



KSO Utbildning

Introduktion till kärnkraft / strålsäkerhet och djupförsvar

2023-03-29

Rikard Lindström, Avdelningschef Säkerhet, Kvalitet & Miljö

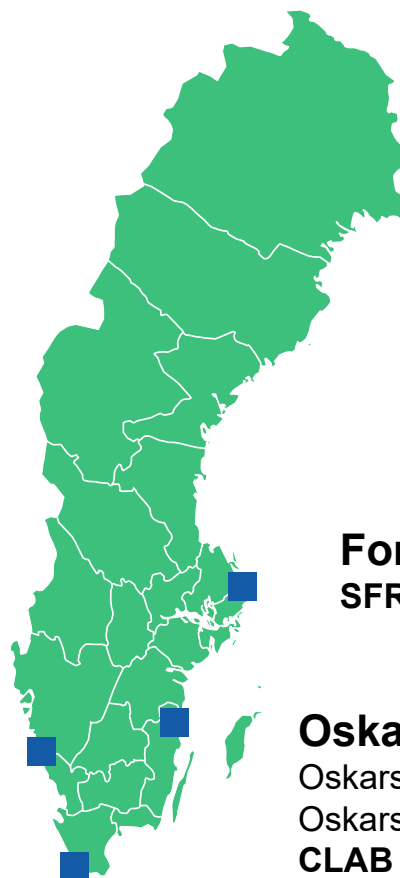
Kärnkraft i Sverige

Ringhals 1, 2, 3 och 4

Ringhals 2 stoppad under 2019
Ringhals 1 stoppad under 2020

Barsebäck 1 och 2

Barsebäck 1 stoppad 30 nov 1999
Barsebäck 2 stoppad 31 maj 2005



Forsmark 1, 2 och 3

SFR Slutförvar för radioaktivt driftavfall

Oskarshamn 1, 2 och 3

Oskarshamn 1 stoppad 17 juni 2017

Oskarshamn 2 stoppad 2015

CLAB Centralt mellanlager för använt bränsle

Ringhals 2022

Nettoproduktion: 13 972 GWh
8 % av elproduktionen i Sverige

Driftstart: 1981
Stoppas: 2041

1983
2043

1976
2020

1975
2019

1 074 MW

1 130 MW

—

—

8,152 GWh

5,820 GWh

—

—

87,7 %

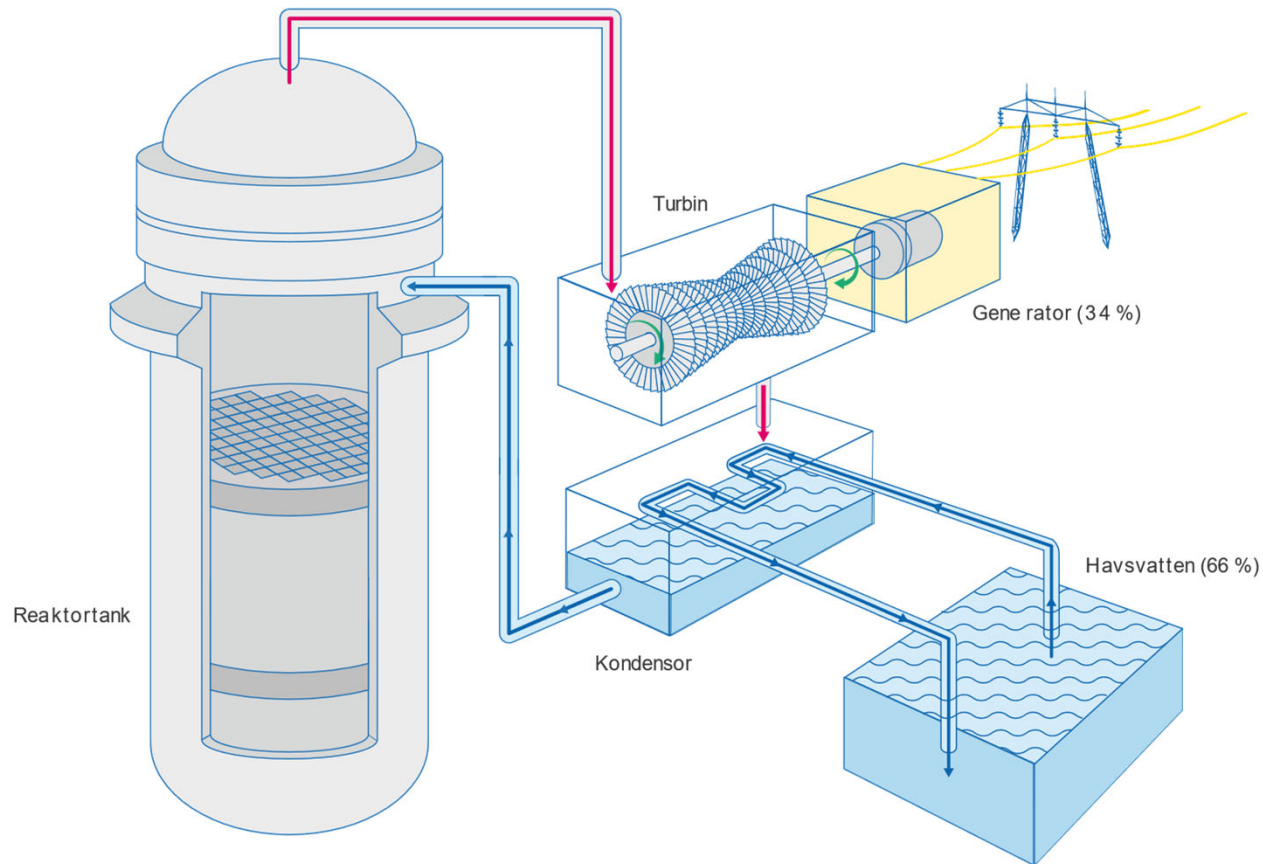
60,5 %

—

—

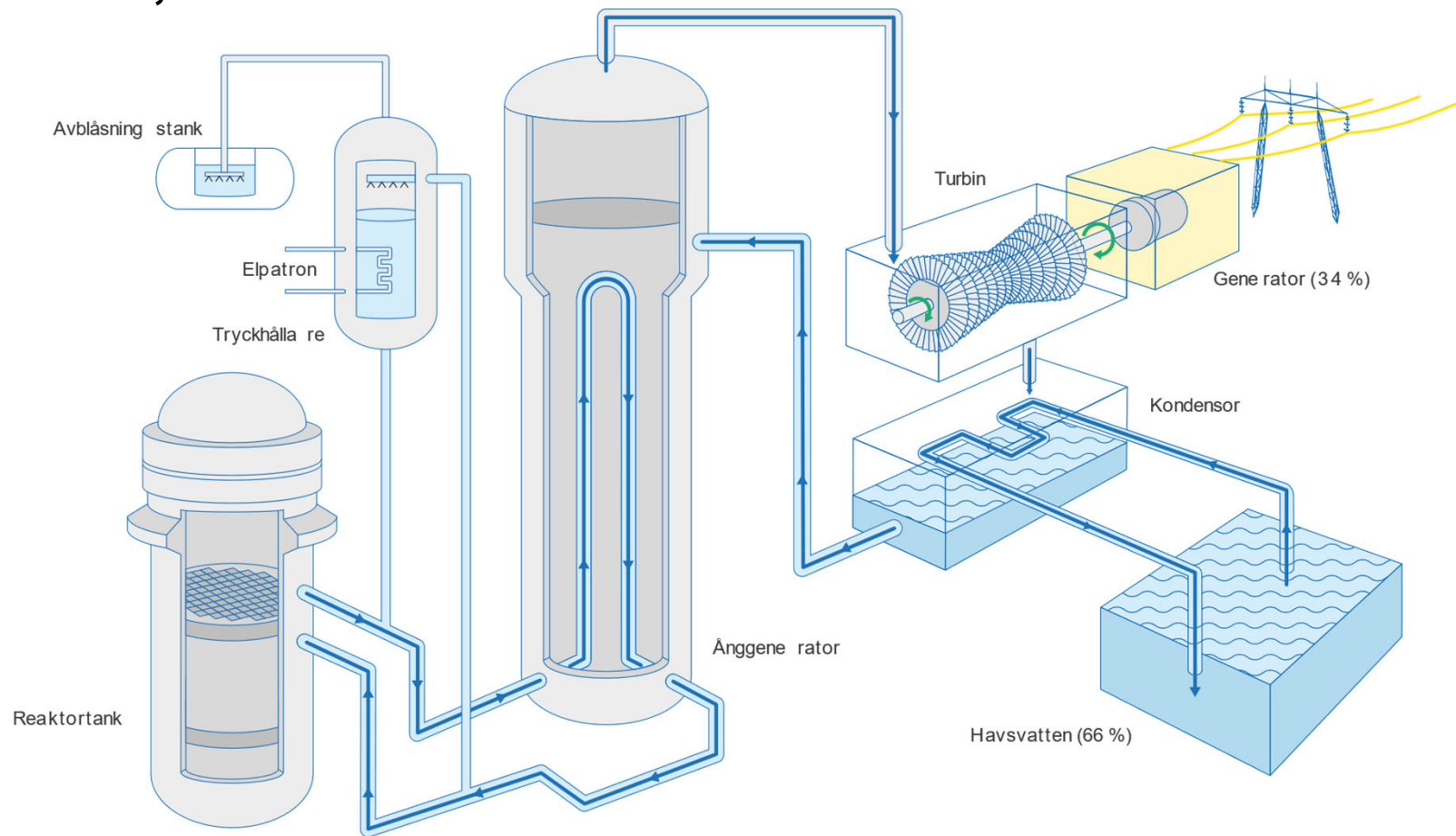
Kokvattenreaktor (BWR)

Ringhals 1, Forsmark & Oskarshamn

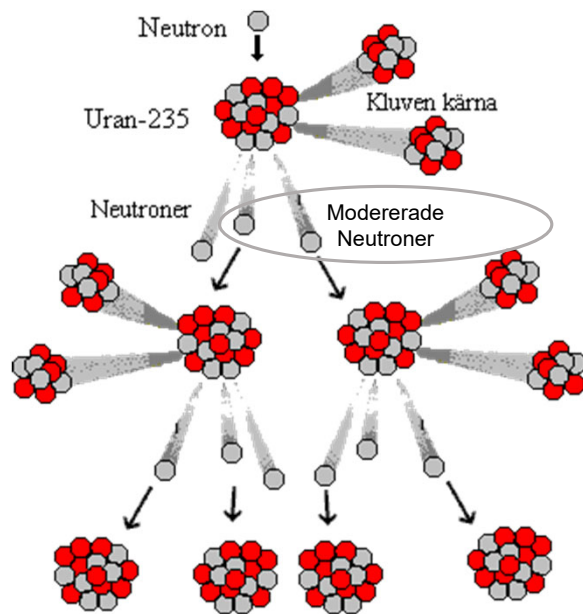


Tryckvattenreaktor (PWR)

Ringhals 2, 3 & 4



Kärnklyvning och kedjereaktion



Neutronerna som frigörs har för hög energi för att klyva nya urankärnor

- Neutronerna måste bromsas eller "modereras" för att reaktionen skall hållas vid liv, detta görs med vattenmolekyler

Neutroner fångas också in av andra material än uran

- Lagom antal måste finnas kvar för att reaktionen skall hållas vid liv
- Bor i styrstavar eller reaktorvattnet är ett mycket effektivt sätt att fånga neutroner och stoppa kedjereaktionen

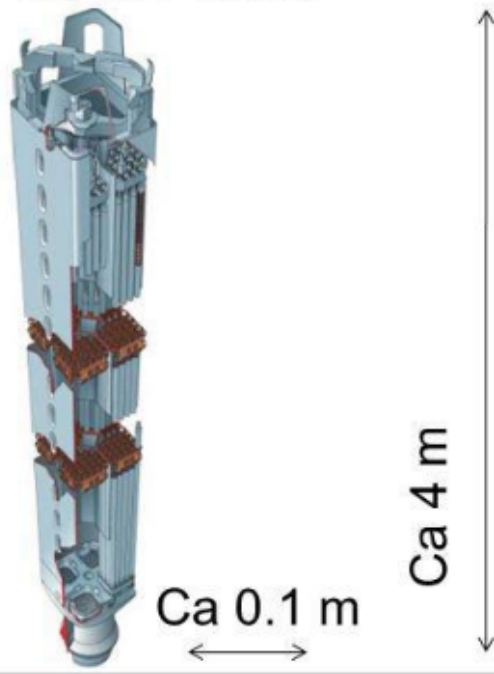
I Svenska reaktorer finns en bromsande effekt vid ökat effektuttag - viss självreglering

- Vid för hög effekt stryps kedjereaktionen

Kärnbränsle och styrstavar

BWR-bränsle

Ca 100 stavar



PWR-bränsle

Ca 300 stavar

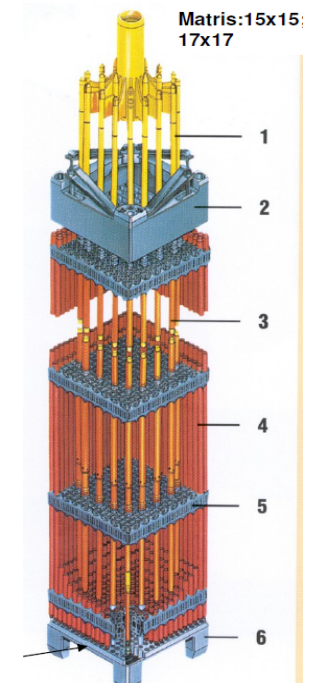


Styrstavar reglerar samt "nödstoppar"

BWR

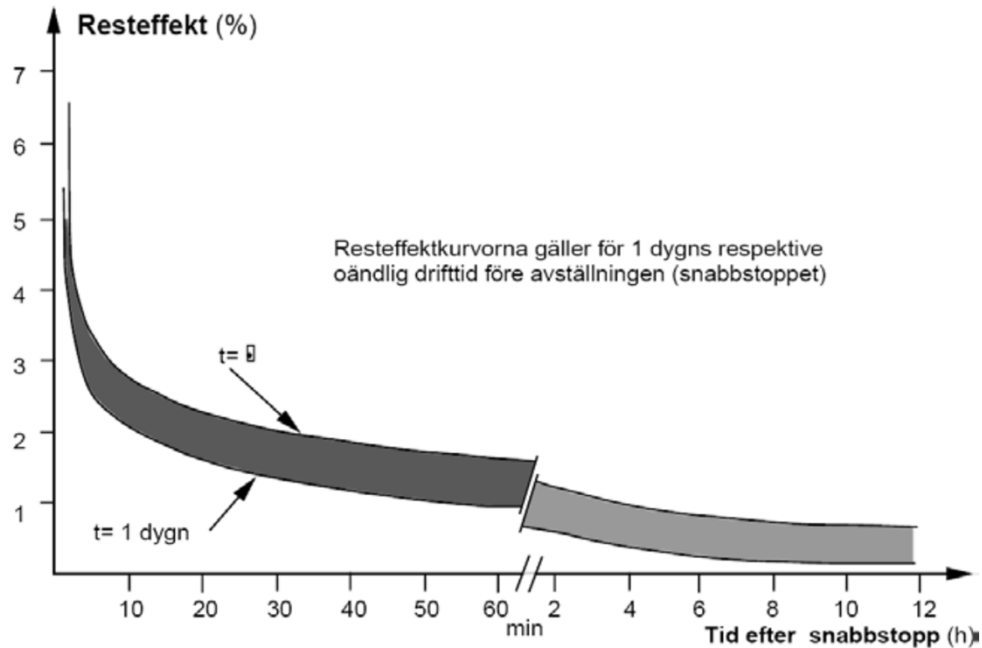


PWR



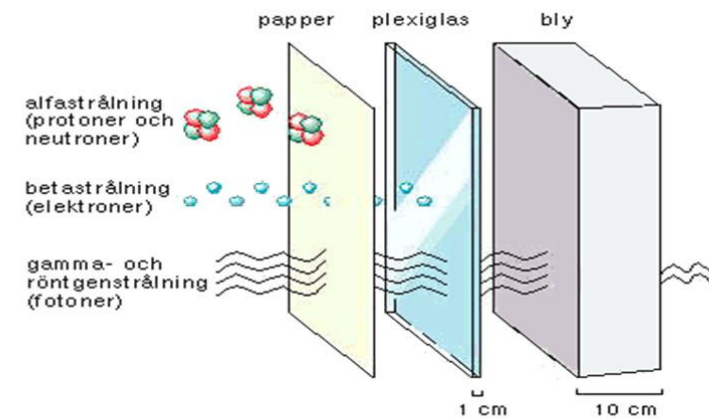
Vad är riskerna med kärnkraft?

Värme



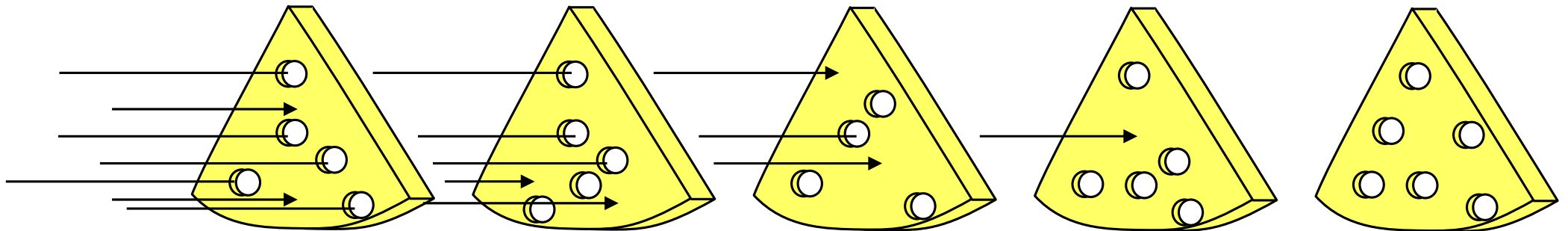
Strålning

Strålnings räckvidd



Därför finns ett barriärtänk

Ex. Rapport Sakgranskning Säkerhetsgranskning Överprövning Myndighetsgranskning
Ex. Leverantörskontroll Mottagningskontroll Montage Komponentkontroll Systemkontroll

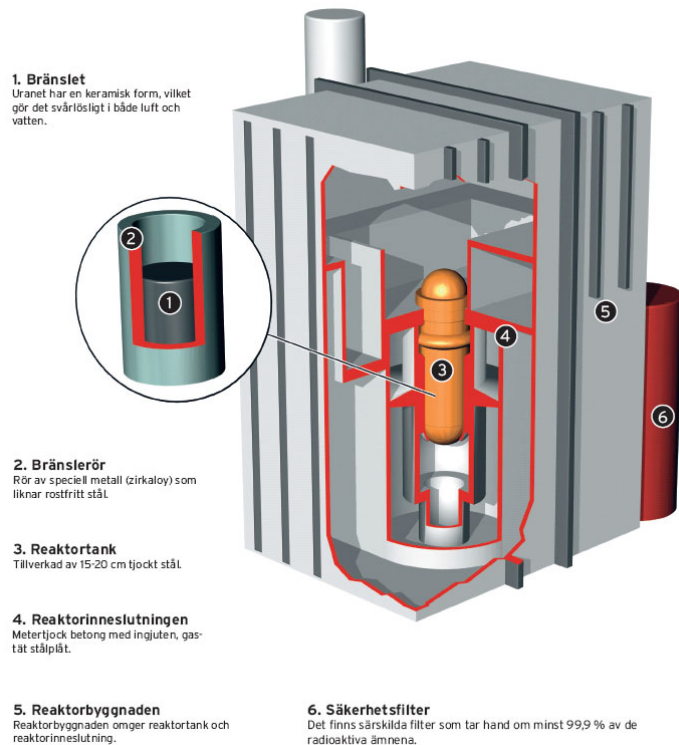


Ett antal "barriärer" som alla troligen har någon brist men sammantaget ger en hög säkerhet

Anläggningarnas fysiska barriärer

PWR

BWR



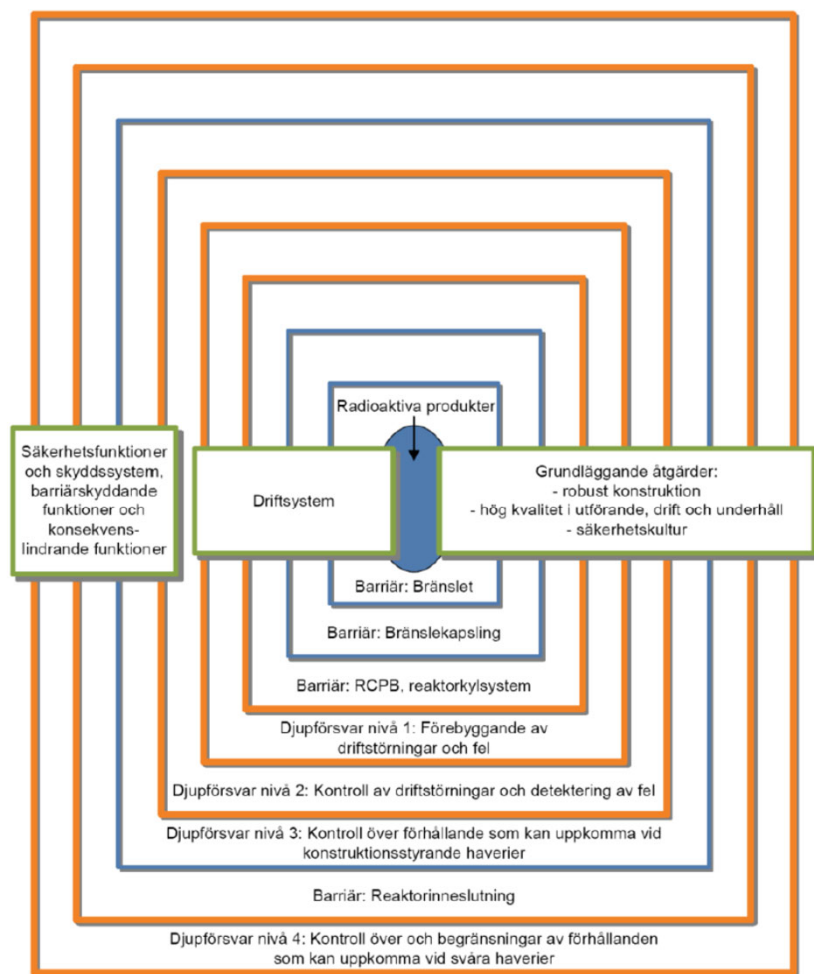
Säkerhetsfunktioner – skyddar barriärer

- **Reaktivitetskontroll ”Reaktorsnabbstopp”**
 - För att snabbt stoppa kedjereaktionen: Styrstavar och Borinsprutning
- **Härtnödkylning ”ECCS”**
 - Tillse att härden är kyld: Vatteninpumpning in i reaktorn
- **Primärsystemets integritet**
 - Tryckavsäkring av reaktorn: Vid händelser sker en temperatur- och tryckökning
- **Inneslutningsfunktion**
 - Tillse att reaktorinneslutningen är tillsluten: Skalventilstängning
 - Vid höga tryck tillse trycknedtagning: Inneslutningssprinkling
- **Resteffektbortförel**
 - Värmebortförel från primärsystemet och inneslutningen: kylkedjor till havet alternativt friblåsning av ren ånga från ånggeneratorer

Säkerhetsanalyser – inom designkrav

- **DSA - Deterministisk säkerhetsanalys**
 - Inledande händelser på känsliga delar antas (rörbrott, pumpstopp, elbortfall, brand, etc)
 - Fel ansätts sedan på mest kritiskt system/komponent (Enkelfel)
 - Operatörer ges tidsfrist på normalt minst 30 min (Rådru))
 - Anläggningen skall klara händelsen inom utsläppskrav (Frekvensberoende)
- **PSA - Probabilistisk säkerhetsanalys (Sannolikhetsbaserad)**
 - Anläggningen moduleras utifrån utformning samt felstatistik för system och komponenter
 - Fel ansätts på komponent (rörbrott, pumpstopp, elbortfall, brand etc)
 - Allt övrigt förutsätts fungera i enlighet med felstatistiken
 - Beräknar sannolikheten för skadat bränsle och omgivningskonsekvenser, dvs. riskbidraget
- **Beskrivs i anläggningens Säkerhetsredovisning (SAR)**
 - SäkerhetsTekniska driftFörutsättningar (STF) anger kravställningar för system och komponenter för att DSA skall innehållas
 - Avsteg resulterar i Rapportervärd Omständighet (RO)

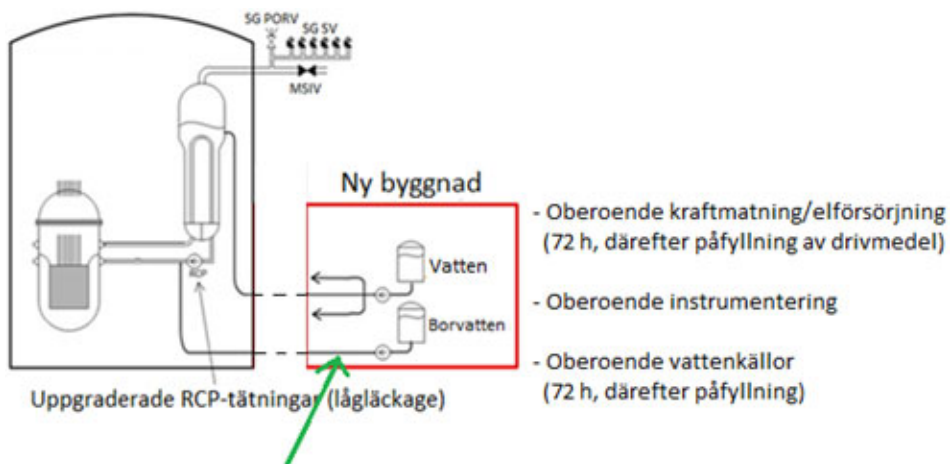
Barriärer och Djupförsvaret i praktiken



Djupförsvarsprincipen innebär flera överlappande nivåer av teknisk utrustning, operationella åtgärder och administrativa rutiner för att skydda anläggningens barriärer och vidmakthålla deras effektivitet, samt för att skydda omgivningen om barriärerna inte skulle fungera som avsett.

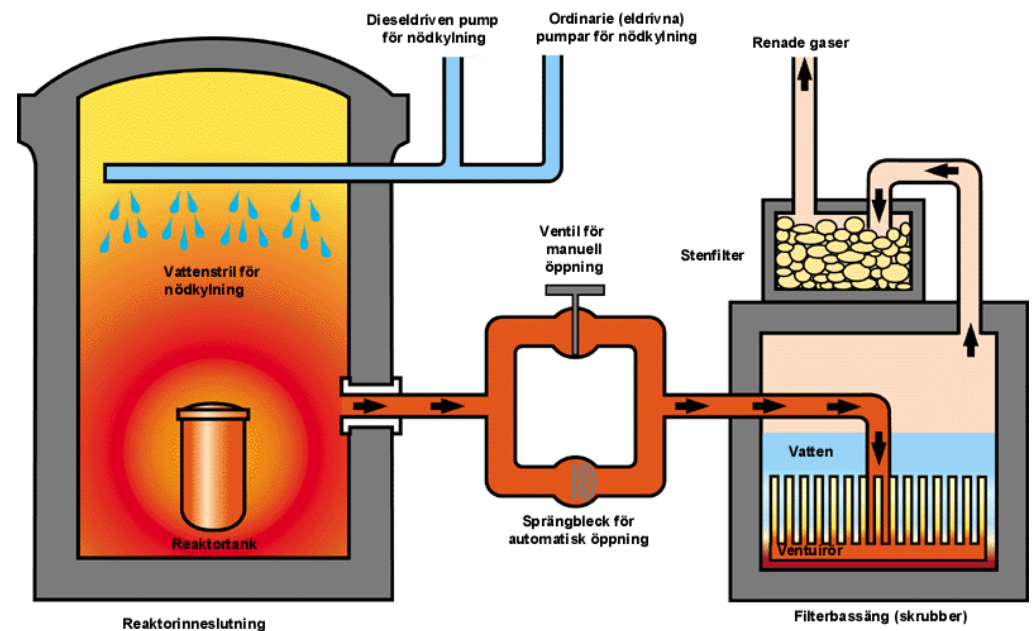
Konsekvenslindrande system

Oberoende Härdkyllning (OBH)

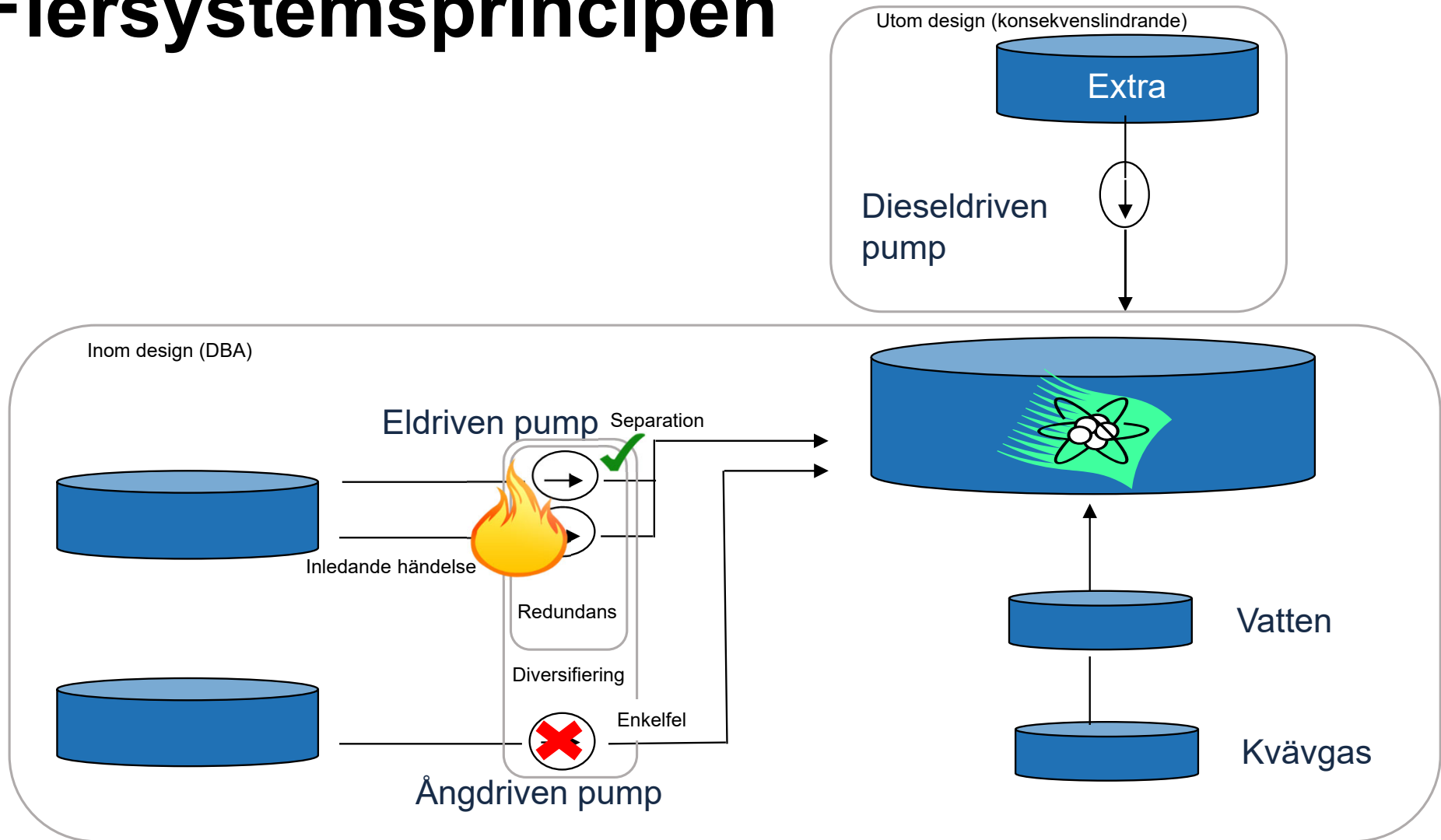


- säkerställa avstängd reaktor vid nedkyllning
- kompensera för eventuella läckage från RCS
- kunna kyla härden då primärsystemet har öppnats inför bränslebyte

”Säkerhetsfilter” (PMR)



Flersystemsprincipen



Frågor?