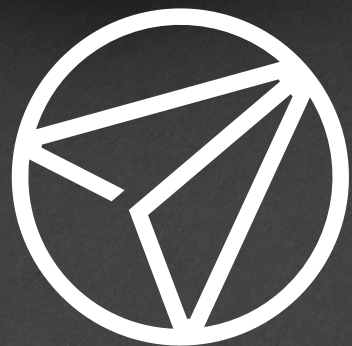




AFRY

Sikkerhet ved morgendagens kjernekraftverk

Jarl Robert Heer

«Morgendagens kjernekraftverk vil ha helt andre forutsetninger for risiko og sikkerhet blant annet fra inntredende passive sikkerhets funksjoner og avanserte reaktor design. Bevissthet rundt de betraktninger til hvordan sikkerhetsanalyser blir foretatt er også sentralt til hvordan en sikkerhetskultur utformes.»

Nøkkel informasjon om AFRY og kjernekraft

AFRY Europa

AFRY
AFRY Nuclear



AFRY er rangert
som #

6

design selskap for
kjernekraft globalt*

Tilstedeværelse
I markedet

60

år

AFRY konsernet
har

17 000

ansatte og partners
globalt

AFRY har over

600

kjernekrafts
konsulenter

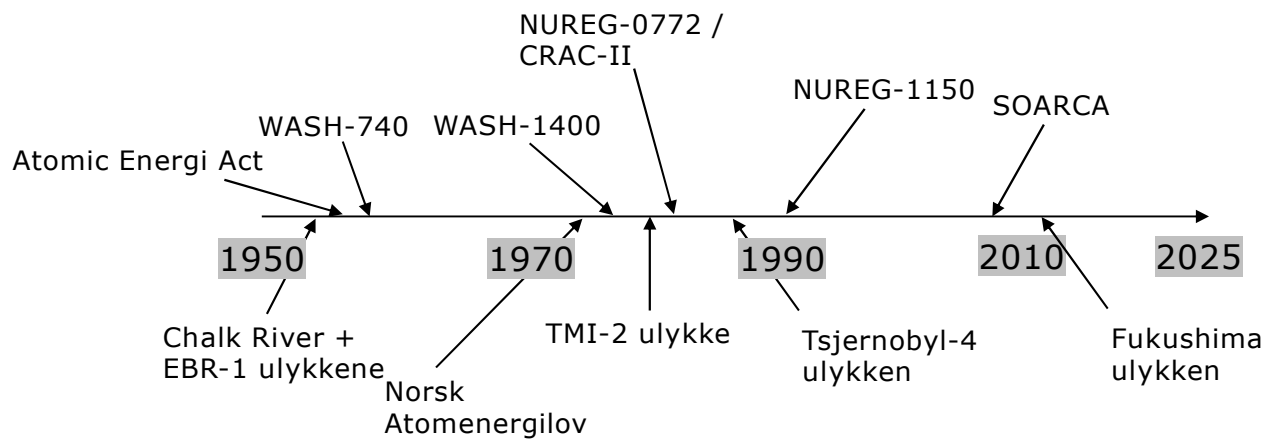
AFRY Nuclear er
etablert i

8

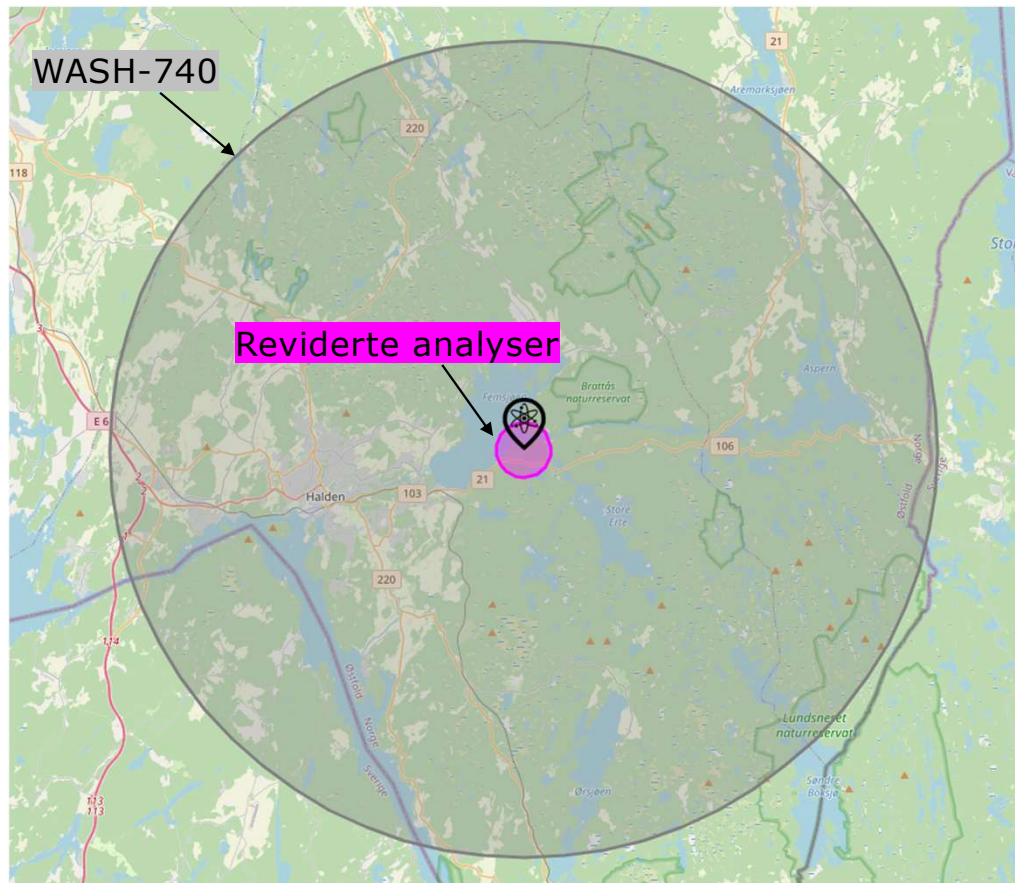
europiske
land

*ENR Global Sourcebook 2020

Tilnærming til sikkerhet

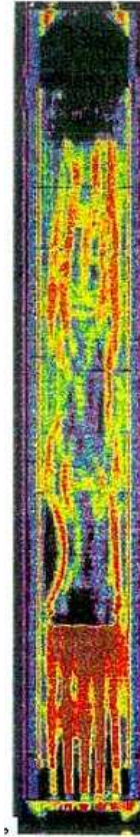


Exclusion sone – BWRX-300 SMR



Definisjoner

- Core Damage (DCF)
 - Alvorlig (og uopprettelig) skade på brensel som fører til en eller flere av:
 - Sprekker i innkapslingen
 - Deformasjon
 - Oksidering og hydrogendannelse
 - Smelting
 - Tar ikke høyde for om smeltet brensel kommer ut av reaktor tanken (in-vessel/ex-vessel corium), eller om det ligger igjen rester i bunn av reaktor tank (core debris).
- Large Early Release (LERF)
 - Betydelig og uforhindret utslipp fra reaktorinneslutningen innenfor en tidsramme som er for kort til effektiv evakuering av nærliggende befolkning med potensiale for tidlige helsekonsekvenser.
- Begge definisjoner er for hendelse/år/reaktor
 - (hendelse/år/TWh kunne vært et annet alternativ)



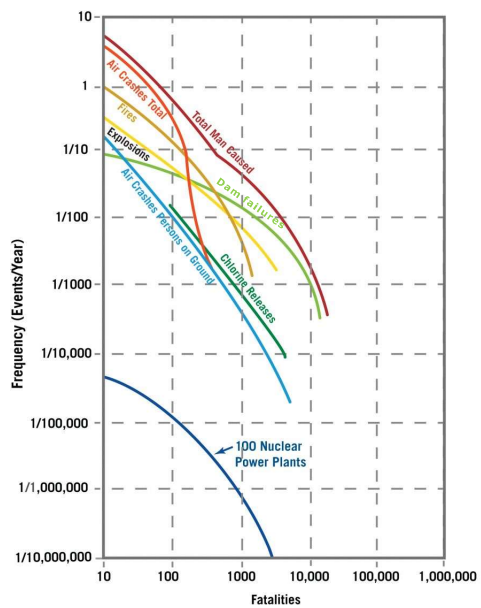
PHEBUS FPT-1
eksperiment
(1996)



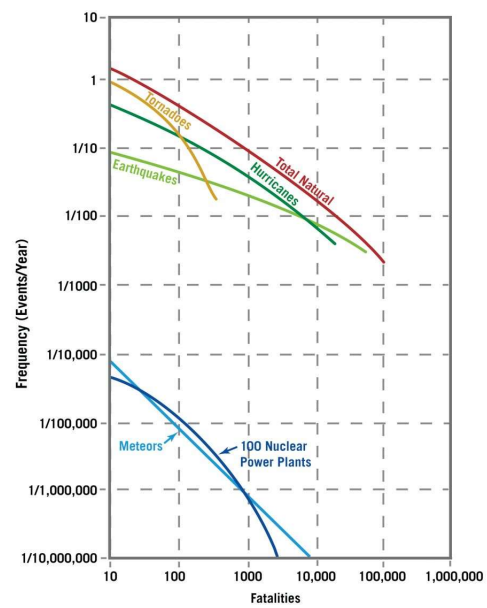
EBR-1 (1955)



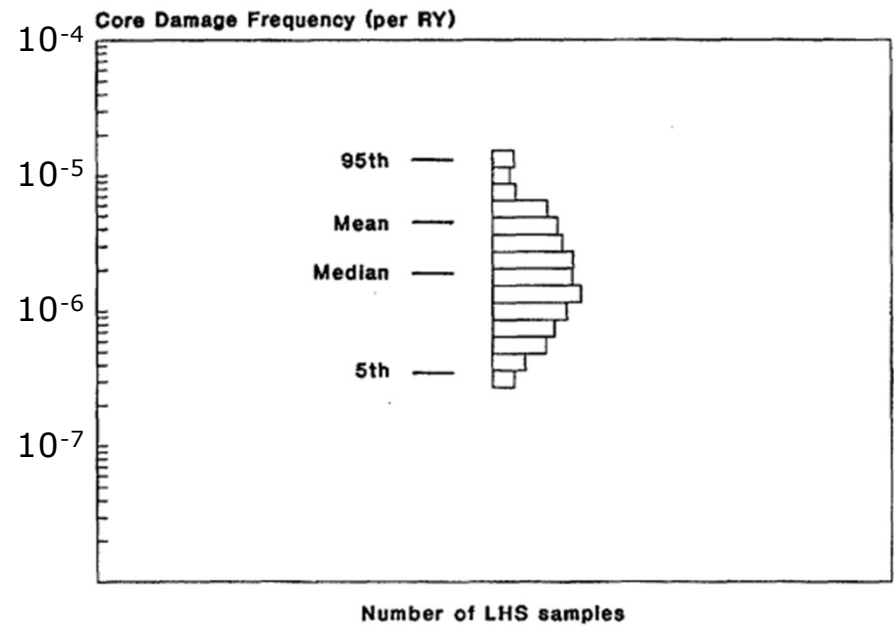
Tsjernobyl-4
(brensel + bla betong og stål)



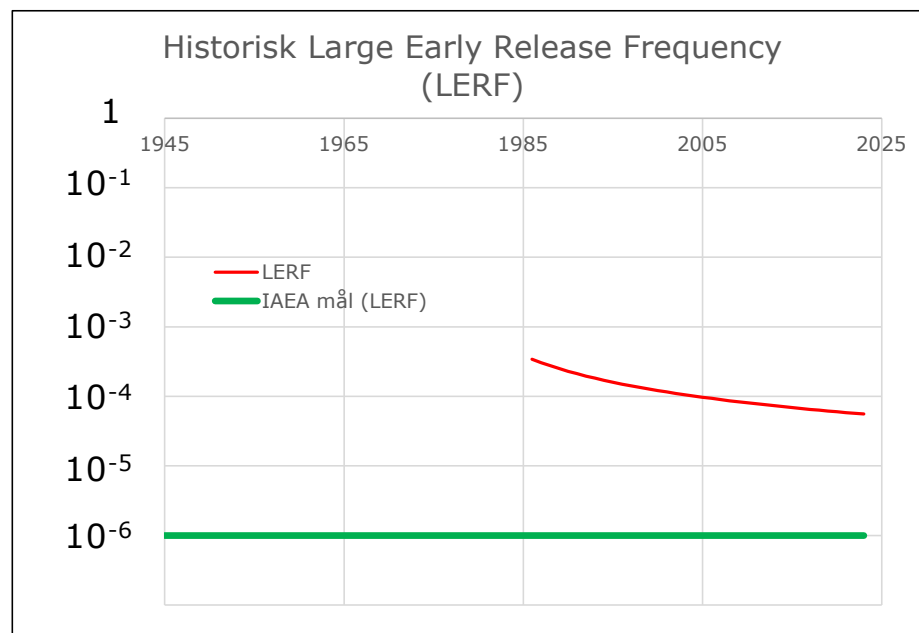
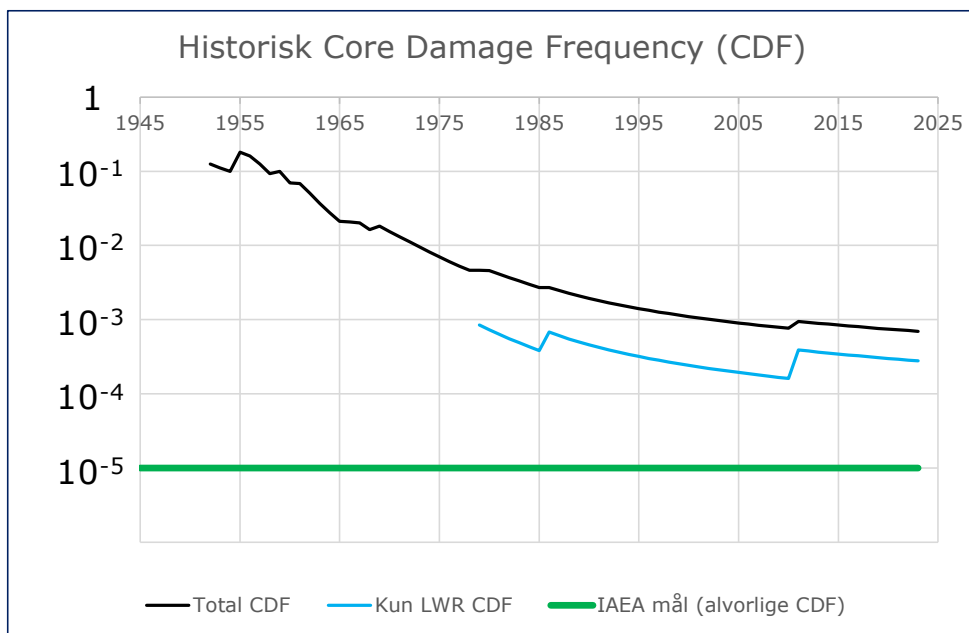
WASH-1400



NUREG-1150
(Peach Bottom)



Historisk risiko med reaktor drift



INTERNAL

Tekniske nyvinninger for sikkerhet

- Simulator trening med nøyaktige fysikk modeller. AI assisterte modeller.
- HMI utvikling
- Passive sikkerhetsfunksjoner.
 - Reaktor inneslutning og isolering.
 - Eksempel: GE-H BWRX-300 benytter naturlig sirkulasjon av kjølevann.
- Utvikling av innkapslinger.
- Tomografi – Muon radiografi
- Utvikling i strålingstolerante halvledere
 - Redusere amorfisering og uorden i molekyler matrisen.
 - Galliumoksid virker lovende og har høy interesse i forskningsmiljøene.



INTERNAL

Utvikling i mekatronikk

Tsjernobyl æra



Komatsu D155W



KHG MF2



KHG MF3

Fremtidig?



Griff Aviation 300
(Norsk design)
~ 230 kg payload



Boston Dynamics Spot

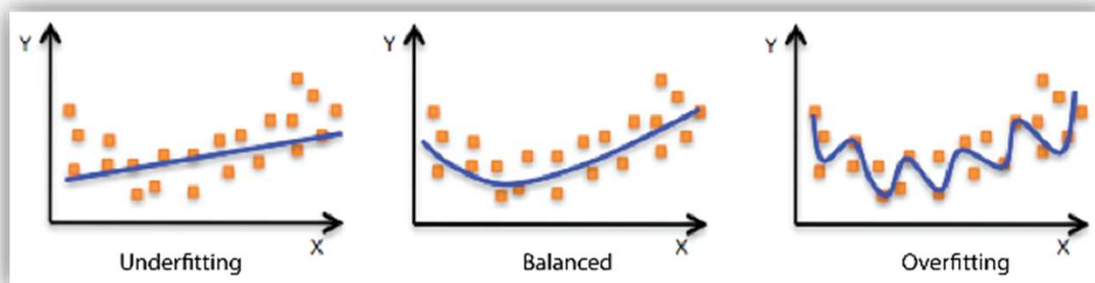


Boston Dynamics Atlas



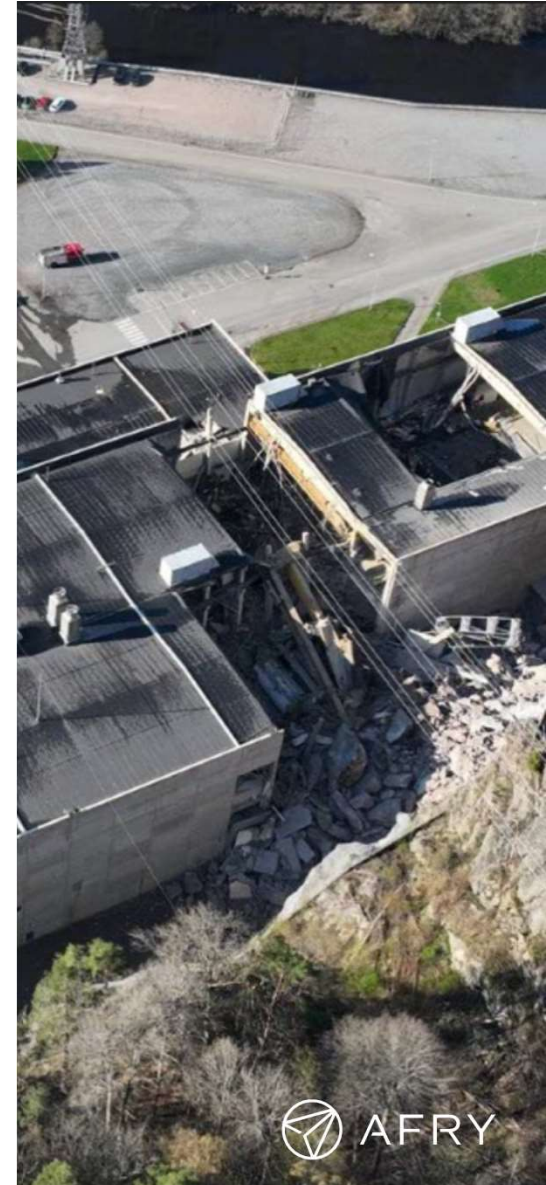
Nye utfordringer

- Gode nøyaktige modeller er også kostnadskreven
- Balanse mellom enkle og kompliserte modeller
- Høyere grad av regulerbar kraft er mer etterspurt og kombinert Power-to-X
- Høyere fokus på energisikkerhet
- Mobile mikroreaktorer
- Gen IV. Reaktorer



Tilnærming til fysisk sikring

- Implementering av sikkerhetsloven
 - Fysiske barrierer
 - Cybersikkerhet
 - Spionasje og sabotasje
 - Korrupsjon
- Unntakstilstand
- Valg av lokasjon



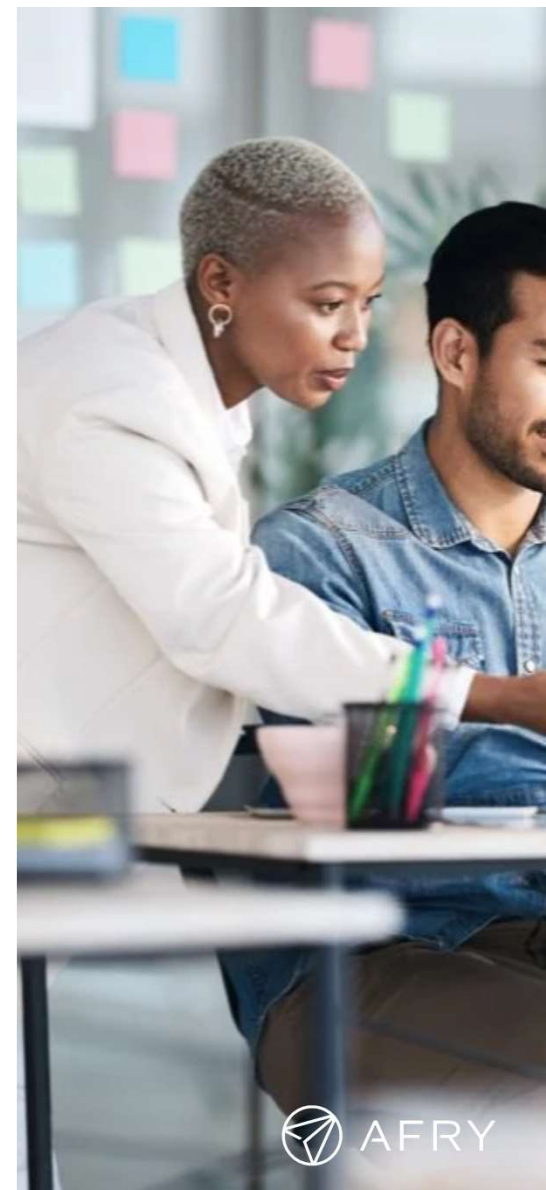
Reaktorer er krigsmål



- 1980: Iran angrep Iraks anlegg ved Al Tuwaitha – Osirak (forskningsreaktor under bygging).
- 1981: Israel's videreførte Irans angrep på Osirak – total ødeleggelse.
- 1984-87: Irak - Totalt 6 angrep på Bushehr anlegget under bygging i Iran.
- 1991: Gulfkrigen – USA bombet 3 (mindre) irakiske forskningsreaktorer.
- 2022- : Russiske angrep i Ukraina; ved Zaporizhzhia og Tsjernobyl.

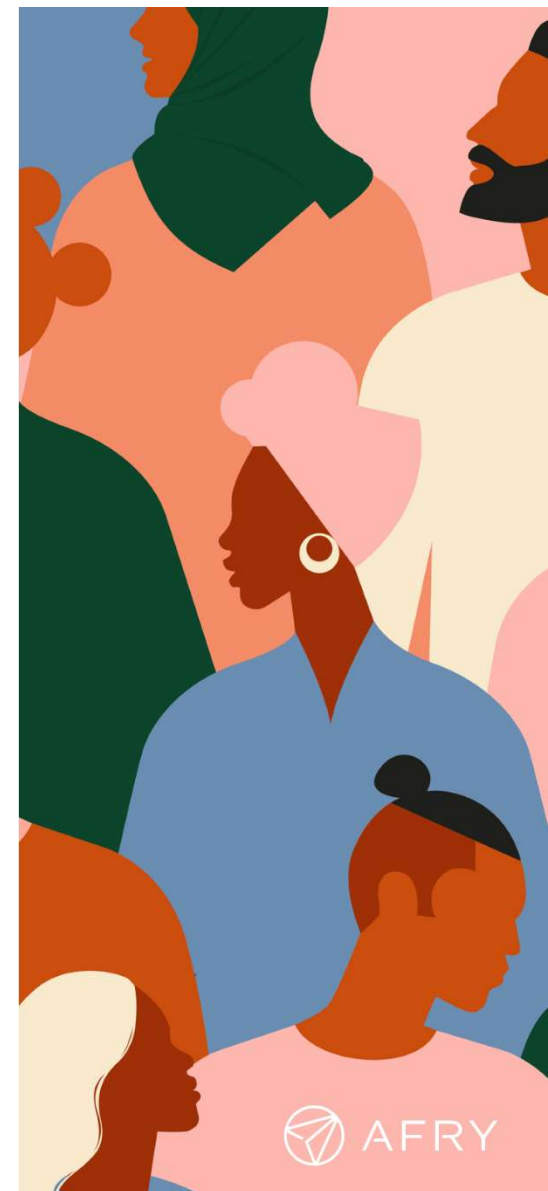
AFRY's rolle i kjernekraft

- Utredninger for bla. beliggenhet, kostnader og beredskapsplanlegging for nye utbygninger. Bistand gjennom Engineering, Procurement & Construction (EPC). Driftsmanualer og lisensiering
- Vi vurderer risiko under hele levetiden til reaktorer.
- Oppgraderinger av anlegg for levetidsforlengelse og implementere nye myndighetskrav.
- Vi utgjør «limet» i sektoren. Mange interessenter trenger korrekt kunnskap uten påvirkning av interessekonflikter for å ta beslutninger.



Hva utgjør sikkerhetskultur?

- Kontinuerlig arbeid
 - Dypforsvaret (5 nivåer) – Robust design, styring, sikkerhetssystemer, konsekvenslindrende systemer, beredskap.
 - Sikre barrierene (brensel struktur, innkapsling, primærkrets, reaktor inneslutning).
 - Revidering av sikkerhets analyser (periodisk, endringer og vedlikehold).
- Nasjonal sikkerhet
 - Vurdere trusler
 - Etterretning
- Erfaringsoverføring og utnytte ny teknologi
 - Probability Safety Assessment - PSA (eller PRA) var opprinnelig et NASA konsept.
 - Flybransjen har hatt stor overførbarhet for stresshåndtering.



«Nuclear power is an unforgiving technology. It allows no room for error. Perfection must be achieved if accidents that affect the general public are to be prevented.»

- John G. Fuller : We Almost Lost Detroit (1975)