NTNU

Kunnskap for en bedre verden

Perspektiver på risikostyring fra kjernekraft til romfart

Jørn Vatn







Hva er risiko?

- Ofte brukt: Risiko = Sannsynlighet $\times$ Konsekvens
- NS5814: Risiko = ***Usikkerhet*** knyttet til om en uønsket hendelse vil inntreffe og hvilke konsekvenser den kan få
  - Aleatorisk usikkerhet = Variabilitet, kan ikke reduseres
  - Epistemisk usikkerhet = Mangel på kunnskap om et fenomen eller et forhold, kan reduseres ($)
    - F.eks. måle vannporetrykk i Stampa for å vurdere risiko for skred

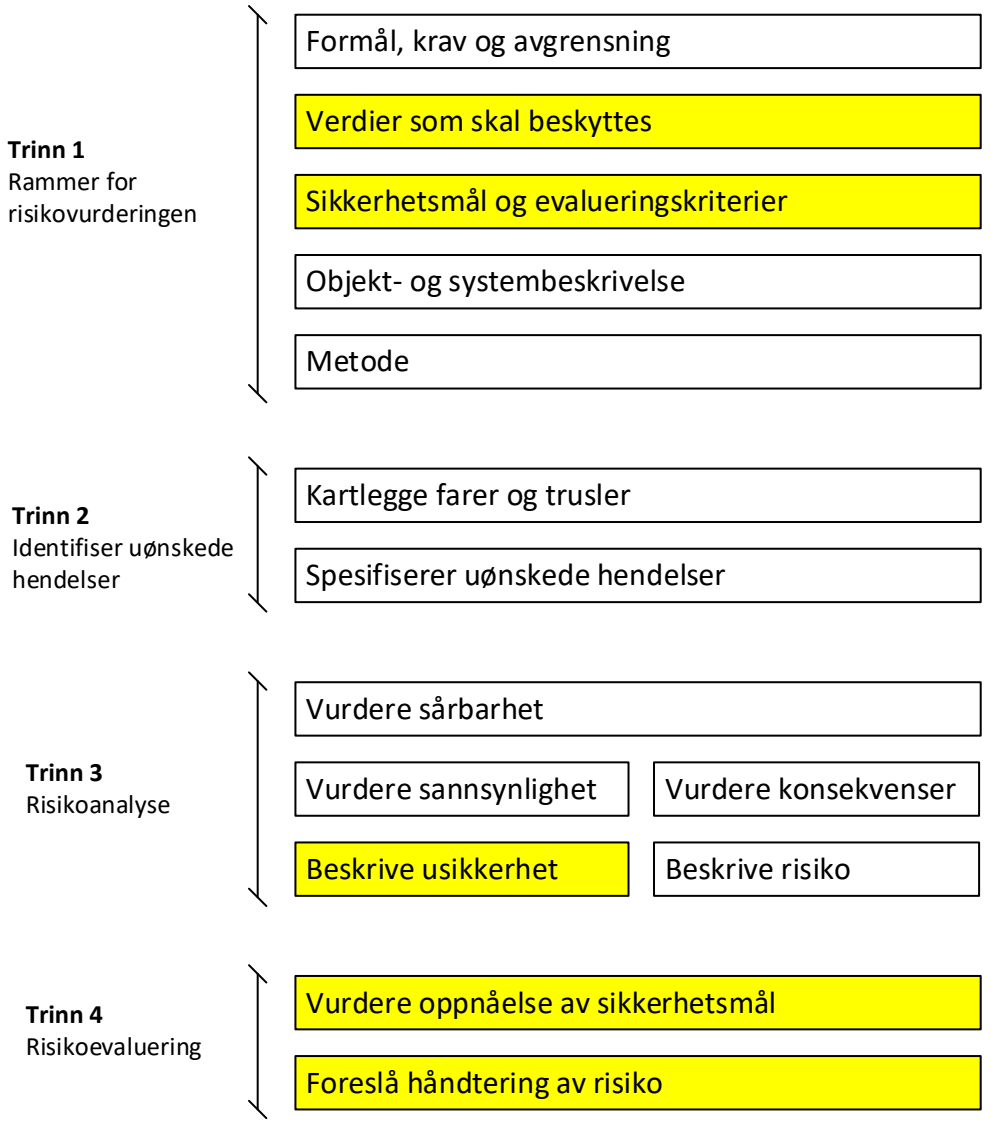
Hva er risiko, forts.

- For å operasjonalisere risikobegrepet sier vi ofte at risiko er svar på tre spørsmål:
  - hva kan gå galt?
  - vil det gå galt, og i så fall
  - hva er konsekvensene hvis det går galt?
- Svarene settes så sammen til et mål for risiko $R = \{< s_i, f_i, \mathbf{X}_i >\}$
  - s_i er et scenario/hendelse tilknyttet hva som kan gå galt,
  - f_i et mål på usikkerhet om scenarioet/hendelsen vil inntreffe, og
  - $\mathbf{X}_i$ er konsekvensen av hendelsen, konsekvensen kan være usikker

Risikostyringsprosess (ISO 31000:2018)

- Etabler konteksten – Definer internt/eksternt miljø, interessenter og kriterier
- Risikovurdering
  - Identifiser risikoer
  - Analyser risikoer
  - Vurder og prioriter risikoer
- Risikohåndtering – Velg og implementer alternativer, f.eks. unngå, redusere, overføre eller akseptere risiko
- Overvåking og oppfølging → Kontinuerlig forbedring
- Kommunikasjon og konsultasjon – Engasjer interessenter gjennom hele prosessen

NS5814 - Krav til risikovurderinger



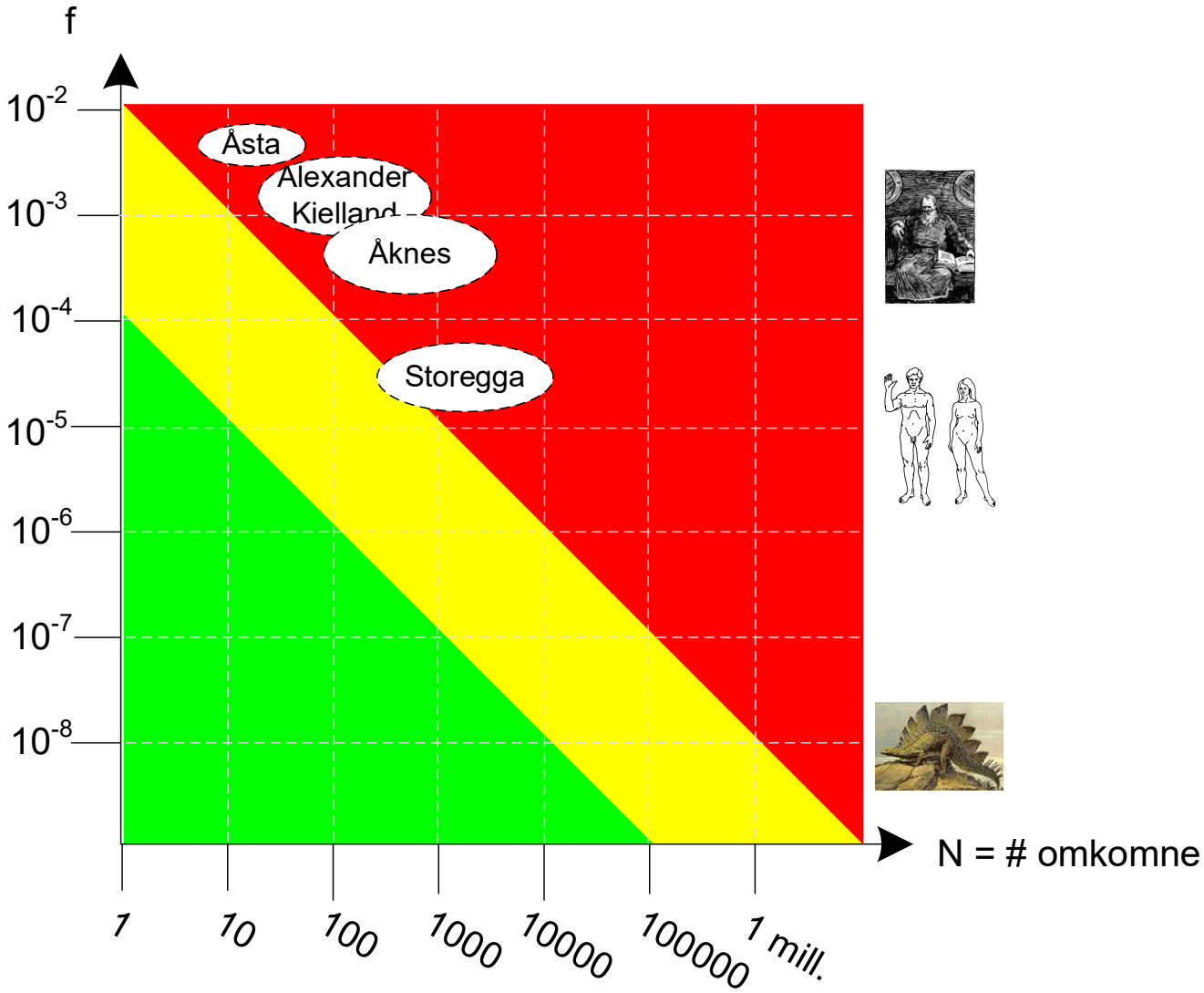
Sikkerhetsmål

- Først identifiser verdier som skal beskyttes: personer, utstyr, kritiske funksjoner, evne til å produsere osv.
- Identifiserte verdier vil senere danne grunnlag for sikkerhetsmål, dvs.:
  - Fastsetter overordnede sikkerhetsmål knyttet til verdiene som skal beskyttes
  - Det kan være resultatmål, funksjonskrav, tekniske krav eller krav til å optimalisere løsninger

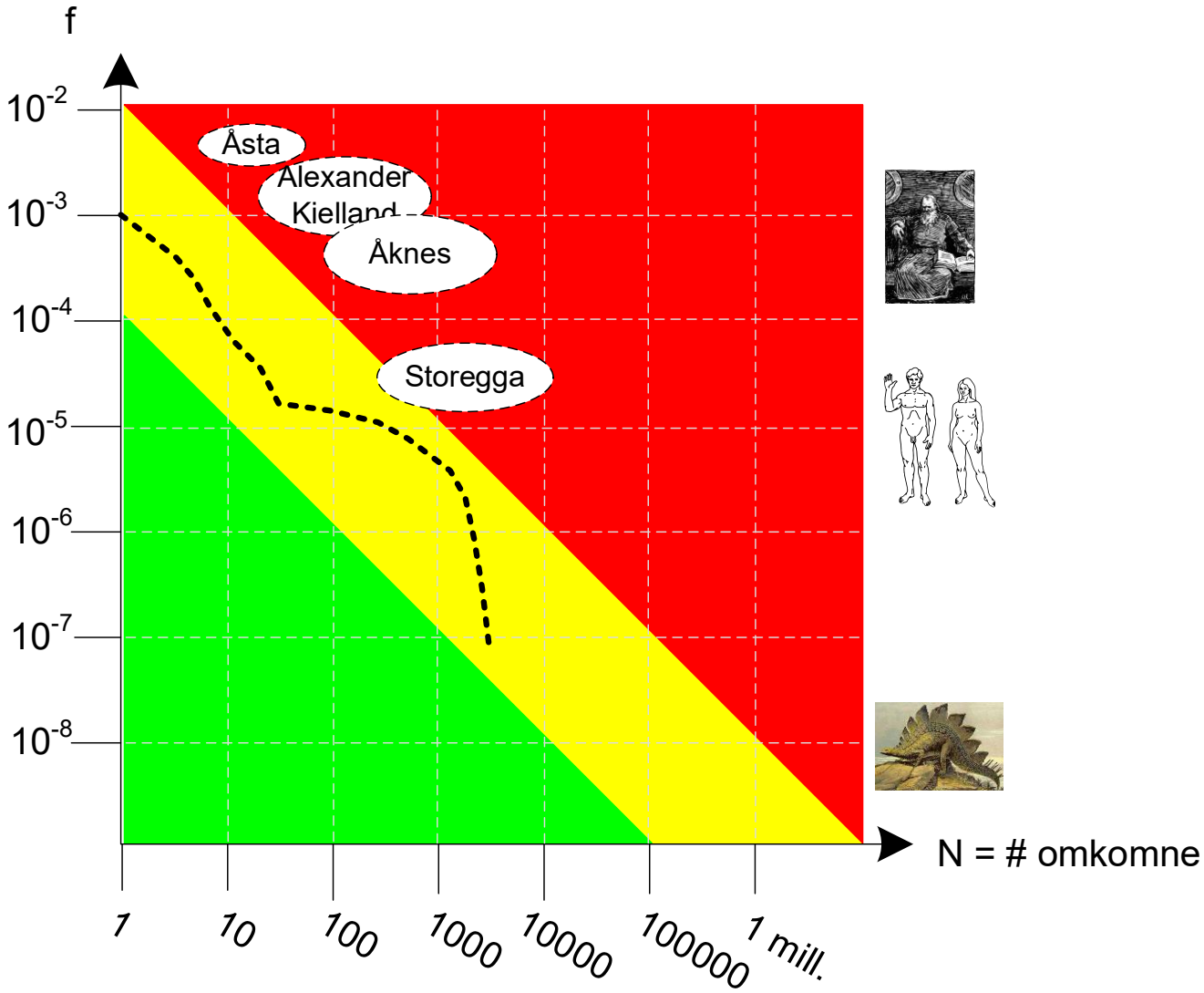
Evalueringskriterier

- Sikkerhetsmålene operasjonaliseres og brytes ned til konkrete delmål eller evalueringskriterier som resultatene av risikoanalysen kan sammenholdes med
- Eksempler på evalueringskriterier kan være:
  - Ytelseskrav til barrierer
  - Målbare indikatorer for risiko, f.eks. knyttet til individrisiko (FAR) eller storulykkesrisiko (f-N diagram)
  - Dokumenterbar redundans
  - At en løsning er minst like god som en preakseptert løsning

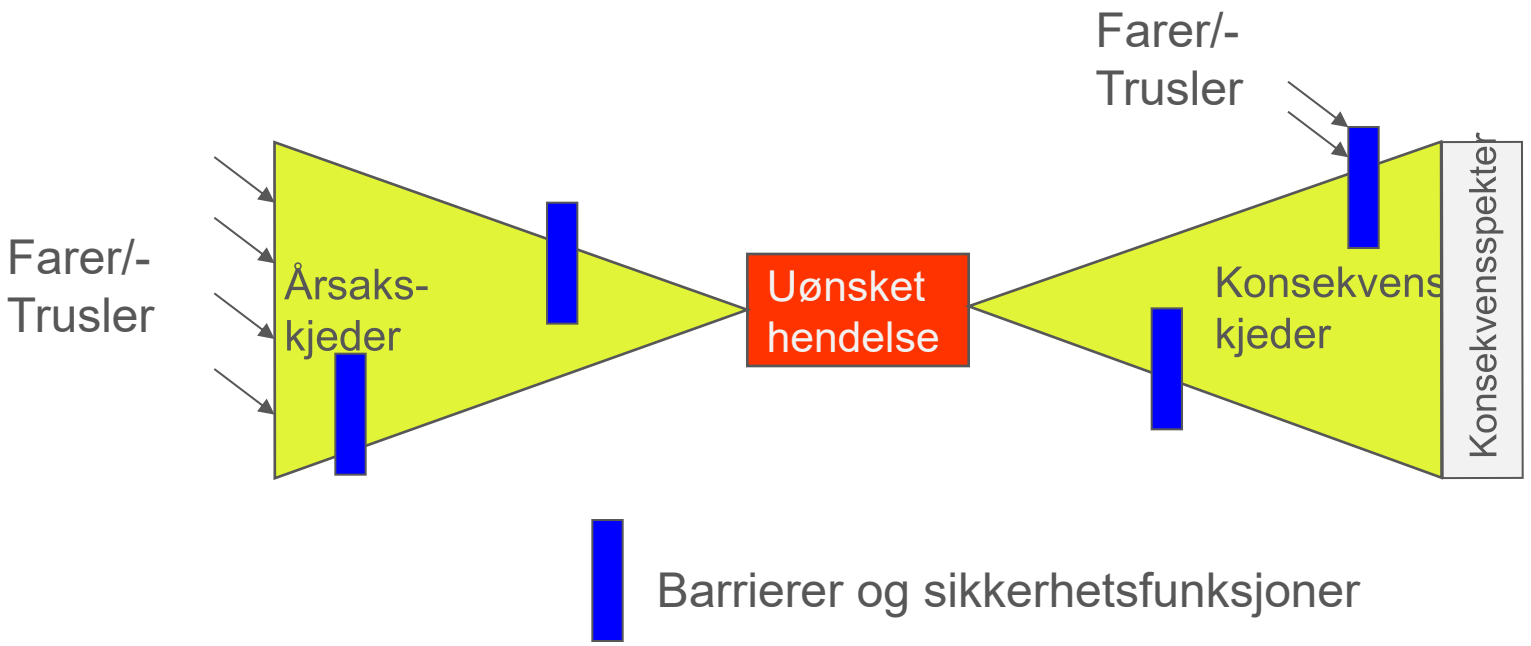
f-N diagram


f
10-2
10-3
10-4
10-5
10-6
10-7
10-8
Åsta
Alexander Kielland
Åknes
Storegga
N = # omkomne
1
10
100
1000
10000
100000
1 mill.

Risikoanalyse: LNG-anlegg Risavika



Ulykkesmodell – ”bow tie”



Hvor er dette?



Kjernekraft



Det e fali det

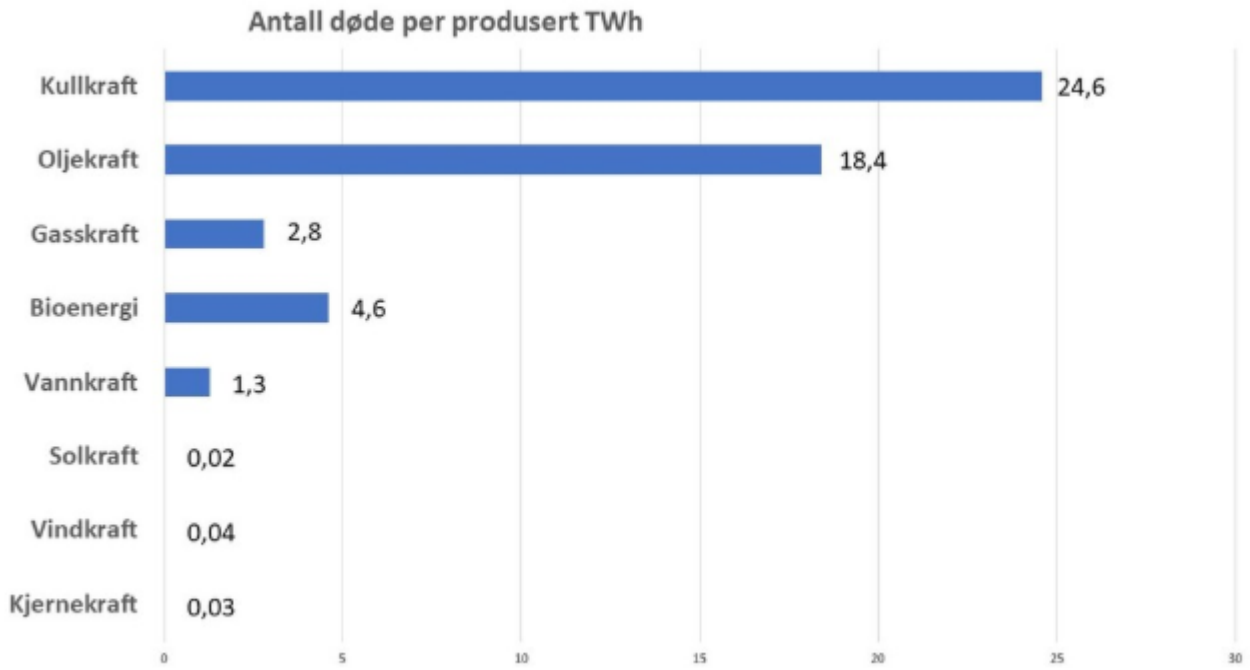



NOU Norges offentlige utredninger 2026: 4

Kjernekraft i Norge?

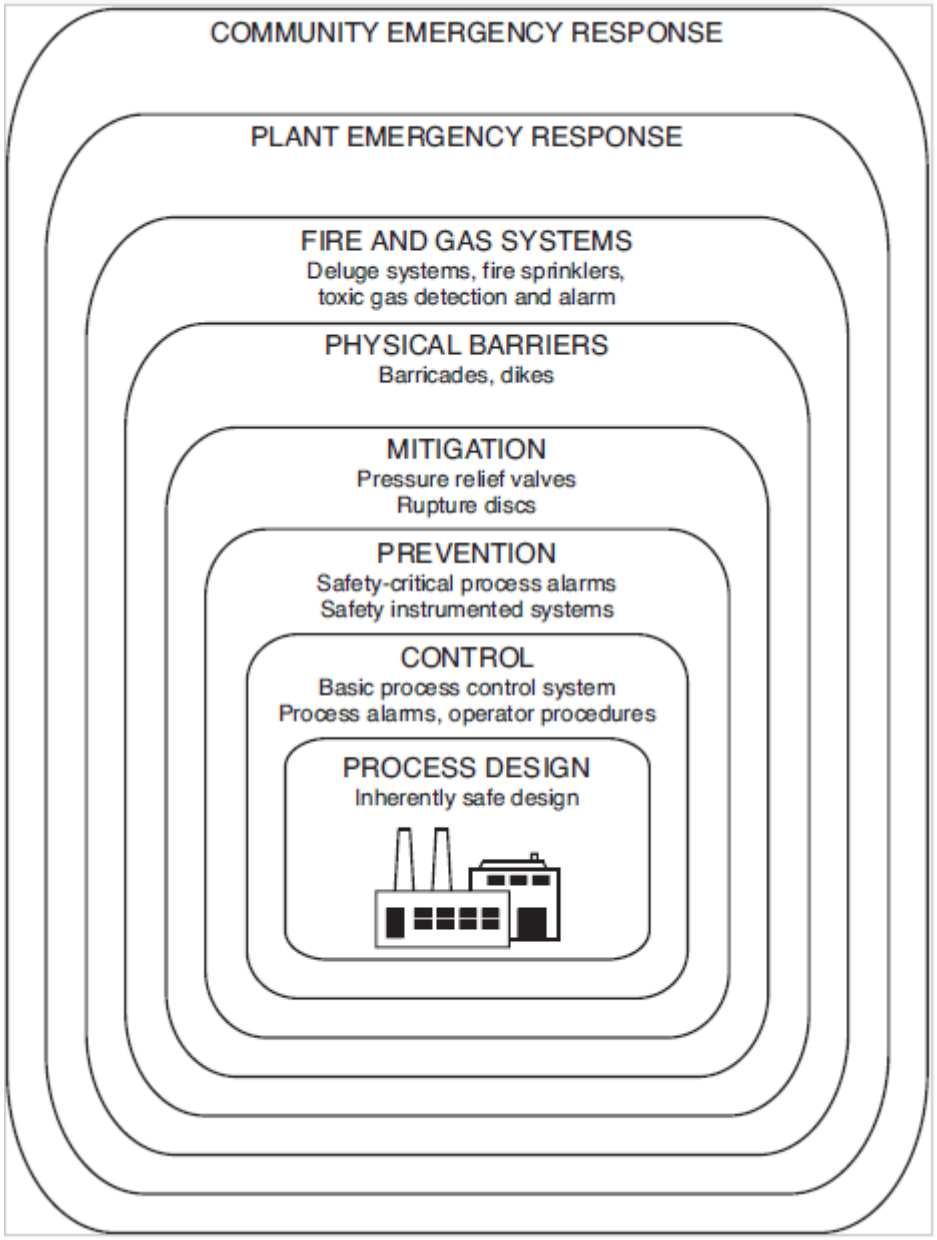
Fordeler, ulemper og forutsetninger

Historisk dødsrate som følge av uhell og luftforurensninger

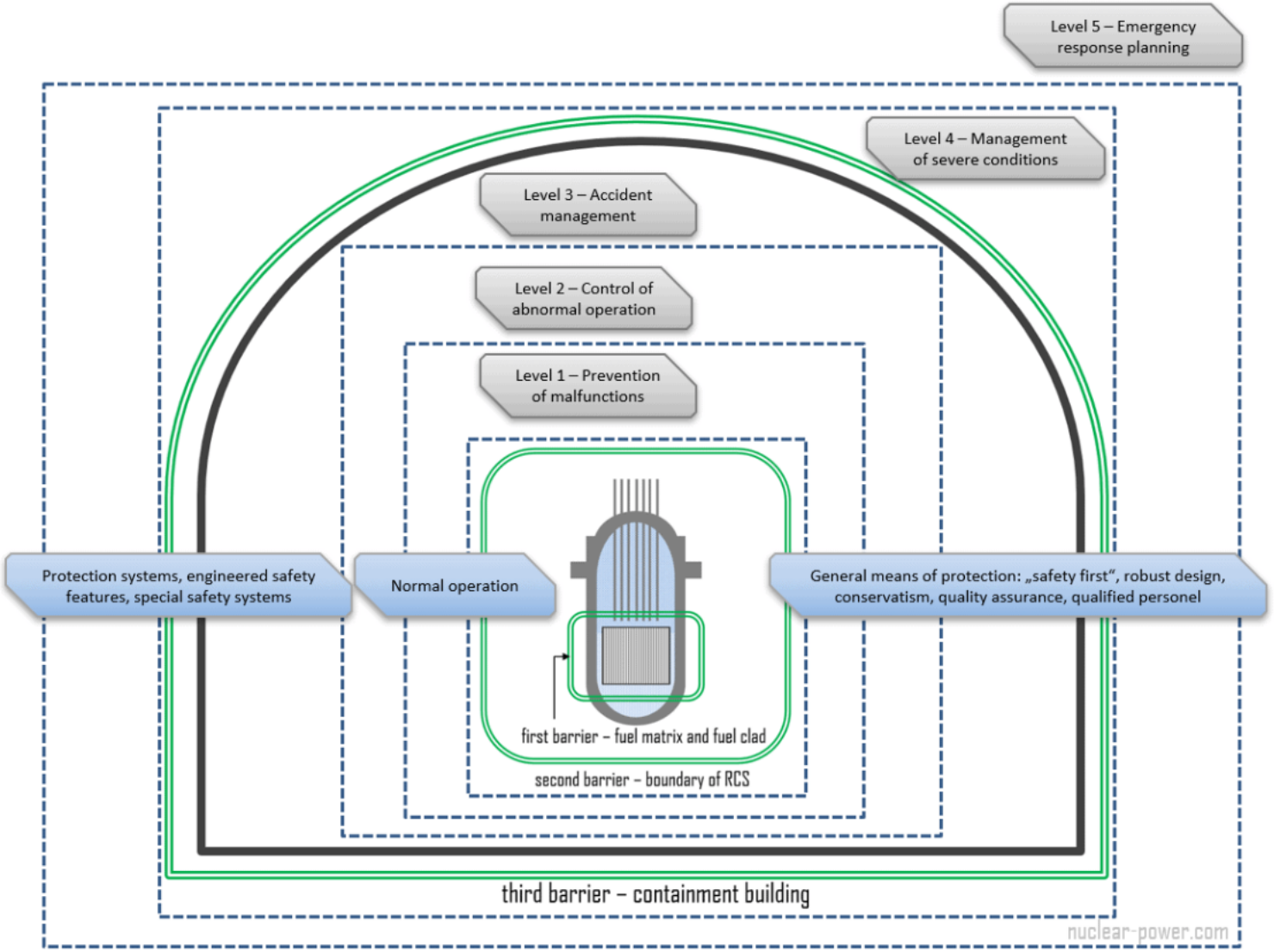


Hofstad, Knut: *kjernekraftsikkerhet* i *Store norske leksikon* på snl.no.
https://snl.no/kjernekraftsikkerhet / Our World in Data

Forsvar i dybden



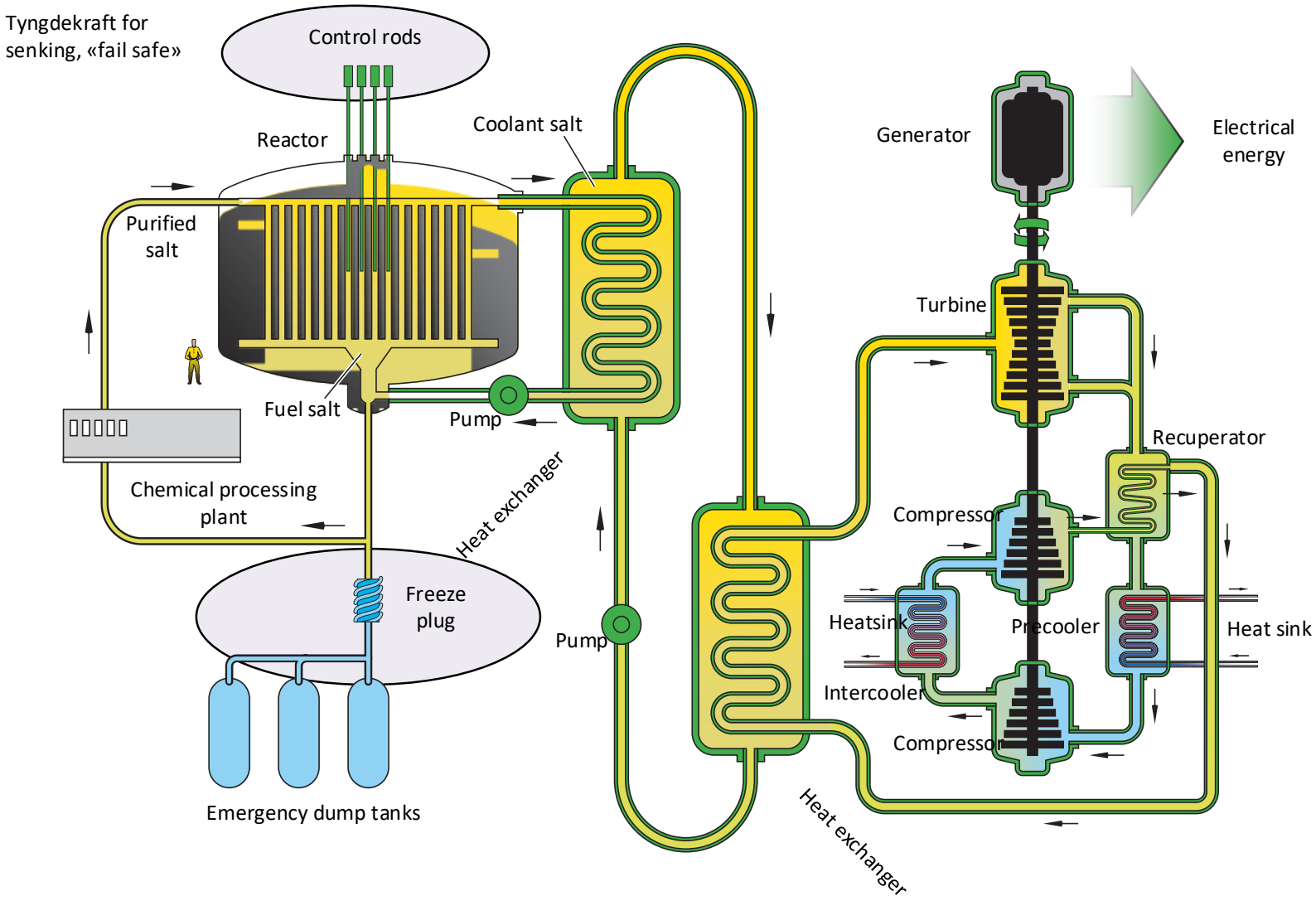
Forsvar i dybden, kjernekraft



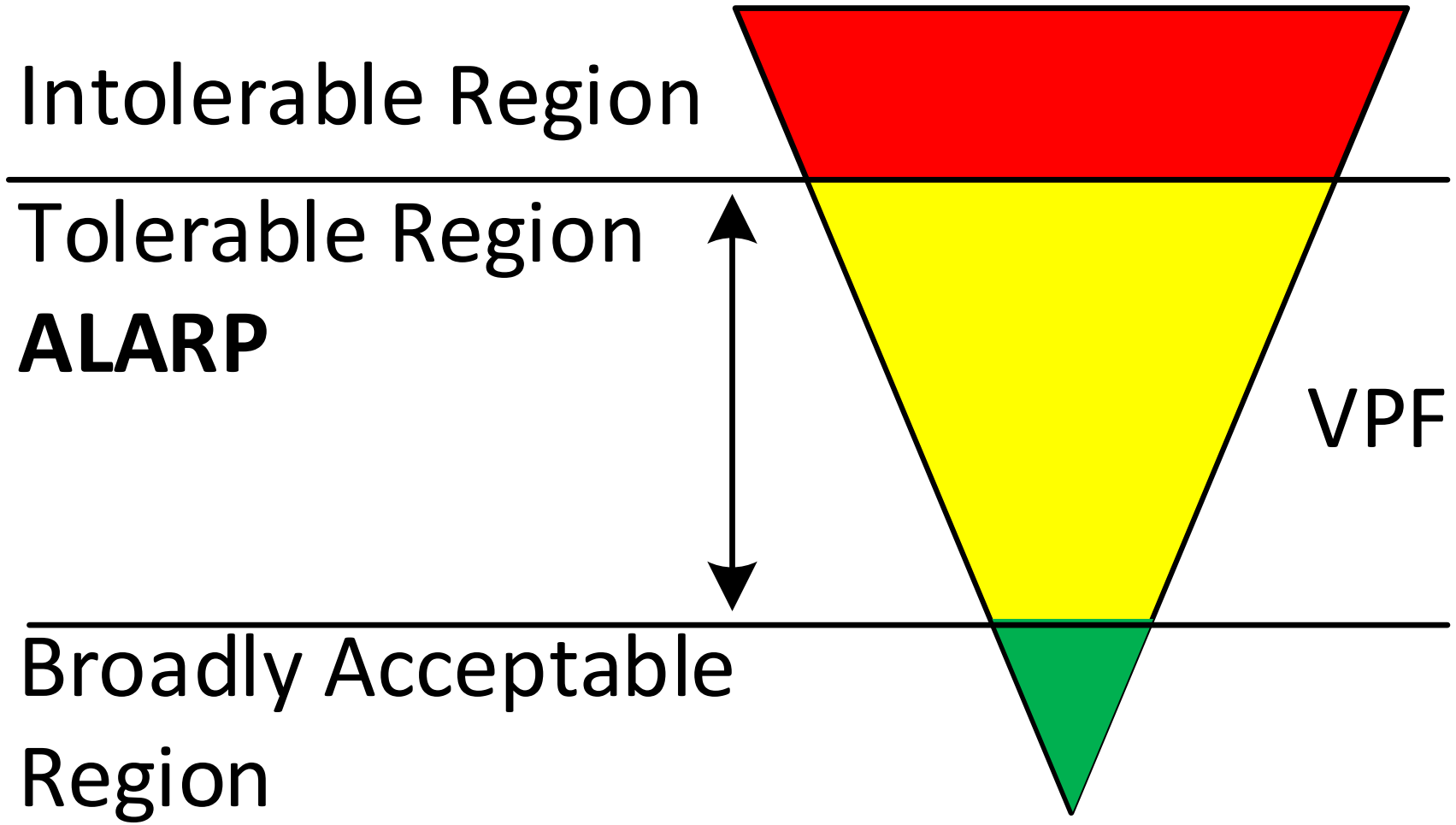
Mer om evalueringskriterier

- Risikoorienterte: f-N diagrammer, forventet # døde/MWh
- Designprinsipper
  - Fysiske barrierer, jmfr Fukushima
  - Bruk av fysiske og kjemiske "naturlover" som ikke krever "energi"
    - Tyngdekraft
    - Sirkularsjon (kjøling)
    - Fail-safe design
  - Generasjon IV

Når det virkelig går galt….



ALARP – Håndtere risiko



VPF = Value of Prevented Fatality

- Hvor mye er vi villige til å betale for risikoreduksjon?
- TØI: ~ 25 MNOK (transport)
- UK: × 3 for “multiple fatality accident”, jmfr f-N diagram

- Longyearbyen: 300 MNOK…..