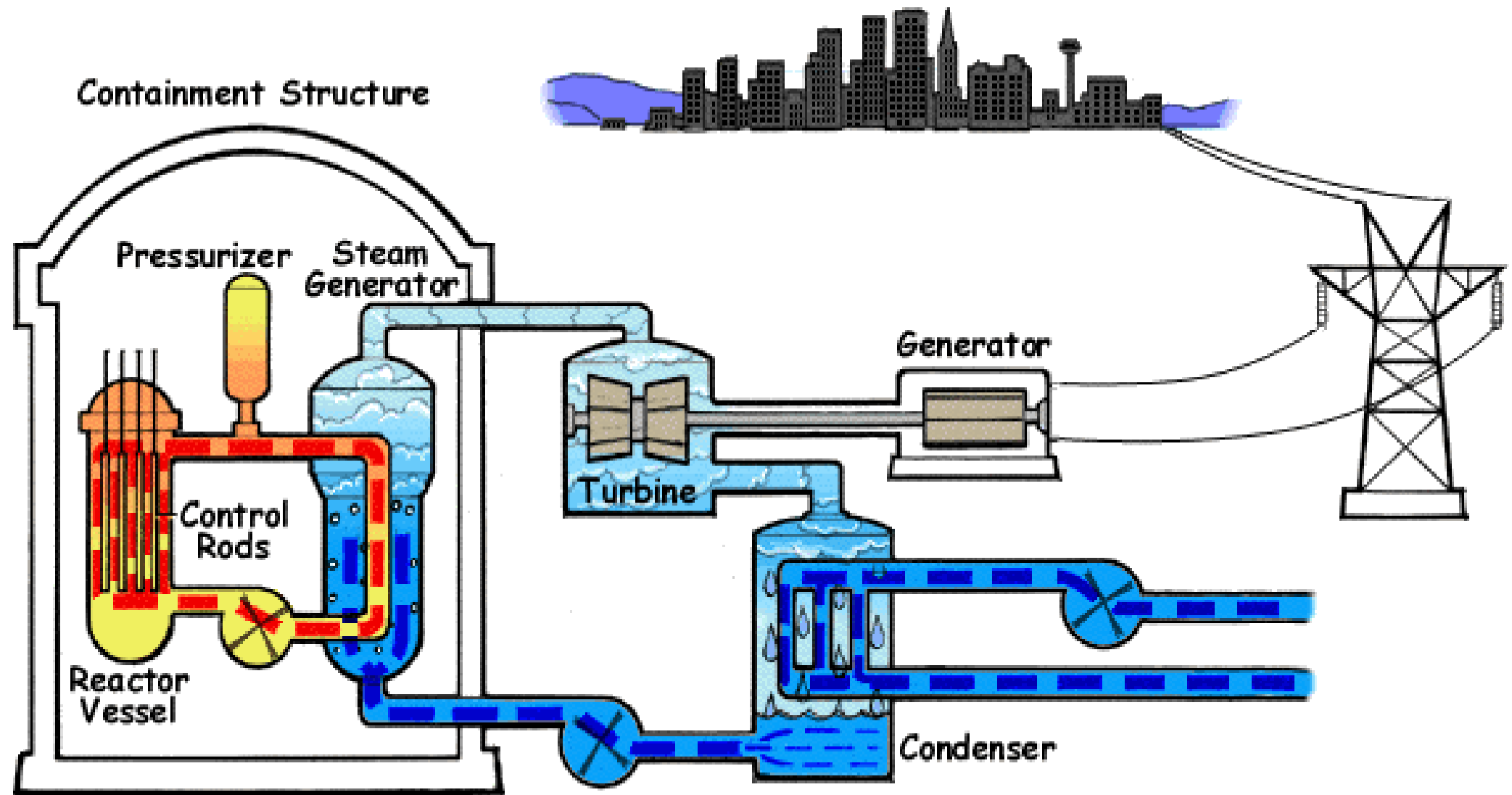
Reaktor oppvarmer vannet – danner damp.

Dampen driver dampturbin som gir elektrisitet.

Vann under trykk blir varmt, uten damp.

Varmt vann vekselvirker med kaldt vann (loop 2), og her dannes damp. Dampen driver turbinen som gir elektrisitet.

Trykkvannsreaktor (PWR) US NRC



Mange store og små flytende kompakte trykkvannsreaktorer

**Små reaktorer –
fra 20 % - 90 % U anriket**



Russisk u-båt



**Carrier Gerald R. Ford
2 reaktorer – større enn
Tsjornobyl reaktorene**



**Akademik Lomonosov
Flytende kraftverk med 2
reaktorer**

**2 reaktorer Nimitz klassen,
93,4 % HEU; 2 PWR 1 GW,
20 år før rensing**

**USA: 70, UK:12, Frankrike:10, India:1
Russland: ca 40, Kina:12 per 2019**

Vår nukleære arv

- 1828: Thorium oppdaget ved Brevik av presten Morten Thrane-Esmark, vha svensk Baron Professor i medisin og kjemi Jøns Jakob Berzelius
- 1885: **2 tonn thoritt/år** (thorium-silikat) ble tatt ut ved Kragerø
= **1 tonn tilsvarer: 1 GWe/år, erstatter 250 tonn U**
- 1932: Ra til Radiumhospitalet vha Mme Curie+ Ellen
- 1939: Statens fysiske kontroll- laboratorium – Strålevern!

1940 Mars – Tyskland og Frankrike ville kjøpe **tungtvann** fra Norsk Hydro AS:

Da ble 185 kg tungtvann solgt til **Frankrike/Joliot-Curie**, støttet av Ellen.

- To fly forlot Fornebu airport – ett fly til Frankrike og ett fly til Skottland.
- Flyet til Frankrike ble tatt ned i Tyskland av Messerschmitt – **intet tungtvann!**
- Flyet til Skottland - **tungtvann** – transportert til Frankrike.

Da tyskerne invaderte Frankrike ble tungtvannet tatt med til England og inngikk i det engelske Manhattan prosjektet!

Under krigen: Norsk Hydro produserte tungtvann til Tyskland.
Tyske forskere trodde de måtte ha tungtvann til A-bombe – regnefeil!
Anlegget bombet av de allierte (1943), senere delvis ødelagt i Vemork aksjonen (1943)



Thoritt



Nukleær satsing i Norge

- Da freden kom i mai, sto Sovjet tropper i Finnmark.
- Av sikkerhetsmessige årsaker ble det befalt å skaffe kjernevåpen for å hinde...



- 1946: Jens Christian Hauge, støttet av Einar Gerhardsen etablerte FFI, Forsvarets Forskningsinstitutt, for å produsere kjernevåpen.

- 1948: **IFA**, Institutt for Atomenergi, etablert. Gunnar Randers ble Direktør.

- 1951: **Jeep I reaktor startet** – bygget på 5. kompetanse! 4. landet i Verden: USA (Chicago), UK (Windscale) og Norge (Kjeller)!
- 1960 – 1968: **Reprosseseringsanlegg** – separere plutonium - Høyremoen
- 1961 - **Oksebåsen Rakettutskytingsanlegg**, Andøya

Etablert i 1958:

- **Noratom**: salg av reaktor kompetanse internasjonalt
- Solgte tungtvann til mange land: Israel, India, Romania, Frankrike, USA,...
- **RederiAtom**: utstyre den norske handelsflåten med reaktorer!
- 1958 Halden reaktor – bygget på området til **Saugbruksforeningen** fordi **treindustrien trengte kraft – fikk damp fra reaktoren!**
- **Damp kan brukes direkte – eller koples til dampturbin!**
- Det 4. landet i Verden med kommersiell kjernekraft: USSR (Obninsk, 1954), UK (Calder Hall 1956), USA (2 anlegg 1957) og Norway (Halden 25 MW, 1958)

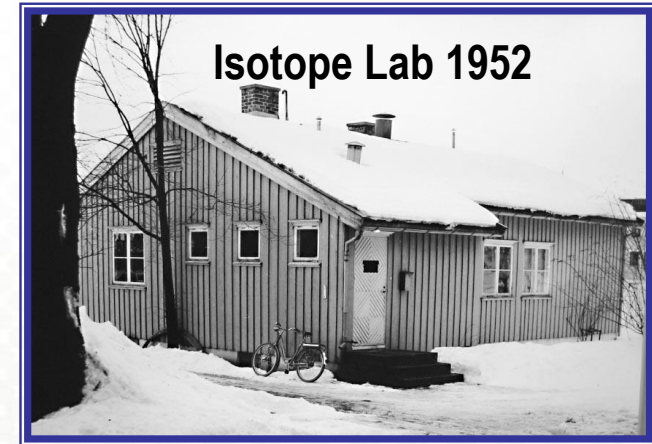
Dette er Norsk sivil kjernekraft fra 1958 – nedlagt 2018!!!



1962 Cuba –krise - **Honest John raketter** i Brigade Nord

Nukleær satsing på NLH (NMBU)

- **1952:** Isotoplaboratoriet ble etablert for å bruke radioaktivitet fra JEEP I til landbruksforskning. Initiativ fra de som bygget JEEP I
- NLH ble første lærested i Norge vedrørende radioaktivitet i miljøet (**75 år i 1927**)
- **1953:** Gamma anlegg på Nordås – et uteanlegg finansiert av Forsvaret til test av militært utstyr. Gamma stråling til å lage nye arter - bioteknologi på 1950 tallet!.



1987: Ny direktør ett år etter Tsjornobyl ulykken. Omfattende internasjonal forskning: EU/EC, IAEA, NATO, Sovjet/Russland

2003: Ny innendørs gammakilde (Forsvaret) 50 års feiring med åpning av Miljøvernminister Børge Brende

2012: Oppgradert til FIGARO anlegget (EU/NFR/NMBU)

2013: CERAD Senter for fremragende forskning



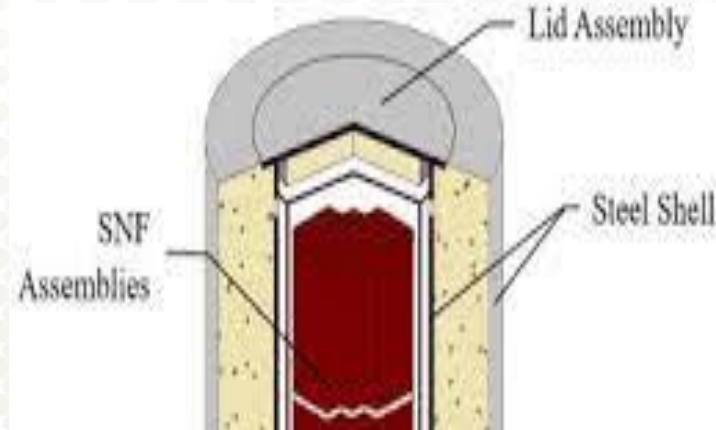
Avfall: Dekommisjonering 4 IFE reaktorer: 17 tonn brukt brensel, vesentlig «ubrukt» UO_2

- UO_2 har høy tetthet = prinsipielt max 3-4 m^3 !!! til lagring i stabilt grunnfjell ala Finland
- Langt større volum av Lav og Mellomaktivt avfall.
- Må ha nytt lager – Himdalen lekker!

Lagring brukt brensel: først under vann
– blir kvitt kortlivet aktivitet deretter i tønner



Pakkes i caskets:
leire, sement, stål/Cu
kontainer



- Norge har god kompetanse på tunnelbygging og har stabile grunnfjell.
- Positive kommuner (Halden)
- Om prosessen er god: kan plassering av lager for avfall umulig hindre etablering av kjernekraft i Norge, hvis det er politisk vilje,



(B)

Atomenergiloven av 1972 Regelverk

- **Atomenergiloven av 1972:** for å etablere kjernekraft i Norge.
- Three Miles Island ulykken i USA: mediastorm - kjernekraft ble IKKE vedtatt av Stortinget i 1979
- Atomenergiloven ble tilpasset 2 **reaktorer** i Halden og Kjeller, såkalt forskningsreaktorer
- Loven omfatter kjernebrensel, transport, deponering av radioaktivt avfall (Himdalen)

Lov om atomenergivirksomhet [atomenergiloven]

2 reaktorer – større enn Tsjernobyl reaktoren



- Den Norske Atomenergiloven av 1972 åpner for anløp av atomdrevne fartøy.
- Norge har 30 – 40 anløp per år - liggetid fra noen dager til 1-2 uker.
- Atomreaktorer kan derved ligge i **våre havner 4-6 måneder per år.**

- Atomenergiloven er stadig endret – senest 2023
- Strålevernet (DSA) kan selvsagt tilpasse Atomenergiloven til moderne SMR reaktorer **med langt bedre sikkerhet enn de gamle reaktorene.**



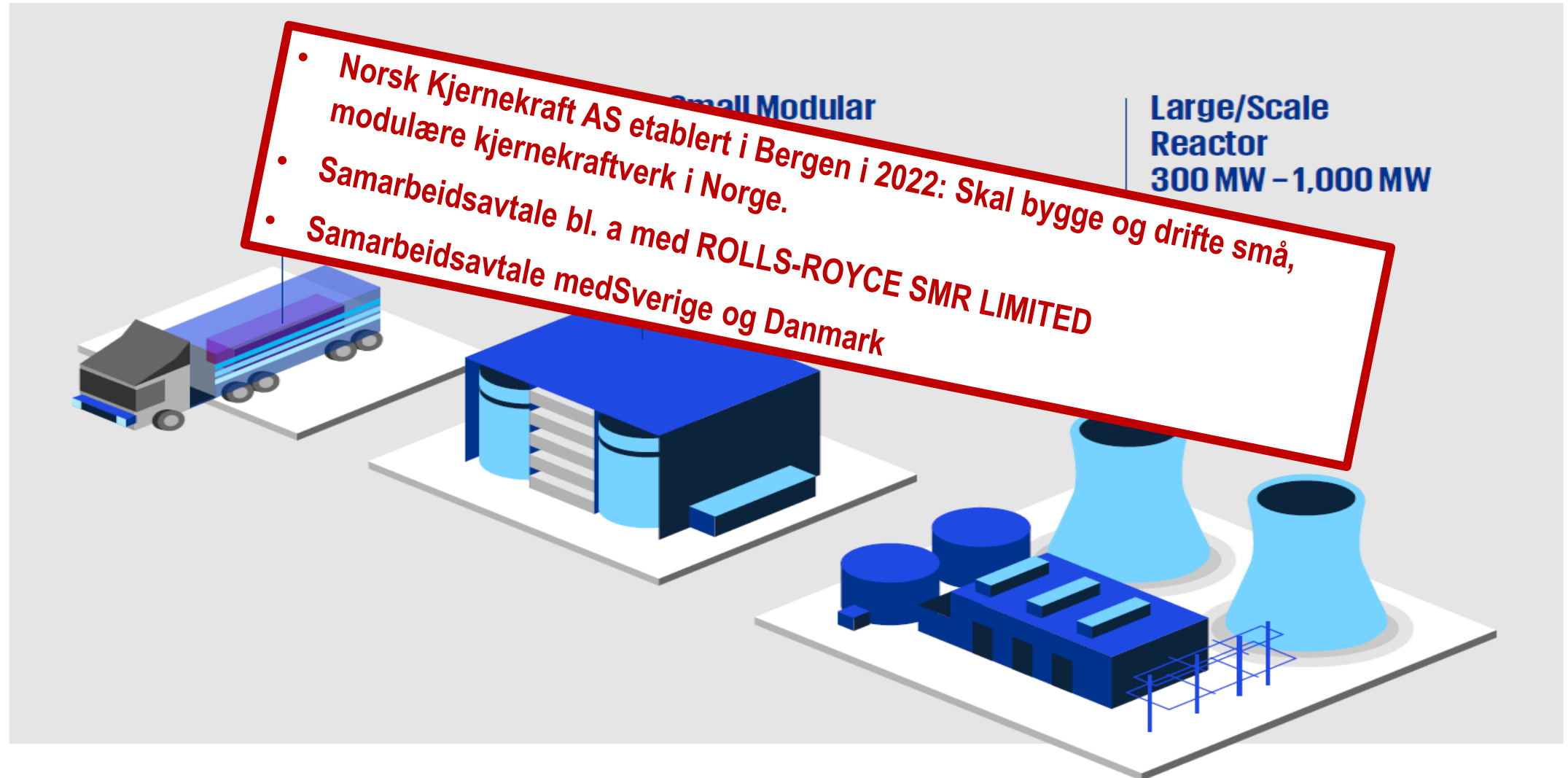
Utvikling av reaktorteknologi – fra prototyp (Jeep I) og generasjon I (Halden) til generasjon III+ (Finland) og IV (Kina)



Generation IV U eller Th	Coolant	Size (MWe)	
• Gas-cooled fast reactors	helium	1200	vi her ↓ Generation IV
• Lead-cooled fast reactors	lead or Pb-Bi	20-180** 300-1200 600-1000	
• Molten salt fast reactors	fluoride salts	1000	
• Molten salt reactor - advanced high-temperature reactors	fluoride salts	1000-1500	- Highly Economical - Enhanced Safety - Minimal Waste - Proliferation Resistant
• Sodium-cooled fast reactors	sodium	50-150 600-1500	
• Supercritical water-cooled reactors	water	300-700 1000-1500	
• Very high temperature gas reactors	helium	250-300	Gen IV 2030

SMR: små modulære reaktorer settes sammen av prefabrikkerte moduler.
SMR omfatter ulike typer reaktorer. IAEA: mer enn 80 design (5 – 300 Mwe)

Anlegg i gang og under bygging i 5 land, mange land satser, inkl UK, Danmark



- Norsk Kjernekraft AS vil bygge **kjernekraftverk i Austerheim/Mongstad**
 - **Fire små, modulære SMR kjernekraftverk 1GWe**
+ høytemperaturdamp til industrien
- 22. januar: første «spadetaket» til Norges første kjernekraftverk**



NCC: bygger testbygning for SMR for Blykalla i Oskarshamn – antatt ferdigstilt juni 2025 – SEALER (2029).

Blykalla samarbeider med Norsk Kjernekraft AS (2025).

Vattenfall: Stor SMR satsing i Sverige: Rolls-Royce + Hitachi.

ROLLS-ROYCE SMR LIMITED

Bygger testanlegg i Sheffield – sterk støtte fra UK/Starker

Plasseringsproblemer for nukleære anlegg i Norge???

- Vassdragsvesenet (NVE) utredet i 1973/74 egnede steder for etablering av kjernekraftanlegg i 1982.
- NVE anbefalte anlegg for Oslo området – Vestby!!!

- Etablering av anlegg: Steder anbefalt for etablering av kjernekraft i Norge, hvis det er politisk vilje! (Tromsø, Bergen, Oslo etc) være kan etablert i 2024. Over 60 kommuner og fylkeskommuner er medlemmer - Vil utrede og bygge modulære reaktorer (SMR).

Halden kommune

- Åpen for ny SMR
- Åpen for mulig lagring av avfall

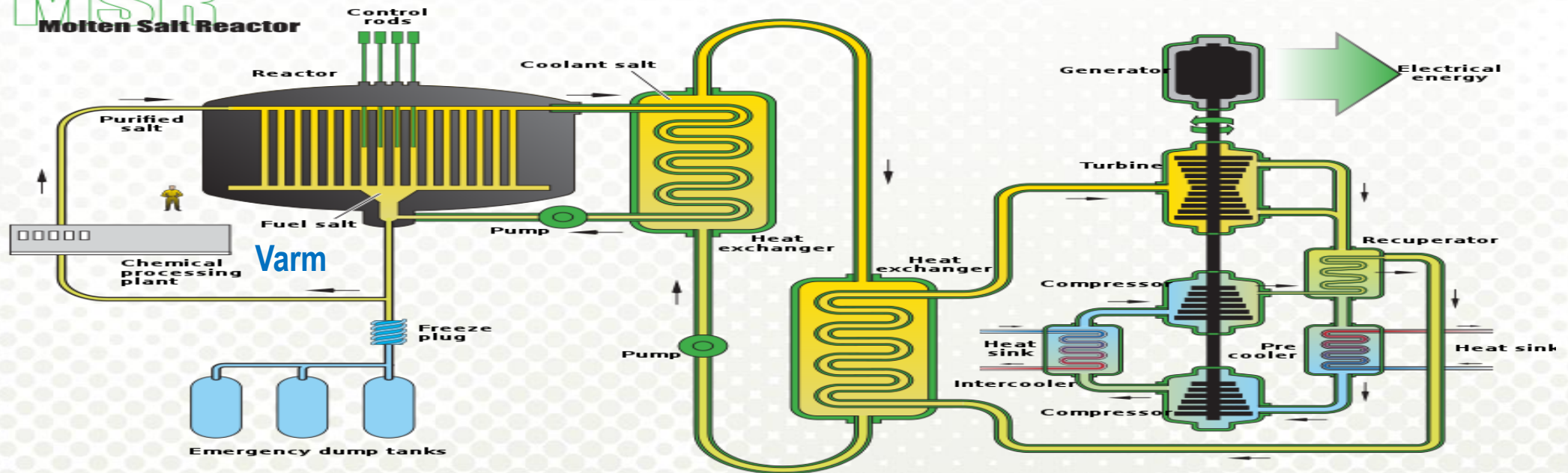
Har ikke fått svar?

Saltsmeltereaktor Th + U: sirkulerende forsøksreaktor

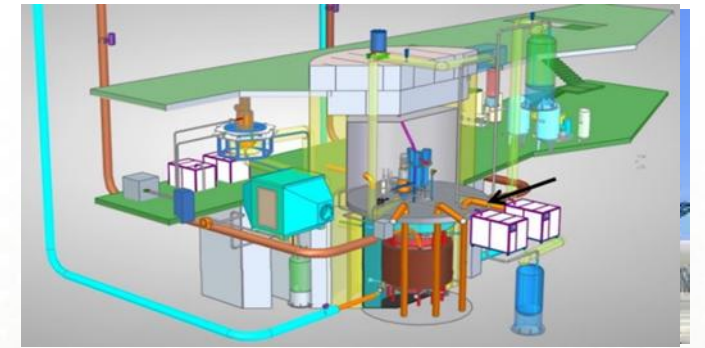
Reaktoren går i Gobi ørkenen, Kina!

Kjølemiddel (fluorider) og brensel U+Th i blanding – høy grad av sikkerhet

MSR
Molten Salt Reactor



- Varm flytende saltsmelte = kjølemiddel,
- 50 kg Th + 20 % anriket U sirkulerer sammen med smelten (NB 2 tonn thoritt 1895)
- Tap av kjøling - smelten vil størkne uten utslipp
- **Utfordring: korrosjon, høy gamma**



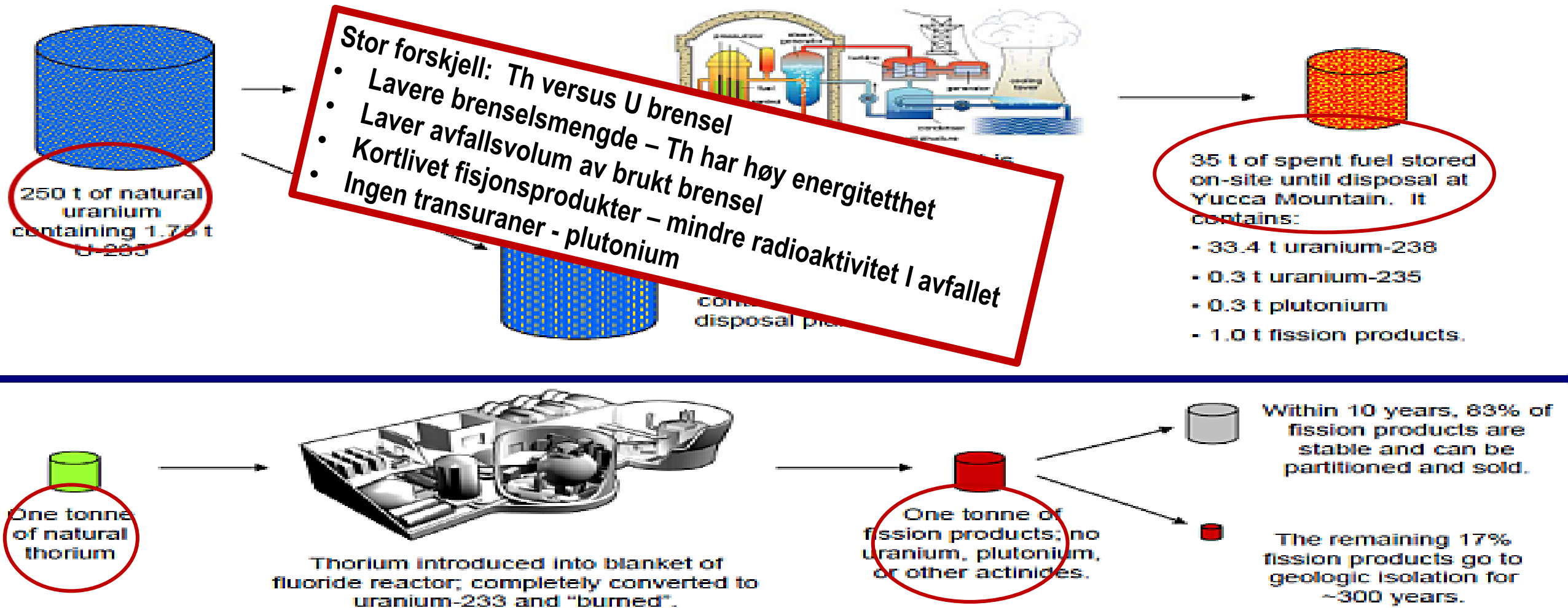
Sammenligning: Uranreaktor og saltsmelte thorium reaktor

Produksjon av 1 GWe på ett år (Th Energy Alliance)



Uranium (PWR/BWR) vs. Thorium (LFTR)

mission: make 1000 MW of electricity for one year



Tonnes

700 000
600 000
500 000
400 000
300 000
200 000
100 000
0

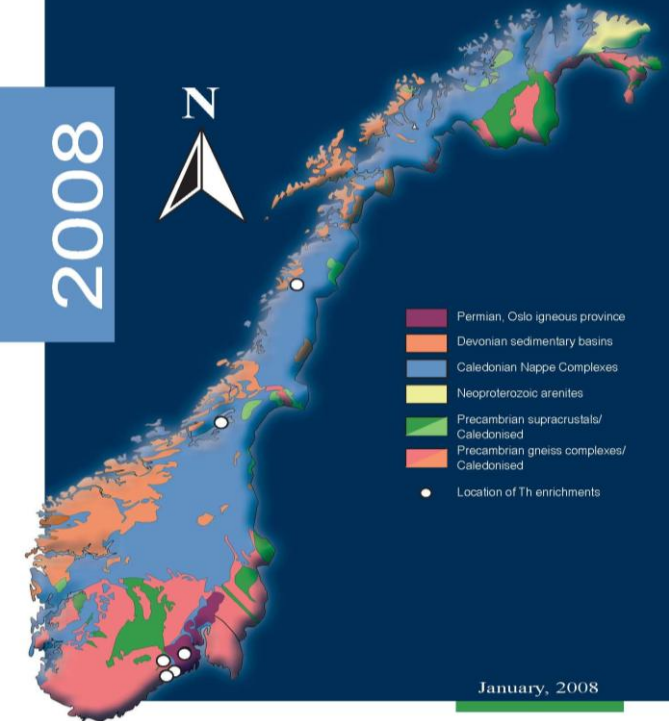
Thorium komiteen 2008: tung faglig faktabasert rapport:
Store Th ressurser
Manglende kunnskapsnivå: reaktorkompetanse,
grunnleggende og anvendt nukleær Th kompetanse
«The Committee recommends that the Th option kept open»
Vi kunne startet kompetanse oppbygging for 17 år siden!!!

- 2012: Regionsgeolog Sven Dahlgren estimerte ca 56 500 – 675 000 tonn - **tilsvarer 50 - 300 x mer energi enn all olje og gass i Nordsjøen?**
- Th også i Kragerø og Brevik
- **MÅ KARTLEGGE THORIUM RESSURSENE!**



2008

THORIUM AS AN ENERGY SOURCE - Opportunities for Norway



I 1895 – på ett år - ca 2 tonn thoritt ble utvunnet fra mineraler ved Kragerø til glødelampeproduksjon!

Fen område (5 km²)

Blått – Rauhaugite som inneholder REE (1,5 km²).

ULEFOSS

Rauhaugite – Th og U

Lake Norsjø

Estimert store forekomster av Th og U

Th : 50 - 300 x mer energi enn all olje og gassi Nordsjøen!

Ny gruveindustri - Rare Earths Norway: REE: (16+Y)

Drift 100 m under overflaten

REE – kritiske metaller – optikk/radar/TV/kommunikasjon/iphone

Militært: 417 kg i F35, ca 4000 kg i u-båter

Kina kontrollerer 90 % av det internasjonale markedet

FDC

Th from Fen in Fe particles

Avfall: U og Th, skal legges tilbake i tunneller

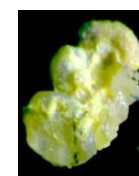
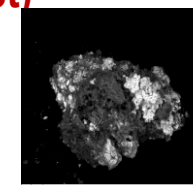
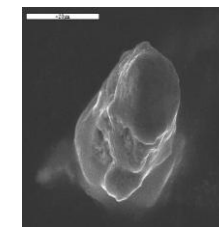
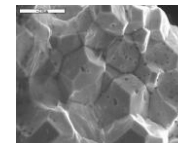
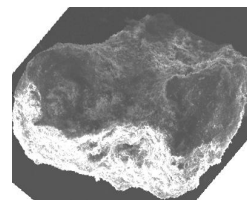
Internasjonal samarbeid, pilot produksjonsanlegg

Thor Energy i Fen: vil produsere U og Th
fra avfall til nukleær industri og medisin

Kilder med utslipp av radioaktivitet

Red: NMBU achieve ...

- Atomprøvesprengninger (Kazakhstan)
- Atomvåpen ulykker (Grønland, Spania)
- Reaktorulykker (Ukraina, UK, England, Kanada, Russland)
- Ulykker med atomdrevne båter (Russland)
- Utslipp fra nukleære anlegg (UK, Frankrike, USA, Russland, Sverige)
- Lekkasje fra dumpet nukleært avfall/u-båter (Karahavet, Barentshavet)
- Uranium/thorium gruvedrift (Sentral Asia, Norge, Polen)
- Utarmet uran våpen (Kosovo, Kuwait)



- Sammensetning av utslipp: avhengig av kilden (radionuklides, metaller)
- Radioaktive partiklers egenskaper – avhengig av utslippsscenariet

Kjernekraftulykker: **Prototype, Generasjon I** reaktorer, gamle anlegg

Chernobyl Forum (2008) – 8 FN organisasjoner, Ukraina, Russland, Belarus + internasjonale forskere

20 år etter ulykken: totalt 340 000 mennesker ble evakuert

- 2016: **documentert- færre enn 100 døde pga stråling**
- 2018 UNSCEAR: Ca **5000**, av totalt 20 000 tilfeller, fikk skjoldbruskkjertel -kreft som skyldes stråling, 15 døde, mens de andre får medisinsk behandling
- Science 2021: Ingen transgenerasjonelle effekter basert på bestrålte foreldre til 130 barn!



Miljøeffekter

1. periode – døde trær – 1 måned
2. periode - morfologiske effekter - 1 år
3. periode – ca 3-5 år - Reparasjon – nature tar over!



Kjernekraftulykker: Prototype, Generasjon I reaktorer, gamle anlegg

Chernobyl Fø (2008) – 8 FN organisasjoner, Ukraina, Russland, Belarus + internasjonale forskere

20 år etter u

- Helsekonsekvenser langt mindre alvorlig enn ventet pga medisinsk behandling
- Psykososiale effekter: langt mer omfattende enn ventet
- Store sosiale og økonomiske konsekvenser
- Miljøkonsekvenser: Økt biodiversitet – evakuering av 134 000 mennesker

• 2016: d

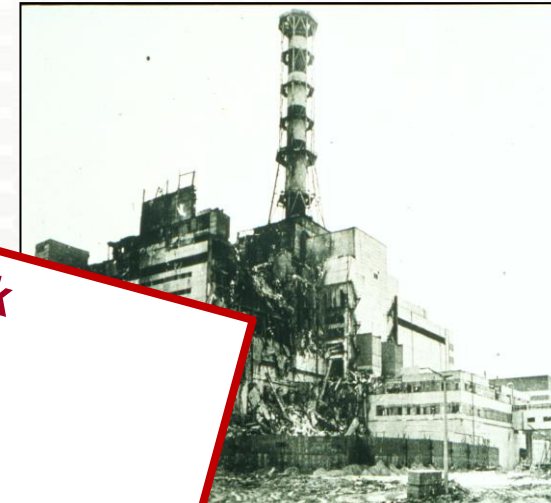
• 2018 U

• som sky

• Science 2021: Ingen transgenerasjonell arvelig sykdom basert på bestrålte foreldre til 150 000 mennesker

Miljøeffekter

1. periode – døde trær – 1 måned
2. periode - morfologiske effekter - 1 år
3. periode – ca 3-5 år - Reparasjon – nature tar over!



Atomulykker: Helse og miljøkonsekvenser???

Three Miles Island-ulykken i USA 1979: ubetydelig utslipp av edelgass til luft – **inneslutning!**.

Ingen helse eller miljøkonsekvenser!!!

Men anti-kjernekraft har stoppet Stortingets vedtak om kjernekraft!

Tsjornobyl ulykken i Norge

Strålevernet: Ca 500 kan få kreft i løpet av 50 år, 10 tilfeller per år

2023: ca 38 000 kreft per år – av andre årsaker. De fleste får store stråledoser til diagnose og terapi

Tsjornobyl ulykken
Færre enn 1

Ca 5000 barn
Langt rike

Det er mange flere som lever pga stråling enn som dør av stråling!

Greenpeacs + local NGO: 540 000

tatt i NRK

Fukushima ulykken 2011: Utslipp av jod og cesium til luft - **inneslutning!**

Ingen helse effekter pga stråling, men død pga evakuering av gamle fra gamlene.

Greenpeace påsto at **20 000 døde pga stråling**, de døde pga tsunami!



Kompetansebygging:

Borten – Moe:
Ny satsing på kjernekjemi og kjernefysikk:

Norsk Nukleært Forskningscenter (NNC) 2023-2031

- Kjernefysikk - UiO
- Kjernekjemi - NMBU
- Isotop produksjon - IFE
- Forskning + undervisning -

Stor student tilstrømning!

CERAD 2013—2020 is a global Centre of Excellence and a flagship for Norwegian science with an impact that is also highly relevant for society
Ca 70 forskere, totalt 115 per-



The Research Council of Norway



DSA

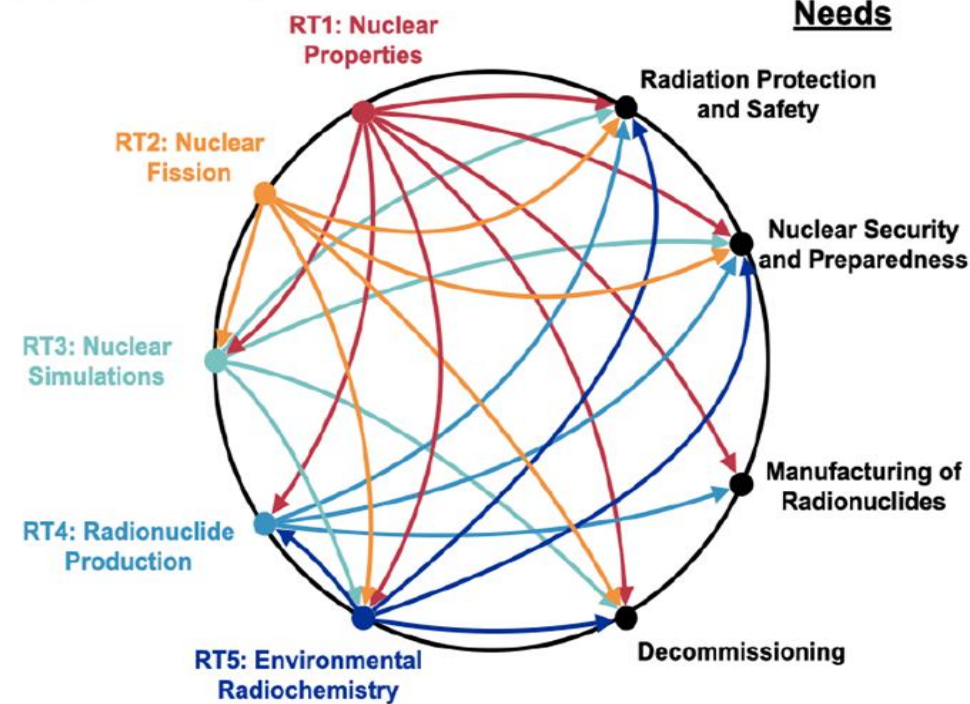
Safety



Norwegian Institute of Public Health

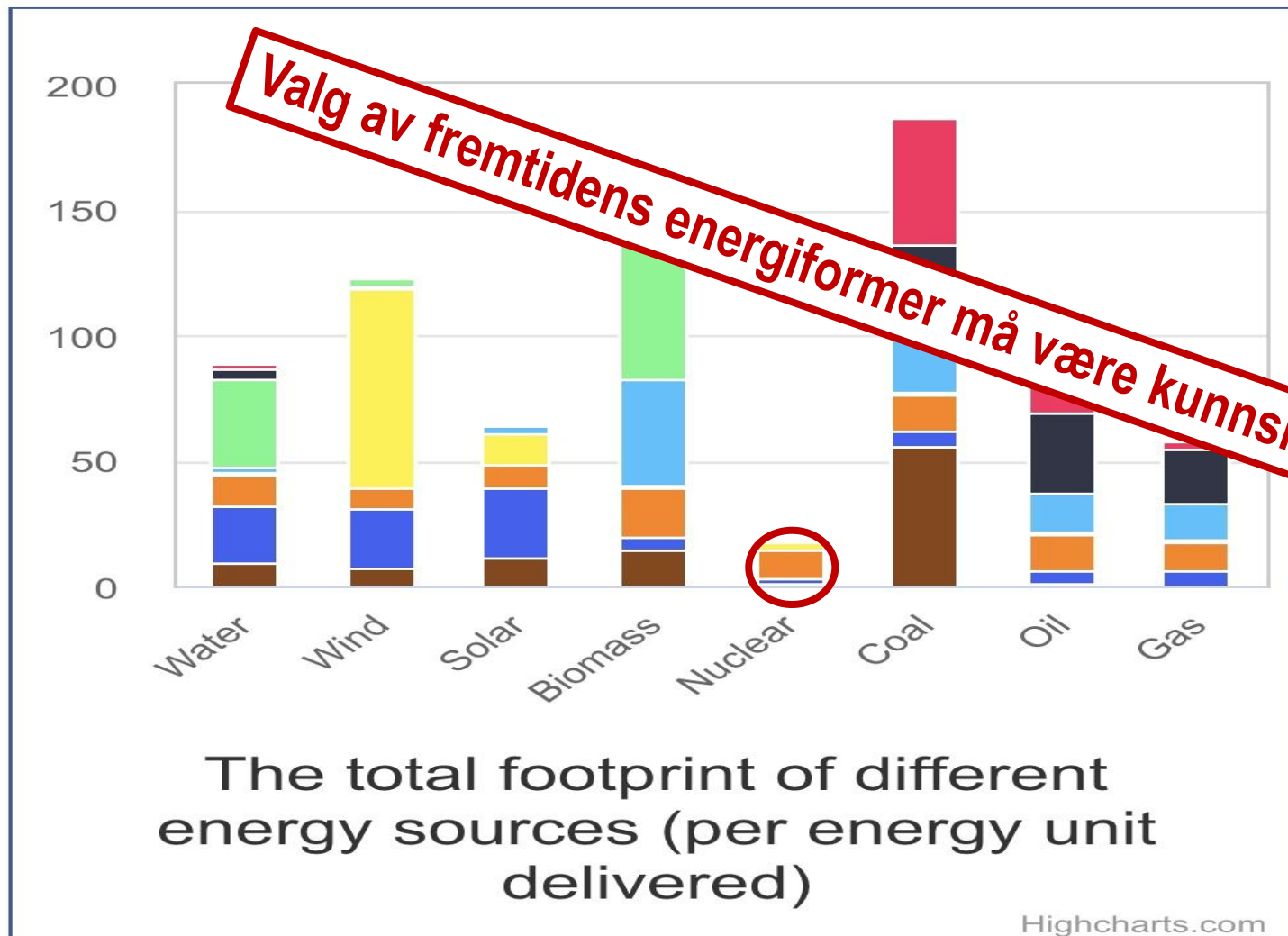
Research Themes

Nuclear Competence Needs



Ved valg av energimix må fordeler og ulemper vurderes!

Fotavtrykk - Global Energy Footprint/ Glex 2020/2021 data



- Rød** - Dødelighet/TWh
- Sort** - CO₂/kWh
- Grønn** - areal m²/kW
- Blå** - materiale tonn/TWh
- Gul** - kritiske metaller kg/TWh
- Fiolett** - ustabilitet %
- Brun** - avfall tonn/TWh unntatt CO₂
- Orange** - kostnad/MWh

**Mix av vannkraft og kjernekraft
fremstår som best egnet konsept
- de andre er verre!**

Energy mix

Statnett skal levere: **50 Hertz +/- 2 %**

- I Norway: 90 % av forbruket basert på regulert vannkraft (store reservoarer)

Økt behov for energi:

- Mer regulerbare kilder dvs elver – problematisk – mange er fredet!
- Ikke-regulerte energikilder: Sol, vind, småkraftverk
Kalibrering hvert minutt – sårbart nett, **kollaps i Spania?**

NVE: det grønne skifte vil medføre mer ustabilt net!

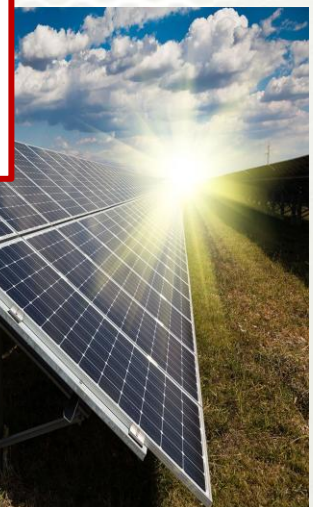
- Regulerbare energikilder – konstant basiskraft: bare **3 alternativer**
 - Kullkraftverk
 - Gasskraftverk
 - **Kjernekraftverk - konkurrerer IKKE med sol og vind!**

Er det dyrt:

Pris overslag for energikilder i Kina

- Ny kjernekraft: 53 øre/kWt
- Kull: 37 øre/kWt
- Vind: 60-70 øre/kWt
- Sol: 110 – 159 øre/kWt

- FN Klimapanel IPCC 2018: **All scenarios to reach the 1.5 degree target include Nuclear energy!**
- EU Commission: **SMR essential to achieve the climate goals 2040 (EU Green Deal).**



Saksbehandling:

- **1979:** Granliutvalget anbefalte kjernekraft i Norge. Three Miles Island ulykken stanset Stortingets vedtak pga mediepresset, ikke minst fra «oljemafiaen». **Ingen helse eller miljøeffekter av TMI ulykken!**
- **2008:** Thorium rapporten at thorium representerer store muligheter for Norge. Da Olje- og energiminister Åslaug Haga mottok rapporten sa hun: **«Denne rapporten går rett i skuffen»!**
Kunne startet kompetansebygging for 16 år siden!



Ny Kjernekraftkomite 2024:

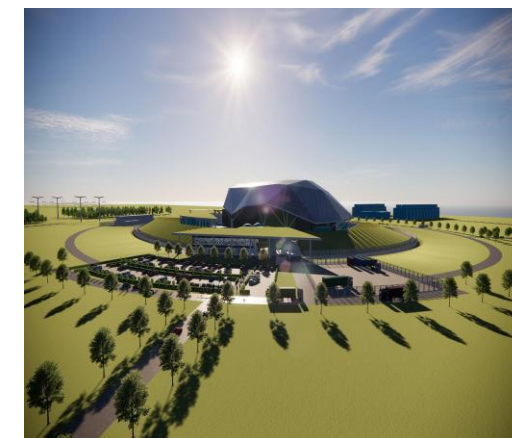
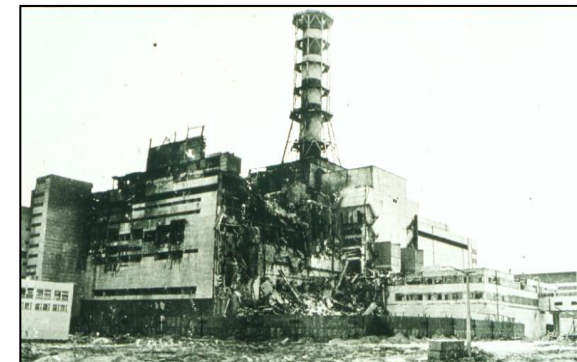
I motsetning til Thoriumkomiteens tunge internasjonale kompetanse er Kjernekraftkomiteens moderne kjernekraftkompetanse svak og de mangler internasjonal deltagelse!.

Svak moderne kjernekraftkompetanse kan svekke sluttrapporten og gi inntrykk av et bestillingsverk fra en minister som ikke liker kjernekraft, fra et departement som ikke liker kjernekraft, og ledet av en politiker fra det eneste partiet som er mot kjernekraft, særlig når rapporten skal leveres etter neste valg.

Konklusjon:

Til å være et ikke-nukleært land har vi en forbausende nukleær historie

- Th oppdaget i prøver fra Norge – vi har betydelige ressurser!
- **4. landet i verden med atomreaktor** – sikkerhetsbegrunnet, høy våpengrad materiale
- **4. landet i verden med kjernekraft (Halden)**
- Meget tidlig: **kommersielle interesser** (NorAtom, RederiAtom)
- Meget tidlig: radioaktivitet i landbruksforskning/bioteknologi– åpen kilde
 - Kompetansen nedbygget da prøvesprengningene sluttet 1960 årene???
 - Meget svak kompetanse i 1986 da Tsjernobylulykken skjedde – Bq???
 - **Meget rask oppbygging til internasjonalt nivå**, teknologi, radioøkologi, nye konsekvensvurderinger, strålevern for mennesker og miljø - redusert usikkerhet.
 - Radioøkologi og strålevern – internasjonalt nivå
 - Viktig utvikling innen radiofarmasi – nanopartikler + alfa-emittere



Vi har vist både evne og vilje til satsing på nukleær virksomhet!

Valg av energimix, helst regulerbare kilder, må være vitenskapelig forankret!

Konsesjon til moderne effektive og sikre kjernekraft bør være mye enklere enn til gamle reaktorer!

Utfordringer:

Noen påstår stadig at kjernekraft i Norge har endeløse problemer:

- Manglende regelverk – **nei, Atomenergiloen 1972**
- Plasseringsproblemer reaktoranlegg - **Halden/Kjeller + kjernekraft-kommuner?**
- Plassering av farlig atomavfall – **Halden?**
- Det er veldig dyrt – **det er omdiskutert (priser i Kina)**
- Og det er veldig farlig – **atomulykker ved gamle anlegg**
 - Ny anlegg høy sikkerhet, vi har god beredskap

Men er det virkelig slik? NEI

Kjernekraft i Norge: Det handler bare om politisk vilje og gjennomføring



Håper dette har vært nyttig???