



ROYAL INSTITUTE
OF TECHNOLOGY



Mikä riskianalyysimenetelmä mihinkin tapaukseen

PSK Kevätseminaari 2012 —
TEKNISTEN RISKIEN HALLINTA TEOLLISUUDESSA

Jan-Erik Holmberg

Johtava tutkija, VTT

Professori, KTH Royal Institute of Technology

Sisältö

Menetelmäkysymyskö

Riskin käsite

Riskianalyysi

Menetelmistä

Riskipäätöksenteko

Riskikriteerit

Riskien vertailu

Mitä tarkoitetaan menetelmällä?

- Teoria
- Teorian soveltaminen ("käyttöohje")
- Analyysityökalut (tietokoneohjelmat)
- Menetelmän validointi
- Yhteisön hyväksyntä
- Viitedokumentit

Riskianalyysi – menetelmäkysymyskö?

- Ennen kuin tuohon voi vastata, on selvennettävä muita asioita, kuten
 - Mitä tarkoitetaan riskillä yleisesti?
 - Miksi on tarkoitus tehdä riskianalyysi?
 - Mitä tarkoitetaan riskillä kyseisessä yksittäistapauksessa
 - Mitä riskiä arvioidaan?
 - Mitä riskianalyysin sisällytetään ja mitä jätetään pois?
 - Analyysissä käytettävät perusoletukset

Riskin käsite

- ”Riski” ymmärretään eri tavoin riippuen asiayhteydestä ja kielenkäytöstä
- Tarkoittaa jotain epätoivottua
- Viittaa tiedon puutteeseen, epävarmuuteen

Ei-kvantitatiivisia riskistä

- Epätoivottu tapahtuma, joka voi tapahtua mutta ei välttämättä tapahdu
- Epätoivotun tapahtuman syy, joka voi tapahtua (siis ei itse epätoivottu tapahtuma)

Kvantitatiivinen riskin määritelmä

P = Tapahtuman todennäköisyys

C = seuraus

$E = P * C$ = odotusarvo

Erityyppisiä riskejä

- Erityyppisiä epätoivottuja seurauksia
 - Taloudelliset vahingot
 - Ympäristövahingot
 - Terveysvahingot
- Erilaisia tapahtuman kulkuja
 - Äkilliset tapahtumat
 - Pitkäaikaisvaikutus
- Riskin vapaaehtoisuus

Henkilön suhde riskiin

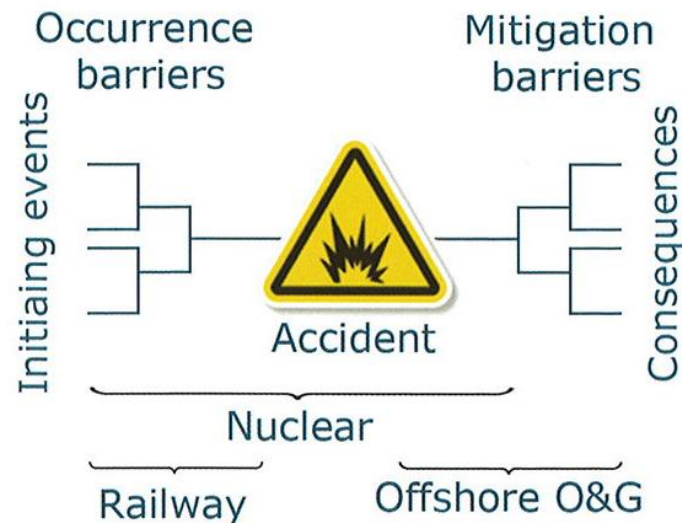
- Päätöksentekijä
 - Riskistä hyötyjä
 - Riskille altistuva
 - Asiantuntija
-
- Henkilöllä voi olla useita rooleja

Esimerkki - ydinvoima

- Voimayhtiö/luvanhaltija (omistaja, työntekijä, asiantuntija)
- Laitoksen/järjestelmän/palveluiden toimittaja (omistaja, työntekijä, asiantuntija)
- Viranomainen (päätöksenteko, asiantuntija)
- Poliitikko (lainsäädäntö, päätöksenteko)
- Kansalainen, asuu lähellä laitosta
- Kansalainen, asuu kaukana laitoksesta

Riskianalyysi

- Analyysiprosessi
- Tunnistaminen, kuvaaminen, merkityksen arviointi
- Päätöksenteon tueksi
- Riskikommunikation tueksi



Riskianalyysin perusedellytyksiä

1. Päätösvaihtoehdot on oltava tunnistettavissa
2. Analyysin kohteena olevat epätoivotut tapahtumat on oltava tunnistettavissa
3. Seuraukset oltava mitattavissa
4. Todennäköisyydet on oltava arvioitavissa
5. On oltava perusteltu syy, että odotusarvoa tai muuta mittaa käytetään riskin minimoimiseen

Riskianalyysin käytännön edellytyksiä

- Tarve olemassa
- Tilaajan tuki ja sitoutuminen
- Asiantuntijat käytettävissä
- Lähtötietojen saatavuus
- Muut resurssit, aikataulu

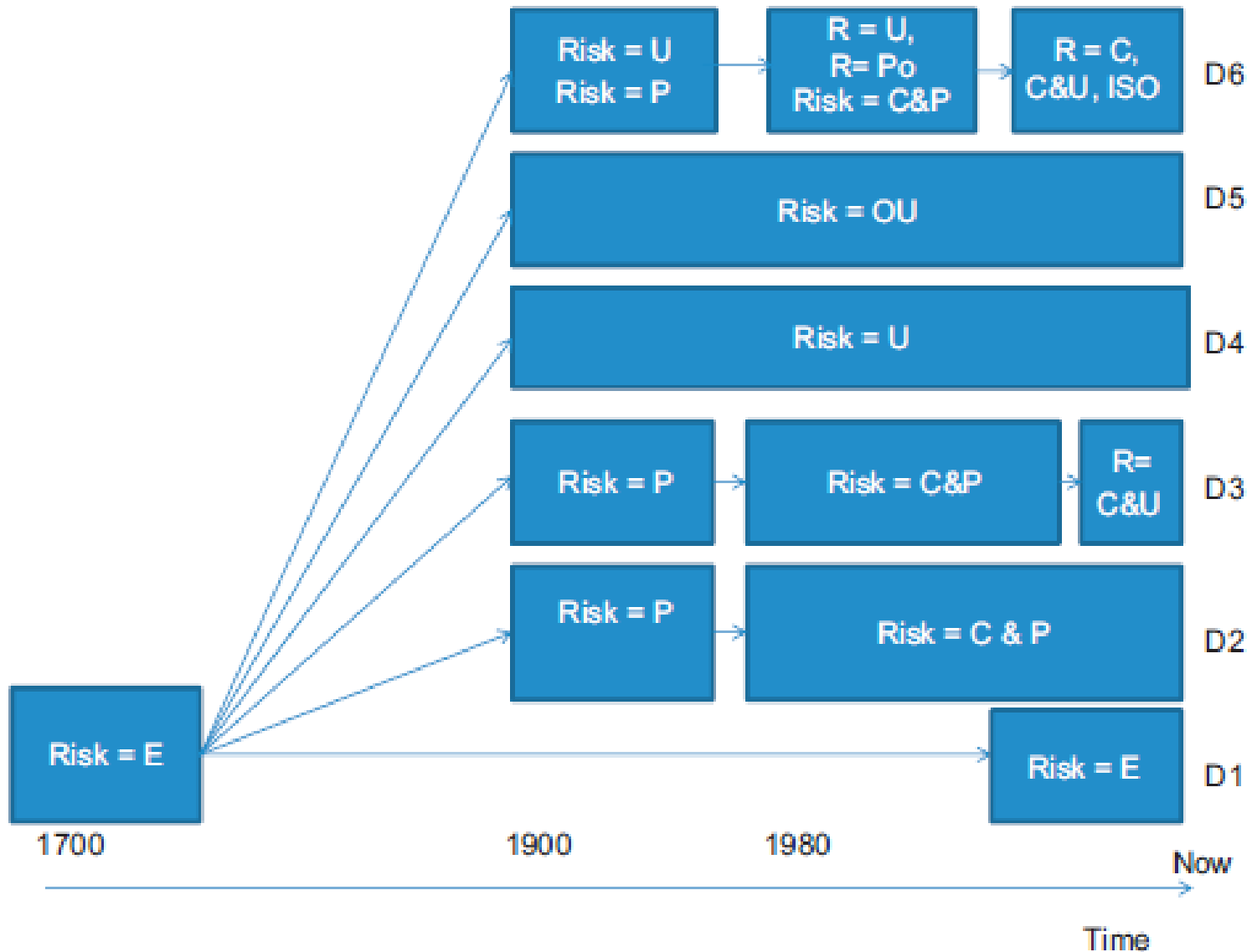
Riskianalyysin historia

- Vakuuttaminen
 - Merenkulku, maatalous (jo e.a.a)
 - Henkivakuutus (1700-)
- Luotettavuustekniikka (1930-)
 - Aseteollisuus, logistiikka
- Teknologisten järjestelmien ja infrastruktuurin riskit (1950-)
 - Viranomaisvaatimus
- Liiketaloudelliset riskit
 - Sijoittajan/omistajan vaatimus

Riskikäsitteiden kehitys

- Riskin käsite on kehittynyt ja hajaantunut ajan myötä
 - Riski = Odotusarvo $R = E$
 - Riski = Epätoivotun tapahtuman todennäköisyys $R = P$
 - Riski = Seurausten todennäköisyysjakauma $R = P \& C$
 - Riski = Seuraus ($R = C$)
 - Riski = Epävarmuus $R = U$
 - Riski = Seuraus ja siihen liittyvä epävarmuus $R = C \& U$
 - Riski = epävarmuuden vaikutus tavoitteisiin (ISO)

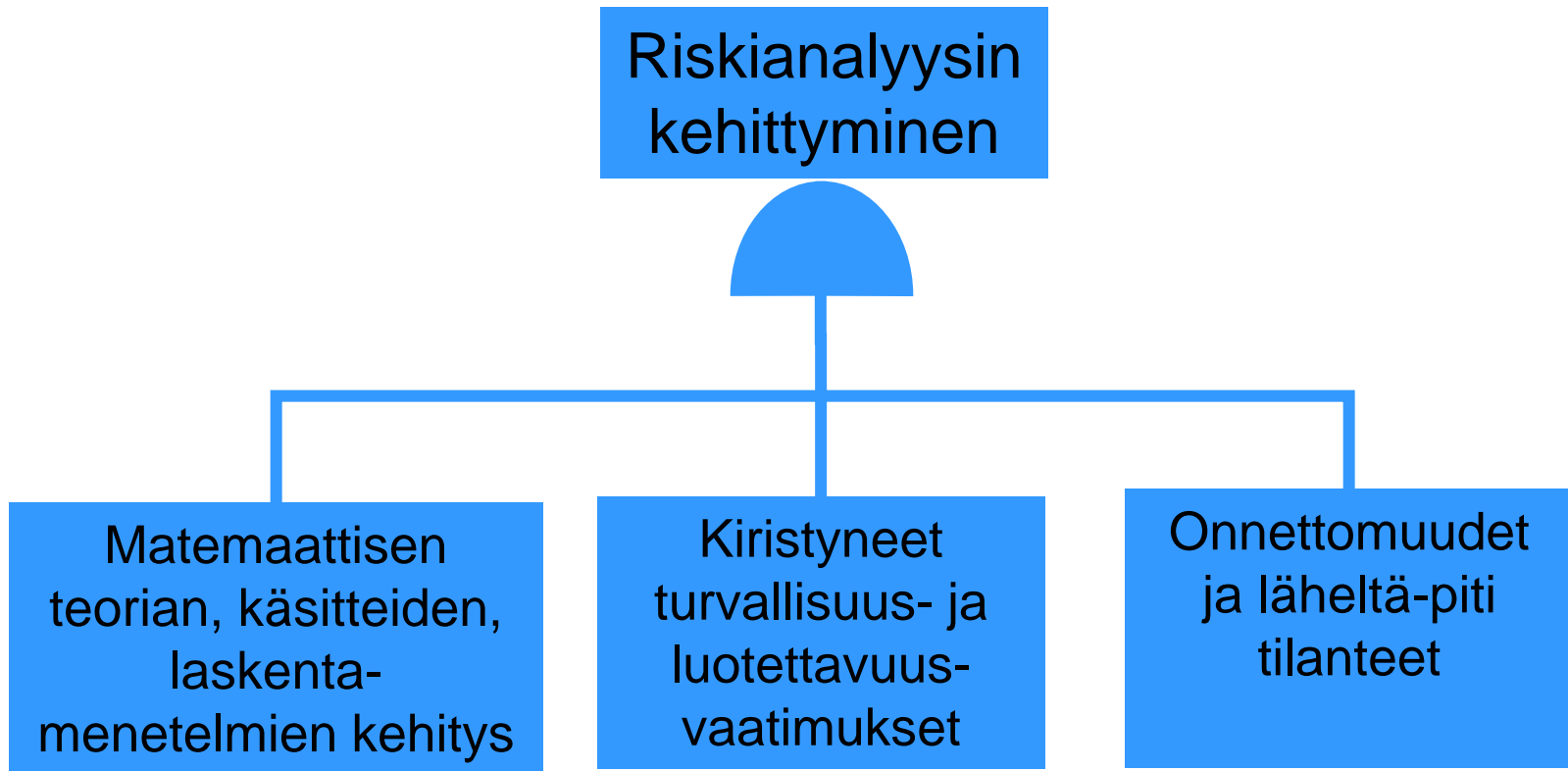
Riskikäsitteiden kehitys



Yhteenveto riskikäsitteistä

- Todennäköisyysperustaiset
 - $R = E$ (odotusarvo)
 - $R = C \& P$ (seurausten todennäköisyysjakauma)
 - Eniten käytetyt ja tunnetut
 - Voivat olla harhaanjohtavia epävarmuuksien vuoksi
- Epävarmuusperustaiset
 - $R = C \& U$ (seuraus ja epävarmuus) tai $R = C$
 - Epävarmuus kuvataan jollain muulla mitalla tai kvalitatiivisesti
 - Ei täsmällistä päätöskriteeriä
- ”Negatiiviset seuraukset” tai ”negatiiviset ja positiiviset seuraukset”

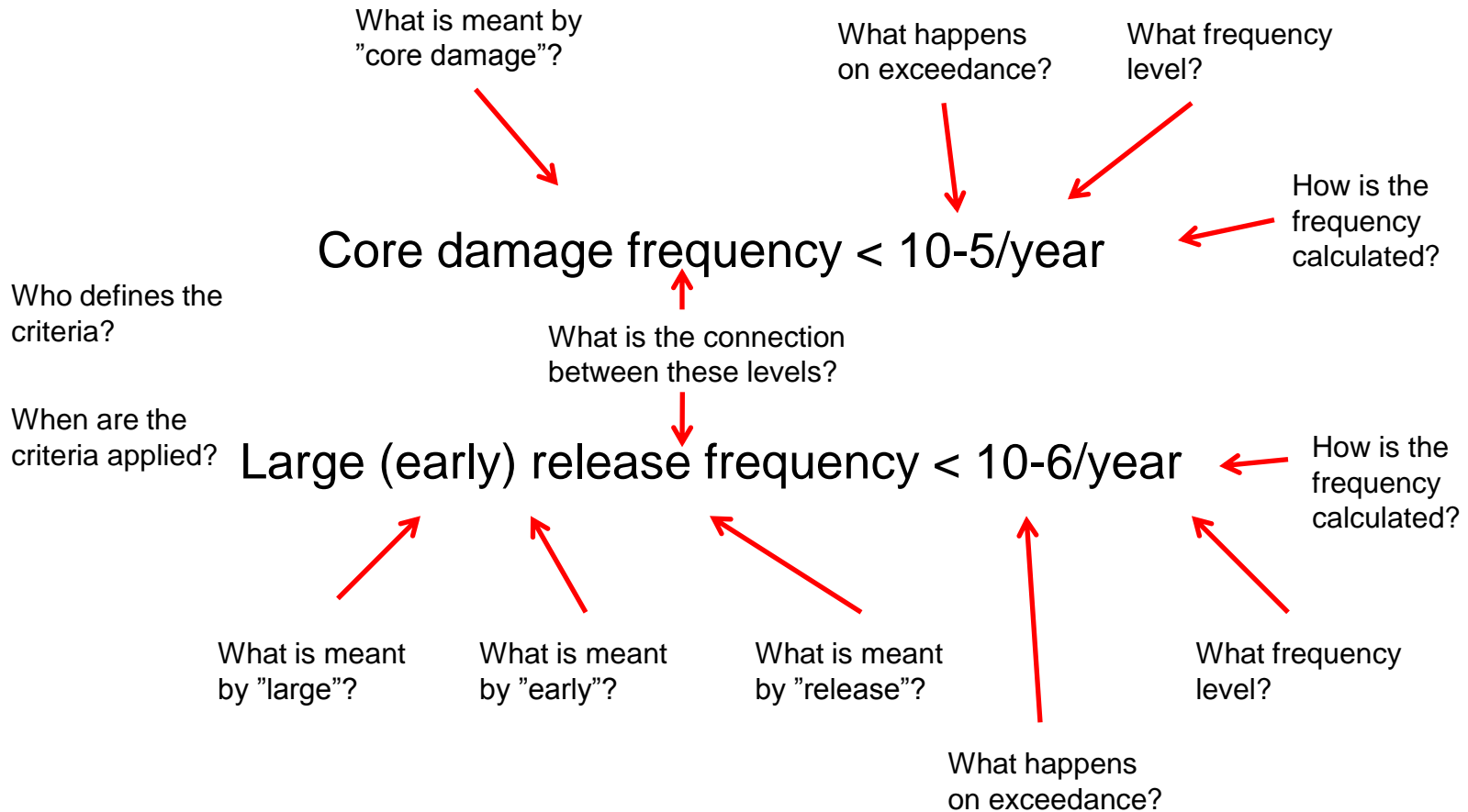
Riskianalyysimenetelmien kehitystekijät



Riskikriteerit

- ”Accidental fatality risk $< 1\text{E-}6/\text{vuosi}$ ”
- Hyväksymiskriteeri $f < f^*$
- Mikä seuraus?
- Mikä taajuus?
- Kuka päättää?
- Kuinka osoitetaan?
- Mitä jos riskikriteeriä ei täytetä?

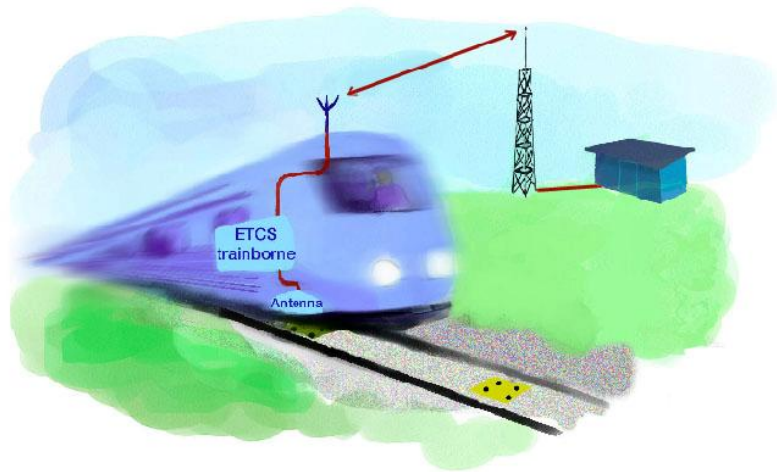
Ydinvoimalaitoksille sovellettavat riskikriteerit





Riskikriteerit Offshore

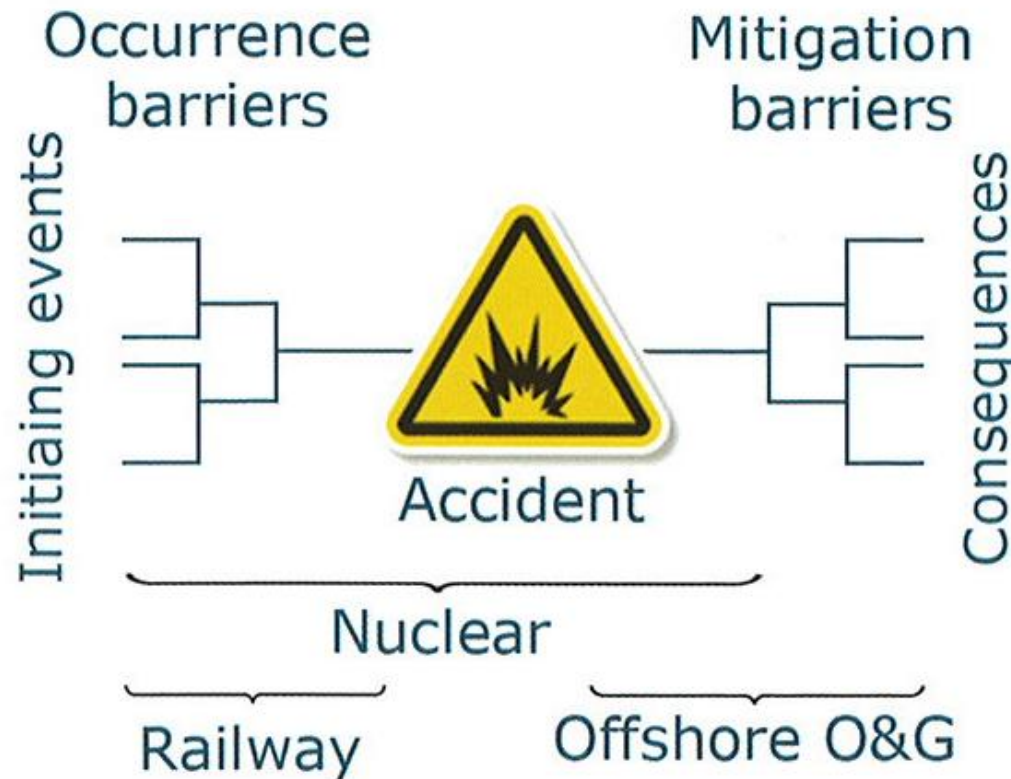
- Enemmän “läheltä piti” –tapahtumia ja onnettomuuksia kuin esim. ydinvoimapuolella
- Kriteerit liittyvät seurausten ehkäisemisen
- Kriteereitä sovelletaan laajaan joukkoon onnettomuuksia ja turvallisuustoimintoja
 - Tapahtumat: Helicopter crash, platform fire, extreme weather...
 - Turvallisuustoiminnot: Prosessin hallinta, rakenteiden lujuus, paloturvallisuus, ...
- Yli elinkaaren eri vaiheiden (suunnittelu, toteutus, käyttö, huolto, käytöstä poisto)
- Syvyysuuntaisen puolustuksen (Defence-in-depth) soveltaminen vaatimusten asettamisessa eri turvallisuustoiminnoille
- ALARP usein käytetty



Risk criteria Rautatiet

- Standardisointitarve johtuen liikenne kulkee yli rajojen
- Teollisuus on itse asettanut riskikriteerit, jotka viranomaiset ovat hyväksyneet
- Konsensus perustuen lähinnä saksalaiseen ja ranskalaiseen periaatteisiin
- Periaattee t
 - Suhteutetaan yleiseen kuolemanriskiin
 - Jatkuva turvallisuuden parantaminen
- Systemaattinen menettelytapa, kuinka näistä johdetaan alatason riskikriteerit (tolerable hazard rate (THR) for each subsystem)
- Euroopanlaajuinen hyväksyntä menettelytavalla kuinka turvallisuustasojen täytyminen osoitetaan

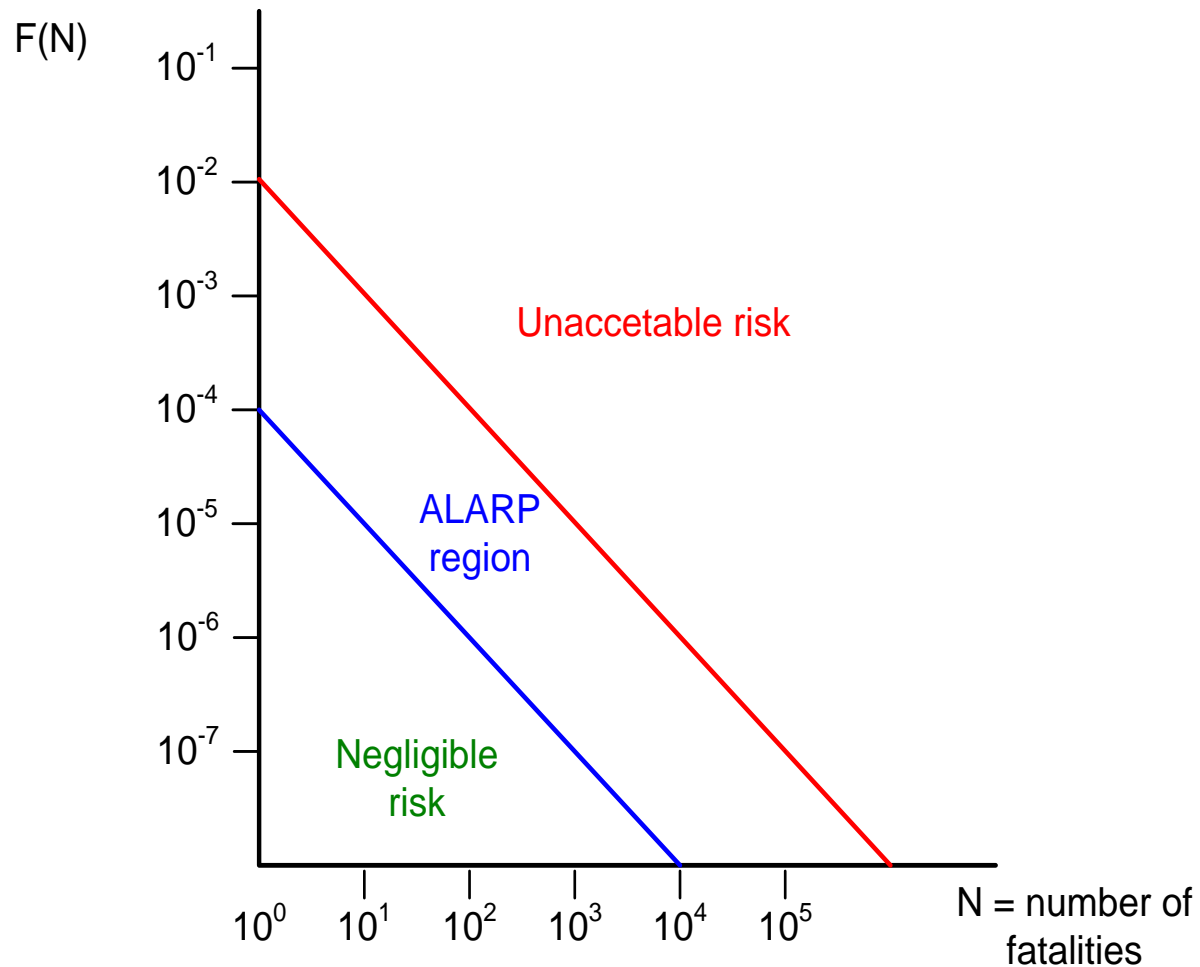
Ydinvoima – rautatiet – offshore



ALARP

- ALARA (As low as reasonably achievable)
- ALARP (As low as reasonably practicable)
- Riskiä on pienennettävä jos se on käytännössä mahdollista ja järkevää
 - Kustannus-hyöty -tarkastelu (P & C)
 - UK, USA, Kanada, Australia
- Riskivyyöhykkeet
 - Raja: $f < f_{\text{limit}}$
 - Tavoite: pyrittävä pienentämään riskiä, jos $f > f_{\text{target}}$

FN-käyrä ja ALARP



Guidelines produced by the Australian National Committee on Large Dams ANCOLD

ANCOLD RISK CRITERIA FOR DAMS

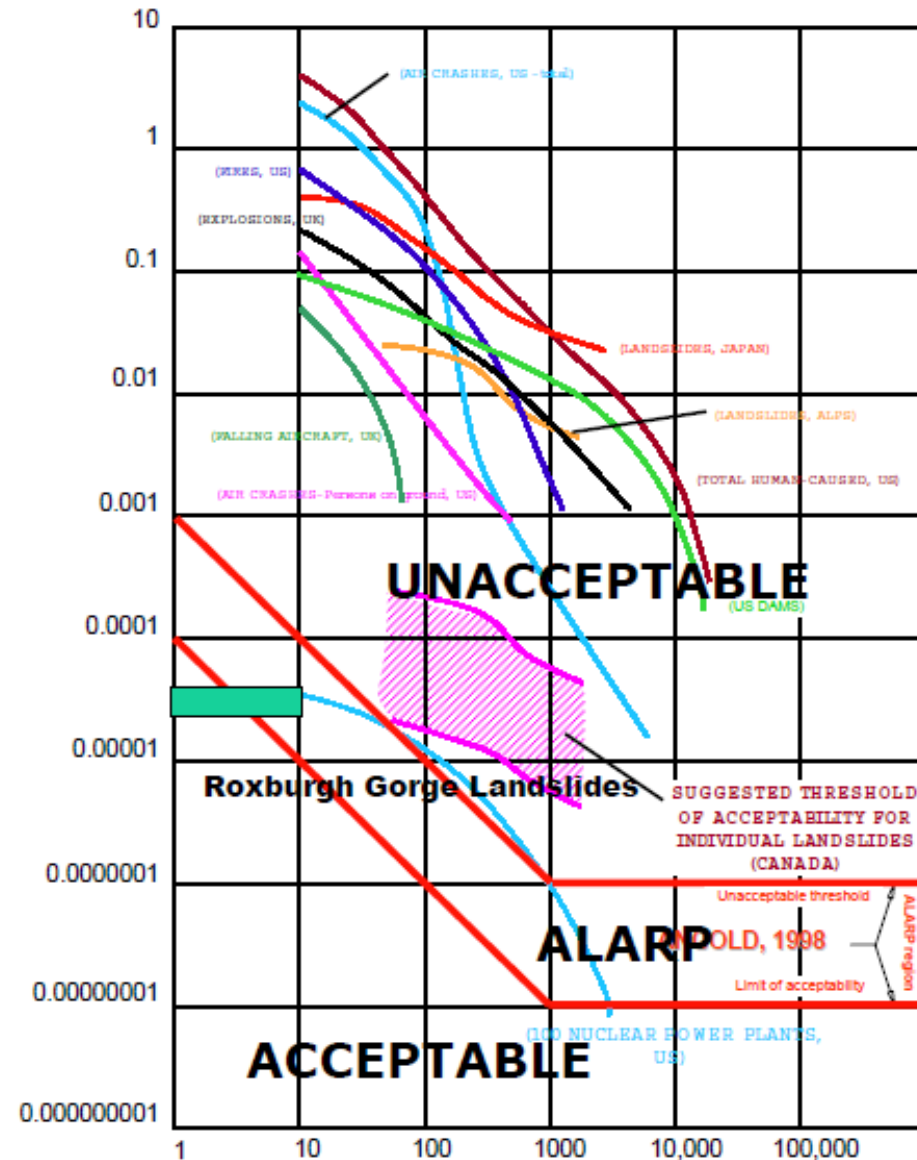
Table 1: Tentative Guidance on ALARP Justification for Risks just below the ANCOLD Limit of Tolerability

ALARP Justification Rating	Range of Cost-per-statistical life saved (A\$/life)	
	Greater than or equal to	Less than
Very strong	Zero	5
Strong	5	20
Moderate	20	100
Poor	100	

Table 2: Tentative Guidance on ALARP Justification for Risks just above the Broadly Acceptable Risk

ALARP Justification Rating	Range of Cost-per-statistical life saved (A\$/life)	
	Greater than or equal to	Less than
Very strong	Zero	1.5
Strong	1.5	6
Moderate	6	30
Poor	30	

Annual frequency (F) of events with N or more deaths



Number of Fatalities (N)

Hyväksyttävän riskin määrittelyn haasteita

- Poliittinen haaste
 - Yhteiskunnan pitää pystyä päättämään minkälaisia riskejä hyväksytään ja kantaa vastuu päätöksestä
- Juridinen kysymys
 - Mikä on turvallisuustavoitteiden laillinen asema luvituksessa?
- Tutkimusongelma
 - Kuinka saadaan objektiivista tietoa yhteiskunnan eri riskeistä?
- Tekninen haaste
 - Riskivaatimuksen täyttävän järjestelmän suunnittelu, vaatimusten täyttymisen osoittaminen

Riskianalyysin standardointi

- Tähän pyritään teollisuudessa
- Hyödyt
 - Helpompi asettaa turvallisuusvaatimuksia
 - Tulosten vertailtavuus
 - Kustannussäästö, kilpailuttaminen, helpompi kouluttaa asiantuntijoita
- Haitat
 - Tehdään vain minimivaatimuksen mukaan
 - Analyysin tekemiseen jää aina vapausasteita sekä tarve käyttää subjektiivisia arvioita (miten epävarmuuksien arviointi voidaan standardoida?)
 - Voi olla vaikea sopia standardista intressiristiriitojen vuoksi
 - Menetelmäkehitys voi pysähtyä

Menetelmien valinnasta

- Onko viranomaisvaatimusta? Alan standardit, alan käytäntö
- Onko käyttökokemuksia tai tilastoja?
- Riskianalyysin suhde muihin menetelmiin joilla turvallisuus osoitetaan (deterministinen analyysi)
- Riskianalyysin käytettävät resurssit korreloi riskin suuruuden kanssa
- Kvalitatiivinen – kvantitatiivinen
- Tunnistaminen – vertailu kriteereihin – optimointi
- Millä tavalla on mallinnettavissa?
- Kertaluontoinen – Jatkuva toimintaprosessi

Onko juomaveden pullottaminen riskittämpää kuin rikkihapon pullottaminen ?

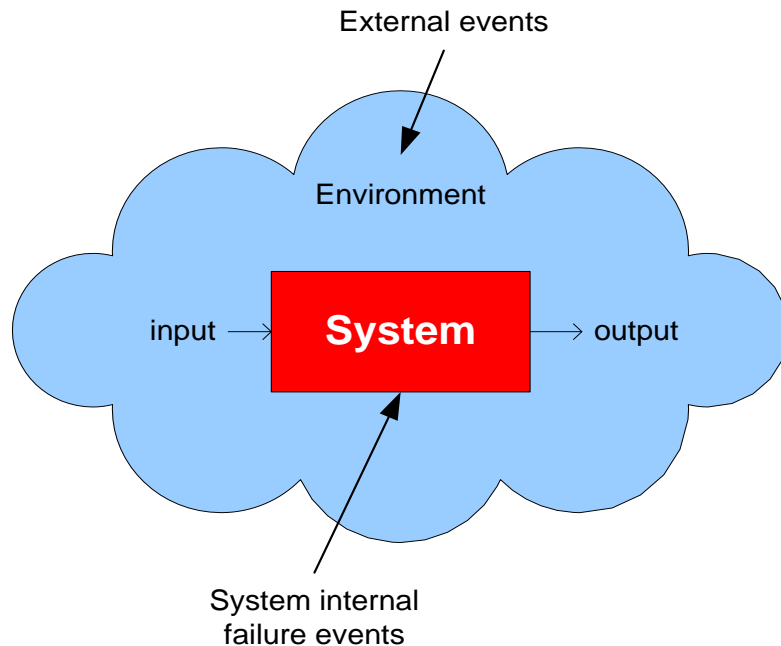
- Miksi pitäisi vertailla?
- Molempia riskejä on syytä arvioida jollain tavoin, mutta ei välttämättä samalla menetelmällä

Elintarviketeollisuus — Kemian teollisuus

Riskien vertailu

- Yleisesti kiinnostavaa vertailla yhteiskunnan riskejä ja käyttää tätä tietoa päätöksenteossa
- Hyödyllistä riskianalyysin tulosten tulkinnassa
- Mutta riskien vertailu on usein hankalaa tai jopa harhaanjohtavaa
 - Onnistuu vain jos kysymys on samanlaisista riskeistä joita on arvioitu samalla tavoin ja tässäkin tapauksessa on oltava varovainen tulkintojen suhteen

Deterministinen ja probabilistinen turvallisuuden osoittaminen



Deterministinen vaatimus:

- Postuloidut skenaariot eivät saa johtaa epätoivottuihin seurauksiin

Probabilistinen vaatimus:

- $f(\text{epätoivottu seuraus}) < f^*$

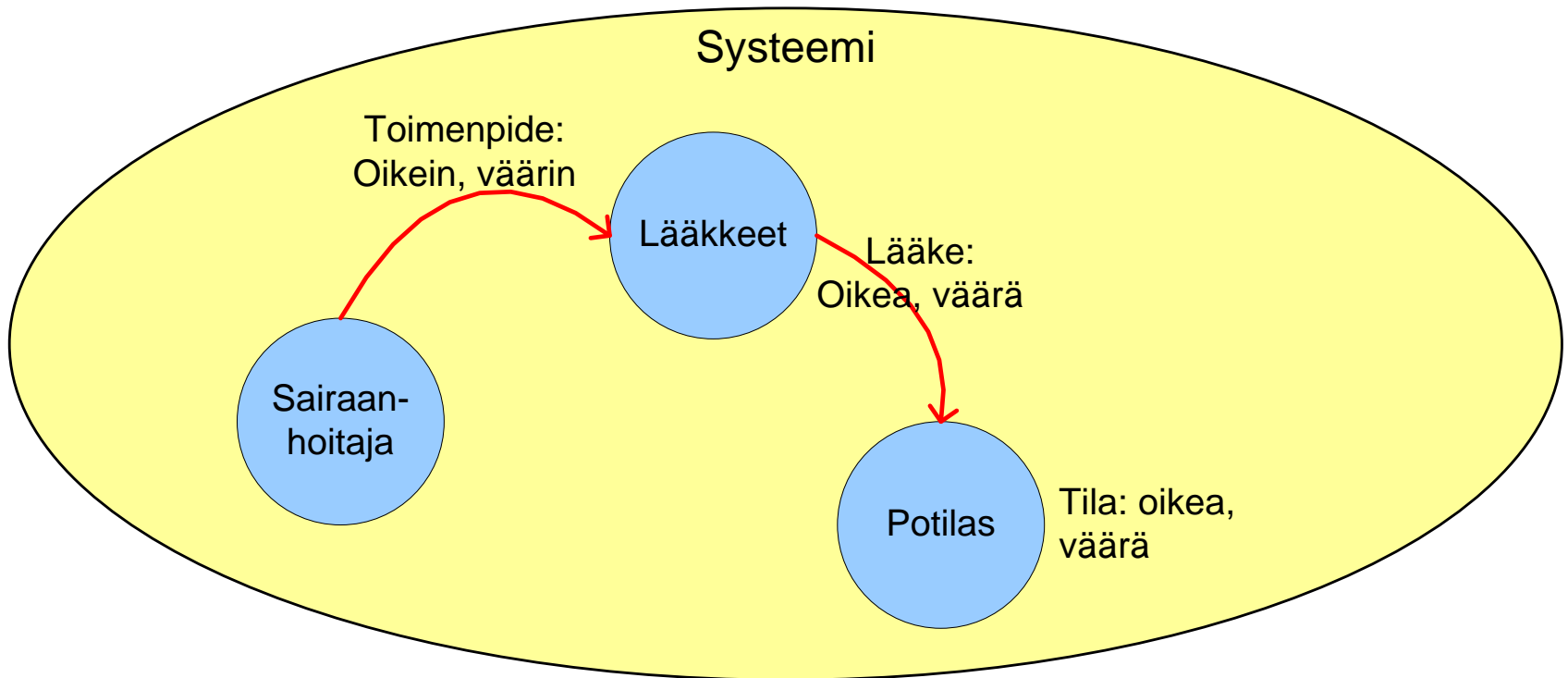
Systemeeminen näkemys

- Riskianalyysi kohdistuu johonkin systeemiin
- Mitä katsotaan kuuluvaksi systeemiin ja mitä sen ulkopuolelle?

Esimerkki - potilasturvallisuus

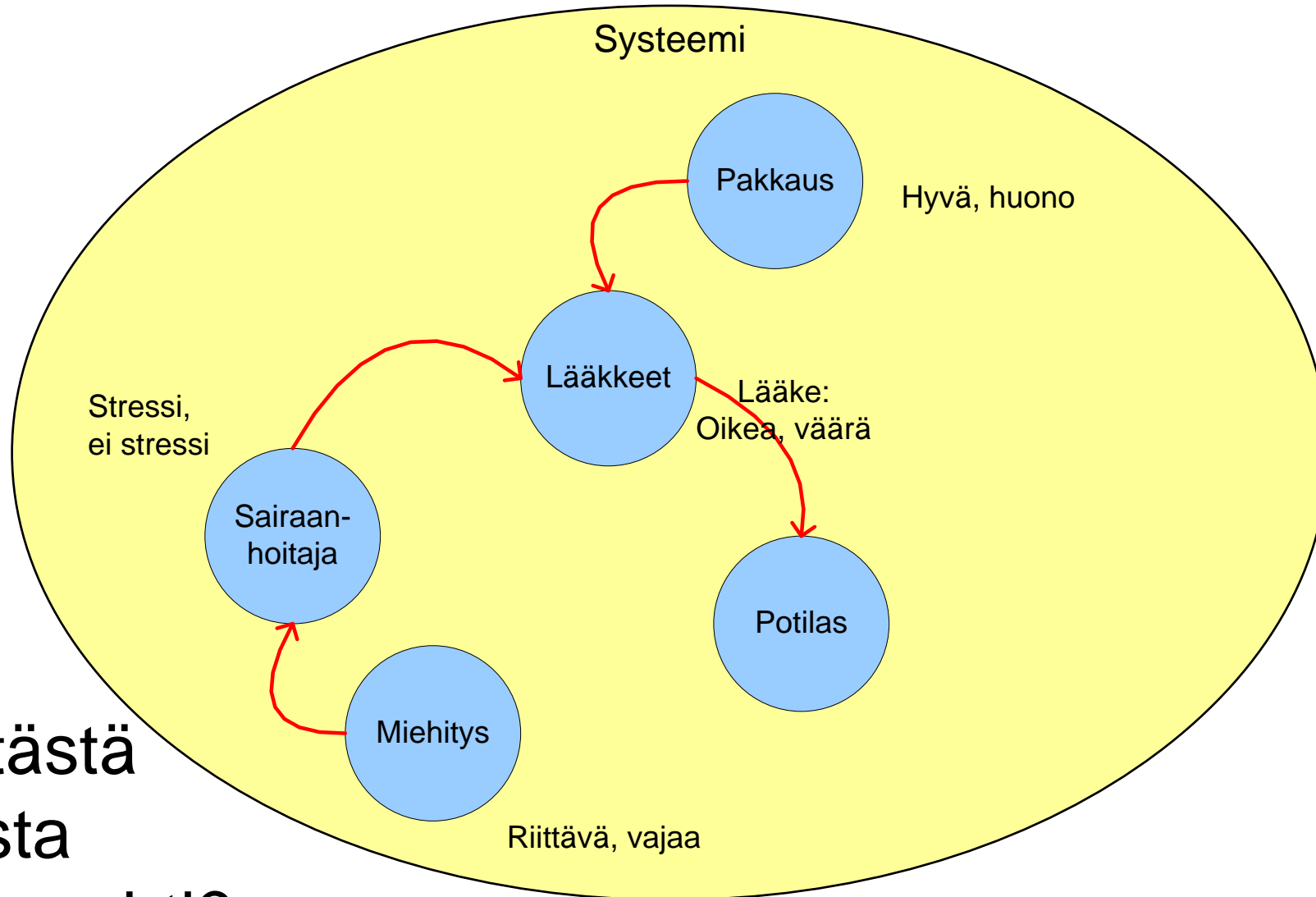
- Ongelma: tietyissä tilanteissa potilas voi saada vahingossa väärää lääkitystä
- Miten määritellään systeemi,
 - jotta voidaan ymmärtää, mitkä tekijät voivat johtaa onnettomuuteen ja
 - jotta voidaan tunnistaa parannusehdotuksia?

Alustava malli



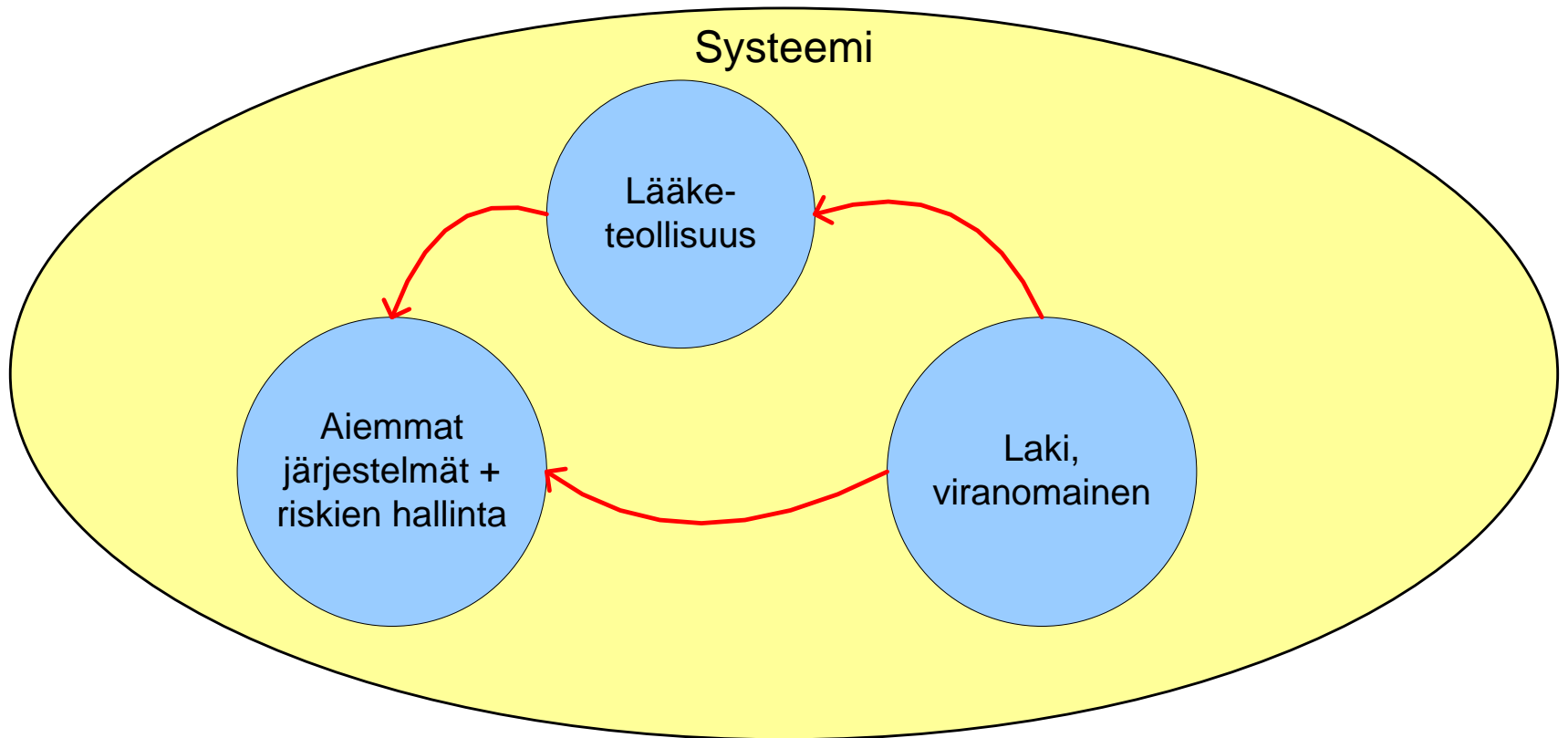
- Onko tämä riittävä kuvaus?

Malli nr 2



- Mitä tästä mallista saadaan irti?

Malli nr 3



- Entäs tästä?

Menetelmäkysymyskö?

- Menetelmällä on merkitystä, mutta ei se ole avainasia riskianalyysissä
- Teollisuudelle on eduksi sopia siitä, mitä menetelmää ja kriteereitä sovelletaan
- Tärkeää
 - Sopia riskikäsitteistä
 - Luoda edellytykset riskianalyysille
 - Määritellä ”systeemi”