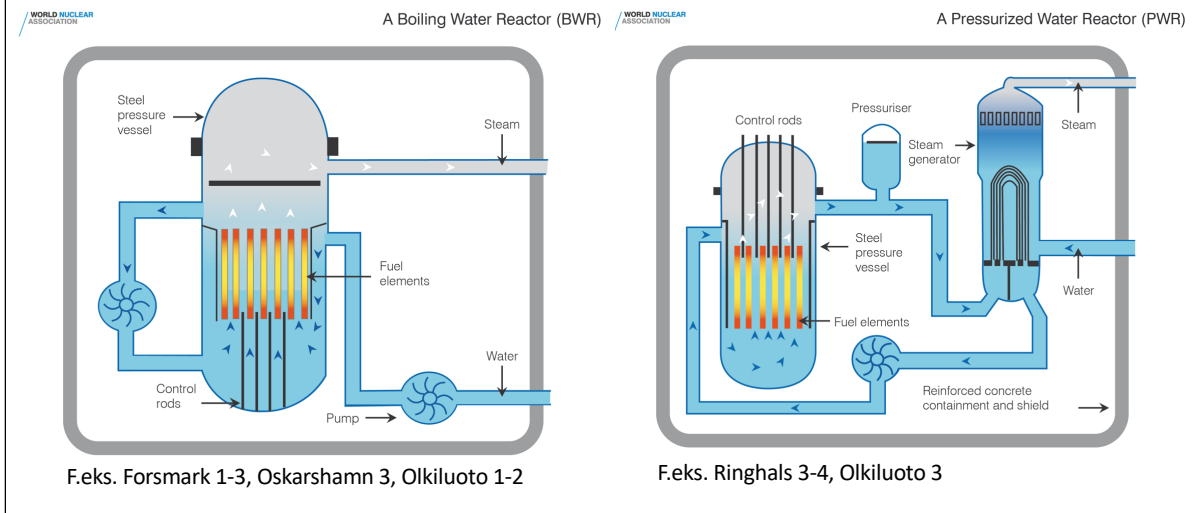


Tak for invitationen og for nysgerrigheden overfor atomkraft. Jeg skal give jer en introduktion til eksisterende og kommende typer af atomkraft.

En af de mest forbløffende bedrifter i det 20. århundrede var udviklingen af evnen til at frigive de store energier, der er gemt i atomkerner. Et atomkraftværk fungerer ved at bruge den energi til at generere elektricitet.

Atomkraftværker bliver ofte opdelt i fire generationer. De første kommercielle atomreaktorer fra 1950'erne og 1960'erne, kaldes Generation-I. Generation-II er reaktorer, der blev bygget fra 1970 til 1990. Det er langt de fleste af de eksisterende værker i verden i dag – herunder f.eks. de svenske værker. Generation-III og III+ reaktorer indeholder mange forbedringer i forhold til Generation-II systemerne. Eksempler er det nye værk i Finland og også nye værker i USA, Emiraterne og Asien. Generation-IV omfatter en række avancerede reaktordesigns, der er under udvikling som f.eks. i de to danske firmaer repræsenteret i høringen her.

Kogevands- og trykvandsreaktorer



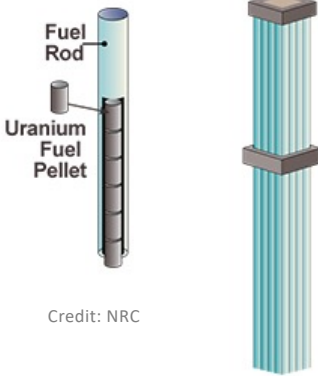
Der er i dag omkring 450 atomkraftværker i verden, som producerer omkring 10% af verdens elektricitet. Langt de fleste af dem er enten kogevandsreaktorer eller trykvandsreaktorer. Begge typer blev udviklet i 1950'erne og er blevet forbedret siden da.

Begge typer har en reaktorkerne, hvor energien skabes ved at spalte atomkerner. I reaktorkernen opvarmer kernebrændslet vand til omkring 300 grader. Vandet er under højt tryk – i en kogevandsreaktor omkring 80 atmosfære og i en trykvandsreaktor omkring det dobbelte. Derfor er reaktorkernen placeret i en tyk ståltank. Vandet fører hele tiden varme væk fra reaktorkernen. Det varme vand bruges til at skabe damp som driver en turbine, der skaber elektricitet.

Eksisterende kernekraftværker af denne type er typisk store enheder på størrelse med eller endnu større end de største danske termiske værker. Mindre versioner bruges også til fremdrift af skibe, isbrydere og ubåde.

Producenter af konventionelle kernekraftværker findes i dag i både Europa, USA og Asien. Den typiske producentgaranterede levetid for nye værker er 60 år.

Brændsler i traditionelle kernereaktorer

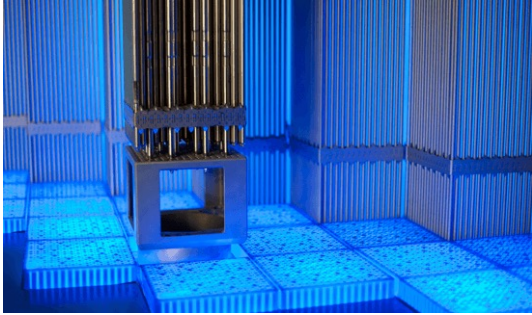



Fuel Rod
Uranium Fuel Pellet

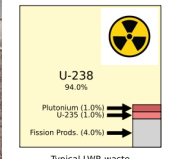
Credit: NRC

1GW kernekraft: ca. 30 tons Uran / år (1-2 m³)

Danske termiske kraftværker: 100-200 tons kul/biomasse i timen

Credit: Energy for humanity



Component	Percentage
U-238	94.0%
Plutonium	1.0%
U-235	1.0%
Fission Prods.	4.0%

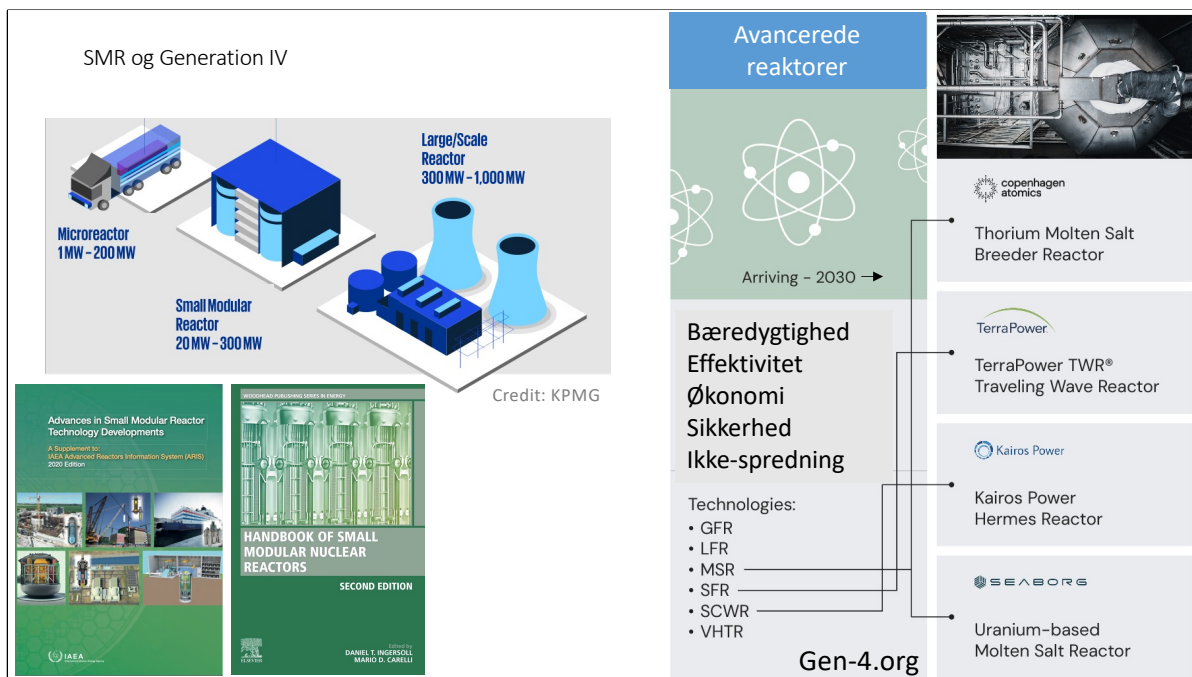
Typical LWR waste

I de konventionelle kernereaktorer bruges Uran som brændsel. Uranet sidder i små piller på størrelse med det yderste led på en finger. Pillerne samles og indkapsles i lange metalrør. Man samler 100-200 af sådanne rør i brændselsenheder.

En typisk konventionel reaktor indeholder ca. 100 tons Uran. Hvert år udskiftes ca. en tredjedel af brændselsenhederne, og det årlige forbrug er altså ca. 30 tons. Til sammenligning afbrænder Studstrupværket ved Århus omkring 100 til 200 tons kul og træpiller i timen.

Den meget store energitæthed i kernebrændslet er en af de absolut største fordele ved kerneenergi. Det medfører at behovet for brændsel og materialer generelt er meget lille, og at mængden af affald er tilsvarende lille. Det nødvendige brændsel for en typisk danskers elforbrug et helt liv kan være i en sodavands- eller øldåse.

Der er stadig meget energi tilbage i det brugte brændsel, der med den nuværende teknologi bare sættes til deponering. Det er billigere at fylde nyt brændsel i reaktoren end at genbruge de nyttige dele af det brugte brændsel.



Der er mange nye reaktortyper under udvikling. Mange vil have hørt om "små modulære reaktorer", "saltsmeltedreaktorer", "avancerede reaktorer" og måske endda "hurtige reaktorer".

Der er mange grunde til at udvikle nye reaktortyper:

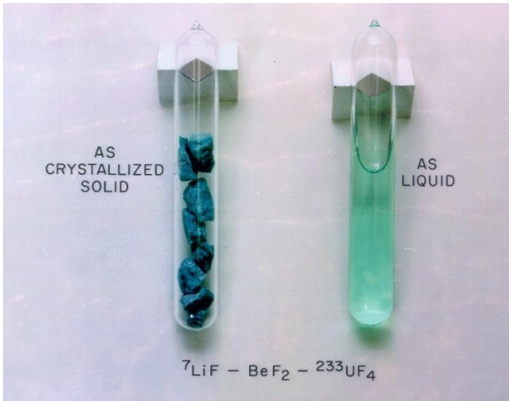
- Bedre brug af brændslet og reduceret mængde brugt brændsel per skabt energi.
- Højere temperatur i reaktoren, hvilket leder til højere effektivitet og åbner for flere anvendelser som f.eks. P2X.
- Bedre økonomi f.eks. gennem modulær og forenklet konstruktion og få perioder uden produktion.
- Endnu højere sikkerhed.

Små modulære reaktorer er anlæg med under 300 MW produktion. Alene i denne kategori er over 100 designs under udvikling. De to viste rapporter giver et større overblik end jeg kan nå her.

Nogle er mindre versioner af de reaktorer, vi allerede kender i dag. Udviklingen af den type små modulære reaktorer er derfor ingen større teknisk udfordring. Små reaktorer bruges som sagt allerede til fremdrift af skibe. Der er også små modulære reaktorer baseret på avanceret teknologi under udvikling – f.eks. i de to danske firmaer repræsenteret i høringen. Flere detaljer om den teknologi vil fremgå af deres oplæg. Nye avancerede reaktorer kan være meget forskellige i både størrelse og design sammenlignet med konventionelle reaktorer.

Den reducerede størrelse muliggør fremstilling af reaktorerne i moduler, der kan produceres på en fabrik. Nogle vil kunne placeres på lastbiler eller pramme og på den måde transporteres til anvendelsesstedet. De små modulære reaktorer kan også indgå i mere fleksible anvendelser end de traditionelle, store enheder.

Nye typer brændsel



AS CRYSTALLIZED SOLID


AS LIQUID

${}^7\text{LiF} - \text{BeF}_2 - {}^{233}\text{UF}_4$

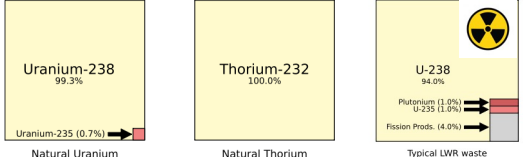
Credit: Oak Ridge National Lab

Flydende bændsel

“Triso” brændsel



Credit: DOE



Uranium-238
99.3%

Uranium-235 (0.7%)
Natural Uranium

Thorium-232
100.0%

Natural Thorium

U-238
94.0%

Plutonium (1.0%)
U-235 (1.0%)
Fission Prods. (4.0%)
Typical LWR waste

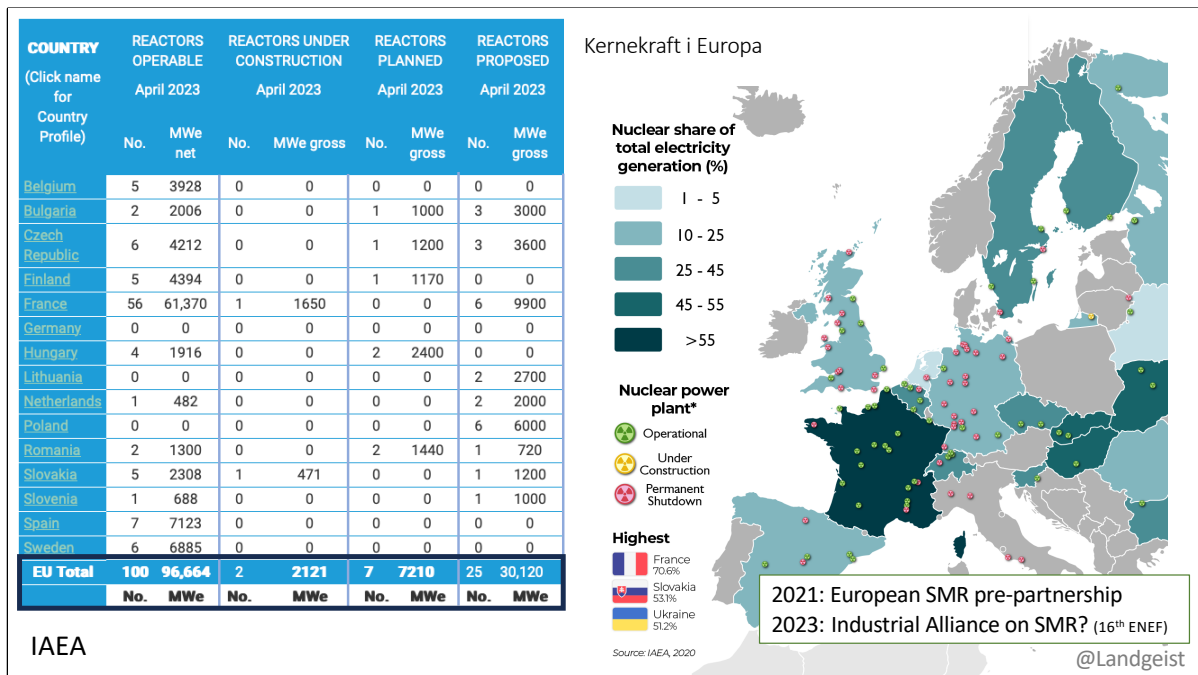
Formeringsreaktorer: “fissile from fertile”
Åbne og lukkede brændselscykler
Berigningsgrader: LEU (<5%) og HALEU (5-20%)

Udviklingen i reaktorteknologi omfatter også udvikling af nye typer af brændsel. En mulighed, som udnyttes i de to danske firmaer, er at have brændslet i form af et smeltet salt. Det har en række fordele såsom at reaktoren kan opereres ved dagligdags tryk. Det fjerner behovet for en meget stor og dyr tryktank som i de konventionelle værker.

En anden type ny brændsel er den viste kugle ca. på størrelse med en tennisbold. Den er designet, så den har meget svært ved at smelte.

De konventionelle atomreaktorer bruger kun en meget lille del af Uranet svarende til det lille røde kvadrat. Nogle nye reaktortyper er designet til at kunne bruge alt Uranet og også grundstoffet Thorium som brændsel. Nogle nye typer reaktorer skal også kunne bruge brugt brændsel fra konventionelle atomkraftværker. Det danske firma Copenhagen Atomics arbejder på de teknologier. Det vil kraftigt reducere mængden af radioaktivt affald til slutdeponi. I nogle nye reaktordesigns skal der også bruges Uran-brændsel med højere berigningsgrad end i konventionelle værker.

I både Europa og USA findes allerede producenter af SMR baseret på mindre versioner af konventionelle atomkraftværker. Det Amerikanske firma NuScale er godkendt af de amerikanske myndigheder og flere andre er tæt på godkendelse i USA og Europa. På det kommercielle marked er der endnu ikke SMR med de her avancerede teknologier, men de forventes inden for en overskuelig fremtid som vi skal høre om lidt.

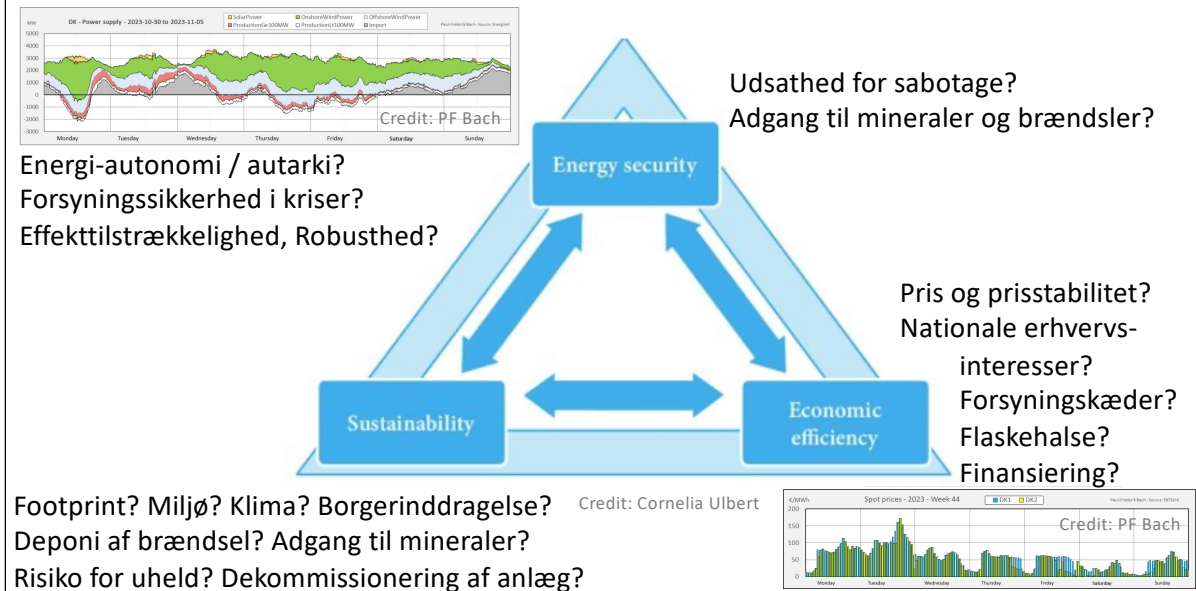


Kortet her viser udbredelsen af atomkraft i Europa. Kortet er ikke opdateret med lukningen af de sidste tyske atomkraftværker.

Tabellen viser planer for ny atomkraft i Europa – herunder lande som Polen, der i dag ikke har atomkraft i energisystemet. Der er 100 fungerende reaktorer i Europa og ca. 30 er under konstruktion eller planlagt. Der er også planer om SMR i mange lande.

I en række Europæiske lande vurderes det altså som en fordel at inkludere atomkraft i energisystemet – både nu og i fremtiden.

Energi politik: Fordele, ulemper og alternativer



Energi politiske valg handler om energisikkerhed, bæredygtighed og økonomi. For alle energiproduktionsformer gælder naturligvis, at man skal overveje fordele, ulemper og alternativer.

På figuren her har jeg markeret nogle af de forhold, der kan indgå i energipolitiske overvejelser.

Atomkraft udmærker sig ved, at brændslet har en meget stor energitæthed, hvilket giver en styrbar energiproduktion med lille råstof- og materialeforbrug og et lille aftryk på landskabet.

Konventionel atomkraft har en udfordring med økonomien, når den bygges i Vesteuropa, men historisk har det været muligt at bygge økonomisk også i Europa. Det viser eksemplet Sverige. Ny, avanceret atomkraft har et meget stort potentiale, som de to næste oplæg vil komme ind på.

Sammen med vind og sol er atomkraft den eneste energiproduktionsform, der kan skaleres op til at udfase de fossile brændsler på verdensplan. Hvordan blandingen skal være mellem de energiformer afhænger af, hvordan man politisk prioriterer de forskellige hensyn i den her trekant.

Jeg glæder mig til resten af høringen. Tak for ordet og opmærksomheden.