

# YDINVOIMALAITOSTEN TEKNISTEN RATKAISUJEN PERUSTELEMISEKSI TEHTÄVÄT HÄIRIÖ- JA ONNETTOMUUSANALYYSIT

1	YLEISTÄ	5
2	ANALYSOITAVAT TAPAHTUMAT	5
2.1	Yleiset vaatimukset	5
2.2	Laitoksen käyttäytymistä koskevat analyysit	6
2.3	Päästöjä ja säteilyannoksia koskevat analyysit	7
3	ANALYYSIMENETELMÄT	8
4	ANALYYSSEISSÄ KÄYTETTÄVÄT OLETUKSET	8
4.1	Laitoksen käyttäytymistä koskevat analyysit	8
4.1.1	Yleiset vaatimukset	8
4.1.2	Laskentaparametrit	9
4.1.3	Järjestelmiä koskevat oletukset	9
4.1.4	Ohjaajien toiminta	9
4.1.5	ATWS-analyysit	9
4.1.6	Vakavat reaktorionnettomuudet	10
4.2	Päästöjä ja säteilyannoksia koskevat analyysit	10
4.2.1	Tapahtumat, joissa säteilyannos aiheutuu primäärijäähdytteessä olevista radioaktiivisista aineista	10
4.2.2	Suuresta primääripiirin murtumasta johtuva jäähdytteen menetys	11
4.2.3	Käytetyn polttoaineen käsittelyonnettomuudet	12
4.2.4	Vakavat reaktorionnettomuudet	13
4.2.5	Radioaktiivisten aineiden leviäminen ympäristöön	13

jatkuu

Tämä ohje on voimassa 1.2.2004 alkaen toistaiseksi.

Ohje kumoaa 18.1.1996 annetun ohjeen YVL 2.2.

Kolmas, uudistettu painos  
Helsinki 2003  
Dark Oy

ISBN 951-712-750-2 (nid.)  
ISBN 951-712-751-0 (pdf)  
ISBN 951-712-752-9 (html)  
ISSN 0783-2338

5	TULOKSILLE ASETETTAVAT HYVÄKSYMISVAATIMUKSET	13
5.1	Yleiset vaatimukset	13
5.2	Onnettomuuden varalle suunniteltujen järjestelmien toiminta	13
5.3	Laitoksen saattaminen turvalliseen tilaan	13
5.4	Laitoksen paineenhallinta	13
5.5	Polttoainevauriot	14
5.6	Suojarakennuksen kestävyys	14
5.7	Päästöt ja säteilyannokset	14
6	MÄÄRITELMIÄ	15

---

# Valtuutusperusteet

Säteilyturvakeskus antaa ydinenergian käytön turvallisuutta, turva- ja valmiusjärjestelyjä sekä ydinmateriaalien valvontaa koskevat yksityiskohtaiset määräykset seuraavien lakien ja määräysten nojalla:

- ydinenergialain (990/1987) 55 §:n 2 momentin 3 kohta
- ydinvoimalaitosten turvallisuutta koskevan valtioneuvoston päätöksen (395/1991) 29 §
- ydinvoimalaitosten turvajärjestelyjä koskevan valtioneuvoston päätöksen (396/1991) 13 §
- ydinvoimalaitosten valmiusjärjestelyjä koskevan valtioneuvoston päätöksen (397/1991) 11 §
- ydinvoimalaitosten voimalaitosjätteiden loppusijoituksen turvallisuutta koskevan valtioneuvoston päätöksen (398/1991) 8 §
- käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen turvallisuutta koskevan valtioneuvoston päätöksen (478/1999) 30 §.

# Soveltamissäännöt

YVL-ohjeen julkaiseminen ei sinänsä muuta Säteilyturvakeskuksen ennen ohjeen julkaisemista tekemiä päätöksiä. Vasta kuultuaan asianosaisia Säteilyturvakeskus antaa erillisen päätöksen siitä, miten uutta tai uusittua YVL-ohjetta sovelletaan käytössä tai rakenteilla oleviin ydinlaitoksiin ja luvanhaltijoiden toimintoihin. Uusiin ydinlaitoksiin ohjeita sovelletaan sellaisenaan.

Kun Säteilyturvakeskus harkitsee YVL-ohjeissa esitettyjen, uusien turvallisuusvaatimuksien soveltamista käytössä tai rakenteilla oleviin ydinlaitoksiin, se ottaa huomioon valtioneuvoston päätöksen (395/1991) 27 §:ssä säädetyn periaatteen. Sen mukaan *turvallisuuden edelleen parantamiseksi on toteutettava sellaiset toimenpiteet, joita käyttökokemukset ja turvallisuustutkimukset sekä tieteen ja tekniikan kehitys huomioon ottaen voidaan pitää perusteltuina.*

Jos halutaan poiketa YVL-ohjeessa esitetystä vaatimuksista, on Säteilyturvakeskukselle esitettävä muu hyväksyttävä menettelytapa tai ratkaisu, jolla saavutetaan YVL-ohjeessa esitetty turvallisuustaso.



# 1 Yleistä

Ydinvoimalaitosten turvallisuutta koskevat yleiset määräykset esitetään valtioneuvoston päätöksessä (395/1991). Keskeisenä turvallisuusperiaatteena on odotettavissa olevien käyttöhäiriöiden ja oletettujen onnettomuuksien huomioiminen laitoksen suunnittelussa. Periaate edellyttää reaktorin ja sen jäähdytysjärjestelmän suunnittelua siten, että laitos voidaan hyvällä varmuudella pitää turvallisessa tilassa näissä tilanteissa. Se edellyttää myös, että laitos varustetaan sellaisilla luotettavilla turvallisuusjärjestelmillä, jotka ovat toimintaperiaatteiltaan passiivisia tai jotka käynnistyvät tarvittaessa. Odotettavissa olevien käyttöhäiriöiden ja oletettujen onnettomuuksien lisäksi on varauduttava vakavien reaktorionnettomuuksien mahdollisuuteen.

Valtioneuvoston päätöksen (395/1991) 6 §:n mukaisesti turvallisuusmääräysten täyttäminen on osoitettava tarvittaessa kokeellisin ja laskennallisin menetelmin. Tässä ohjeessa esitetään ydinvoimalaitoksen häiriö- ja onnettomuusanalyysijä koskevat vaatimukset. Analyysien avulla tutkitaan laitoksen käyttäytymistä, mahdollisia päästöjä ja näistä aiheutuvia säteilyannoksia laitoksen suunnitteluperusteina käytetyissä tapahtumissa. Analyyseillä perustellaan sitä, kuinka hyvin laitoksen tekniset ratkaisut täyttävät ennalta määritellyt turvallisuusvaatimukset. Analyysien avulla varmistutaan mm. seuraavista asioista:

- Reaktori ja sen jäähdytysjärjestelmä eivät sisällä ominaispiirteitä, jotka pahentaisivat merkittävästi häiriöitä tai onnettomuuksia.
- Turvallisuusjärjestelmät täyttävät niille asetetut vaatimukset.
- Turvallisuusjärjestelmien käynnistyminen tapahtuu oikeissa tilanteissa ja sopivalla hetkellä.
- Suunnittelussa huomioon otettavat tapahtumat eivät aiheuta kuormituksia tai olosuhteita, jotka todennäköisesti johtaisivat lisävaurioihin ja sitä kautta tilanteen pahentumiseen.
- Laitoksen ympäristön väestön säteilyannoksia rajoitetaan riittävillä radioaktiivisten aineiden leviämistä estävillä järjestelmillä ja rakenteilla.

Säteilyturvakeskus tarkastaa laitoksen turvallisuutta koskevat analyysit ja niiden riittävyyden samalla kun se käsittelee ydinvoimalaitosten rakentamis- ja käyttöluvapahakemukset. Analyysien keskeiset tulokset esitetään alustavassa ja lopullisessa turvallisuusselosteessa. Tarkemmat tiedot analyyseissa käytetyistä oletuksista ja laskentamenetelmistä voidaan esittää joko turvallisuusselosteessa tai aihekohtaisissa raporteissa.

Rakentamislupaa varten tehdyissä analyysissä tarkastellaan erityisesti niitä laitospiirteitä, joita on vaikeaa muuttaa suunnittelun edetessä. Turvallisuusjärjestelmien toteutuksesta voidaan tehdä yksinkertaistavia oletuksia. Käyttölupaa varten analyysit täydennetään, ja tällöin niissä kuvataan laitoksen rakenne mahdollisimman tarkoin toteutusta vastaavana.

Ohjeessa YVL 1.1 käsitellään yksityiskohtaisesti ydinvoimalaitoksen rakentamis- ja käyttöluvamennettelyä ja Säteilyturvakeskuksen suorittamaa valvontaa.

## 2 Analysoitavat tapahtumat

### 2.1 Yleiset vaatimukset

Analyysit tulee kohdistaa tapahtumiin, jotka luonteeltaan ja vakavuudeltaan kattavat mahdollisimman hyvin erityyppiset häiriöt ja onnettomuudet. Tapahtumien edustavuuden kannalta on olennaista, että laitoksen rakenteesta ja käytötavoista johtuva ominaiskäyttäytyminen tulee kattavasti selvitettyksi ja että kunkin turvallisuustoiminnon ja -järjestelmän tehtävää ja mitoitusta eniten rajoittavat tapahtumat analysoidaan.

Kohdassa 2.2 esitetään vaatimuksia laitoksen käyttäytymistä koskevista analyyseista. Näissä analyyseissä tutkitaan tapahtumien ajallista kulkua, ja niiden tuloksia koskevat hyväksymisvaatimukset esitetään kohdissa 5.1–5.5. Kohdassa 2.3 käsitellään analyysijä, jotka koskevat päästöjä ja ympäristön säteilyannoksia. Niiden tuloksille esitetään hyväksymisvaatimukset kohdassa 5.6. Niissä on tarkoituksenmukaista käyttää yleisempiä lähtöoletuksia, jotka kattavat samalla kertaa useita erilaisia tapahtumia. Säteilyannoksia koskevat analyysit

eivät välttämättä liity suoraan niihin tapahtumiin, joita käsitellään laitoksen käyttäytymistä koskeissa analyyseissa.

## 2.2 Laitoksen käyttäytymistä koskevat analyysit

### Odotettavissa olevat käyttöhäiriöt ja oletetut onnettomuudet

Analysoitavat tapahtumat on jaettava kolmeen luokkaan seuraavasti:

1. Odotettavissa olevat käyttöhäiriöt, joiden taajuus on vähintään  $10^{-2}$ /vuosi.
2. Oletetut onnettomuudet
  - a. luokan 1 oletetut onnettomuudet, joiden taajuus on  $10^{-3}$ ... $10^{-2}$ /vuosi.
  - b. luokan 2 oletetut onnettomuudet, joiden taajuus on pienempi kuin  $10^{-3}$ /vuosi.

Kukin tapahtuma on luokiteltava ensi sijassa sen perusteella, mikä on alkutapahtuman arvioitu taajuus. Luokittelussa tulee ottaa huomioon yksittäiset alkutapahtumat, tapahtumat, joihin alkutapahtuman lisäksi sisältyy lisävikoja tai ohjaajan virhetoiminta, sekä ohjeen YVL 2.7 mukaiset yhteisvikojen hallintaan liittyvät tapahtumat. Tällöin luokan 2 oletettuina onnettomuuksina tulee käsitellä myös odotettavissa olevat käyttöhäiriöt, joiden yhteydessä reaktorin pikasulku ei onnistu (ns. ATWS-tapahtumat). Tässä ohjeessa pelkästään oletetuille onnettomuuksille esitetyt vaatimukset koskevat kumpaakin onnettomuusluokkaa.

Odotettavissa olevien käyttöhäiriöiden ja oletettujen onnettomuuksien ajallinen kulku tulee analysoida niin, että lähdetään tilanteen käynnistävistä alkutapahtumista ja päädytään turvalliseen ja vakaaseen käyttötilaan. Laitoksen on oletettava olevan tapahtuman alkuhetkellä tuotantokäytössä nimellistehollaan, ellei jokin muu käyttötila ole seurauksiltaan parempi. Tehon säädön epätarkkuus on otettava huomioon. Mikäli pahinta alkutilaa ei voida luotettavasti päätellä, tulee analysoida saman alkutapahtuman seuraukset useammassa käyttötiloissa (esimerkiksi erilaisilla tehoilla tai polttoaineen palamilla). Alkutilan valinnassa on otetta-

va huomioon seurausten mahdollinen herkkyys vikaoletuksille, laskentaparametreille ja laskentamalleille. Analysoitaviksi tapahtumiksi on valittava tilanteita, jotka

- aiheuttavat merkittävän muutoksen johonkin pääprosessin olennaiseen parametriin reaktorin ollessa käynnissä, tai
- estävät laitoksen normaalin alasajon, tai
- vaarantavat reaktorin alikriittisyyden tai jälkilämmön poiston reaktorin ollessa normaalilla tavalla sammutettuna.

Esimerkkejä alkutapahtumista ovat viat, joiden seurauksena on

- tehokäytön, käyttötilan muutoksen, latauksen ja/tai seisokin aikana tapahtuva vuoto primääripiiristä
- vuoto sekundääripiiristä (painevesireaktori)
- vuoto primääripiiristä sekundääripiiriin (painevesireaktori)
- häiriö reaktorin tehon säädössä tai muu häiriö, joka aiheuttaa muutoksen reaktiivisuuteen
- häiriö primääripiirin virtauksessa, paineen säädössä tai vesitilavuuden säädössä
- häiriö höyryn paineessa tai virtauksessa
- häiriö syöttöveden virtauksessa tai lämpötilassa.

Tyypillisiä esimerkkejä alkutapahtuman lisäksi tarkasteltavista lisävioista ja ohjaajien virhetoiminnoista ovat

- yhteyden menetys ulkoiseen sähköverkkoon
- onnettomuuden kuluessa avautuvan varoventtiilin auki juuttuminen
- vuodon erottamiseen tarvittavan venttiilin auki jääminen
- onnettomuuden yhteydessä käynnistyvän automaattisen säädön virheellinen toiminta
- virheellinen ohjaustoimenpide, joka arvioidaan mahdolliseksi, jos operaattori tekee väärän tilannearvion
- tarvittavan ohjaustoimenpiteen viivästyminen.

Tapahtumat on analysoitava käyttämällä kohdan 4 oletuksia.

### **Vakavat reaktorionnettomuudet**

Odotettavissa olevien käyttöhäiriöiden ja oletettujen onnettomuuksien lisäksi tulee analysoida vakavia reaktorionnettomuuksia.

Ohjeen YVL 1.0 mukaan ydinvoimalaitoksen suunnittelussa tulee ottaa huomioon vakavan reaktorionnettomuuden mahdollisuus. Tästä syystä ydinvoimalaitoksella tulee olla vakavien reaktorionnettomuuksien hallintaan liittyvä strategia, jonka avulla VNP 395/1991:ssä ja YVL 1.0:ssa vakavalle reaktorionnettomuudelle asetettujen turvallisuustavoitteiden täyttämisen varmistetaan.

Vakavien onnettomuuksien hallintastrategian keskeiset toiminnot on myös perusteltava soveltuvien kokeellisin ja analyttisin keinoin. Strategian osana tulee erityisesti varmistaa, että suojarakennuksen eheyttä tai fissiotuotteiden leviämisen estämistä uhkaavat alkutapahtumat sekä nopeat ja/tai energeettiset fysikaaliset ilmiöt on ehkäisty ennalta hyvällä varmuudella.

Analyysien on tutkittava niitä seikkoja, jotka vaikuttavat suojarakennuksen kestävyys-, tiiviyyteen ja suojarakennusjärjestelmien toimintakykyyn. Analyysit on tehtävä tapahtumista, jotka ovat suojarakennuksen toimintaa ajatellen vakavimpia. Näitä voivat olla esimerkiksi

- täydellinen, pitkäaikainen vaihtosähkötehon menetys
- täydellinen syöttöveden menetys
- primäärijäähdytteen vuoto ilman hätäjäähdytystä, kun alkutila on tehokäyttö taikka huolto-, lataus- tai muu seisokki
- primäärijäähdytteen vuoto ja jäähdytteen jälleekierrätyksen estyminen.

Valmiussuunnittelua varten turvallisuusanalyysissä tulee tarkastella myös tilanteita, joita ei ole otettu huomioon varsinaisessa vakavien onnettomuuksien hallintastrategiassa. Näitä ovat mm. sellaiset vakavaan reaktorionnettomuuteen johtavat ketjut, joiden ennaltaehkäisy on voitu toteuttaa niin hyvällä varmuudella, että niitä ei ole sisällytetty vakavan onnettomuuden hallintatoimenpiteiden piiriin. Valmiussuunnittelua koskee ohje YVL 7.4.

PSA-analyysissä käytetään odotettavissa olevien käyttöhäiriöiden, oletettujen onnettomuuksien ja vakavien onnettomuuksien analyysi-

situloksia arvioitaessa järjestelmien onnistumiskriteereitä ja eri tapahtumaketjujen seurauksia.

### **2.3 Päästöjä ja säteilyannoksia koskevat analyysit**

#### **Odotettavissa olevat käyttöhäiriöt**

Mikäli odotettavissa olevasta käyttöhäiriöstä voi aiheutua poikkeuksellinen radioaktiivisten aineiden päästö (esimerkiksi reaktorijäähdytteen päästö ympäristöön), on arvioitava päästön aiheuttamat säteilyannokset.

#### **Oletetut onnettomuudet**

Oletetuista onnettomuuksista on tehtävä erilliset säteilyannoksia koskevat analyysit sellaisista tapauksista, joiden aiheuttamien annosten ylärajaa ei voida päätellä muiden analyysien tuloksista. Tällaisia voivat olla esimerkiksi seuraavat tapaukset:

- Suuri primääripiirin jäähdytteen vuoto tehokäytön aikana. Tätä on käytettävä tyyppiesimerkinä niistä onnettomuuksista, joissa radioaktiiviset aineet vapautuvat aluksi suojarakennuksen sisälle ja vasta vähitellen vuotavat ulos.
- Vuoto reaktorin jäähdytysjärjestelmän instrumenttilinjasta suojarakennuksen ulkopuolelle.
- Vuoto höyrystimen primääripuolelta sekundääripuolelle. Höyrystimen yhden tai useamman lämmönvaihtoputken täydellinen katko on analysoitava olettaen, että myös höyrystimen varoventtiili juuttuu auki tilanteessa, jossa sen oletetaan avautuvan. Myös tätä suurempi vuoto on analysoitava, jos sellainen arvioidaan mahdolliseksi höyrystimen rakenteen ja/tai soveltuvien käyttökokemusten perusteella (painevesireaktori).
- Vuoto primääripiiristä huolto-, lataus- tai muun seisokin aikana.
- Vuoto suojarakennuksen ulkopuolella eristämättömässä höyrylinjassa, johon liittyvässä höyrystimessä on ennen onnettomuuden alkamista ollut turvallisuusteknisten käyttöehtojen mukainen suurin mahdollinen vuoto primääripiiristä sekundääripiiriin (painevesireaktori).

- Vuoto suojarakennuksen ulkopuolisessa höyrylinjassa tai reaktorijäähdytteen puhdistuslinjassa (kiehutusvesireaktori).
- Vaurio radioaktiivisia kaasuja sisältävässä järjestelmässä suojarakennuksen ulkopuolella.
- Vaurio radioaktiivisia nesteitä sisältävässä järjestelmässä suojarakennuksen ulkopuolella.
- Reaktorista poistetun polttoainepun vaurioituminen.
- Käytetyn polttoaineen siirto- tai kuljetuspakkauksen putoaminen nostossa, jossa pakkaus ei ole tiiviisti suljettu, tai polttoainekorin putoaminen siirron aikana.
- Raskaan esineen putoaminen varastoidun polttoaineen tai avonaisen reaktorin päälle.

### Vakavat reaktorionnettomuudet

Vakavasta reaktorionnettomuudesta aiheutuvat radioaktiivisten aineiden päästöt ja säteilyannokset on analysoitava. Analyysit on tehtävä tapauksista, joista voi aiheutua merkittävimmät päästöt suojarakennuksen käyttäytymisen ja olosuhteiden sekä siellä olevien radioaktiivisten aineiden pitoisuuden vuoksi. Analyysihin on sisällytettävä ensi sijassa valitun hallintastrategian mukaisia tilanteita.

## 3 Analyysimenetelmät

Analyysimenetelmillä tarkoitetaan mm. käsilaskuihin perustuvia menetelmiä, tietokoneohjelmia sekä kokeellisen tiedon soveltamista. Analyysissä käytettävien menetelmien luotettavuus tulee perustella. Käytetyistä laskentamenetelmistä tulee esittää kuvaus, josta selviävät laskentamenetelmien yleiset periaatteet, fysikaaliset mallit ja numeeriset ratkaisumenetelmät.

Laskentamenetelmissä käytettävät kokeelliset korrelaatiot tulee perustella esittämällä mittausaineisto, josta korrelaatiot on johdettu. Jos korrelaatio on yleisesti tunnettu ja mittausaineisto on julkisesti saatavilla, riittää viittaus kirjallisuuslähteisiin.

Laskentamenetelmien tulee olla kyseisten tapahtumien käsittelyyn riittävän hyvin kelpuutettuja. Kelpuuttamisen tulee koskea sekä nu-

meerisia menetelmiä että fysikaalisia malleja.

Numeeriset menetelmät on kelpuutettava riittävin vertailulaskelmin. Fysikaaliset mallit on kelpuutettava osoittamalla mallien kyky kuvata sopiville erillisilmiöille tai kokonaisille järjestelmille tehtyjä kokeita tai ydinvoimalaitoksella tapahtuneita häiriöitä. Myös vertailua muihin aiemmin kelpuutettuihin malleihin voidaan käyttää hyväksi.

Milloin käytettävissä ei ole riittävän luotettavia laskentamenettelyjä, on analyysi perusteltava kokeellisesti. Tämä vaatimus koskee erityisesti useimpia vakavan onnettomuuden hallintaan liittyviä keskeisiä ilmiöitä, esimerkiksi reaktorin jäänteiden pitkäaikaista jäähdyttämistä vakavan reaktorionnettomuuden jälkeen.

## 4 Analyysissä käytettävät oletukset

### 4.1 Laitoksen käyttäytymistä koskevat analyysit

#### 4.1.1 Yleiset vaatimukset

Analyysille on tunnusomaista ns. konservatiivinen käsittelytapa, jossa laskentamalleihin ja alkuoletuksiin liittyvät epävarmuudet otetaan huomioon siten, että laitoksen todellinen käyttäytyminen on hyvällä varmuudella lievempää kuin epäedullisin analyysituloksella. Analyysissä on otettava huomioon, että laskentamalleihin, parametreihin tai alkuoletuksiin liittyvien epävarmuuksien vaikutus tuloksiin ei aina ole etukäteen yksiselitteisesti määriteltävissä lopputuloksen kannalta konservatiiviseksi. Esimerkkinä voidaan mainita polttoaineen kaasuaukon lämmönjohtavuus.

Lisäksi on otettava huomioon, että yhdestä alkutapahtumasta voi olla useita seurauksia, jotka turvallisuustavoitteiden täyttymisen kannalta ovat erityyppisiä. Tietystä alkutapahtumasta käynnistyvää häiriötä tai onnettomuutta voi siis koskea usea (eri suureisiin perustuva) hyväksymiskriteeri. Esimerkkinä voidaan mainita primääripiirin pieni vuoto painevesireaktorissa. Sen yhteydessä turvallisuustavoitteita ovat toisaalta polttoaineen jäähdytyksen turvaaminen, toisaalta reaktoripaineastian hauras-



murtumariskin huomioonotto jäähdytyksen toteutuksessa.

Analyyseilla tunnistetaan tarkasteltavan tilanteen ja kohteen kannalta oleelliset prosessit ja kynnysilmiöt ja selvitetään niiden vaikutukset.

#### 4.1.2 Laskentaparametrit

Analyyseihin tulee sisältyä tarkasteluja, joilla kartoitetaan lopputulosten herkkyyttä käytettyjen analyysimenetelmien ja alkuarvojen suhteen. Tällöin pitää ottaa huomioon molemmat kohdassa 4.1.1 esitetyt näkökohdat. Hyväksymisvaatimusten kannalta olennaisiin analyysin lopputuloksiin vaikuttavat parametrit tulee valita todennäköisen vaihtelualueensa reunalta siten, että lopputulosta voidaan pitää konservatiivisena. Tällaisia parametrejä ovat erityisesti

- prosessisuureiden arvot (teho, paine, lämpötila jne.) onnettomuuden alkuhetkellä
- suojausjärjestelmissä käytettävien laukaisurajojen tarkkuus
- laitteiden kapasiteetit ja niiden toimintaa kuvaavat aikatekijät
- epätarkasti tunnetut tekijät (valmistustoleranssit, lämmönsiirtokertoimet, sekoittumisilmiöt, lauhtumisilmiöt jne.)
- polttoaineen jälkilämpö.

Parametrivalintojen konservatiivisuus pitää aina perustella. Jos valinnan konservatismi ei ole yksiselitteinen tarkasteltavan ilmiön luonteen tai muun syyn vuoksi, tulee esittää tuloksia parametrin koko vaihtelualueelta, jotta lopputuloksen hyväksyttävyyden kannalta epäedullisin valinta voidaan tunnistaa.

#### 4.1.3 Järjestelmiä koskevat oletukset

Turvallisuusjärjestelmien voidaan olettaa toimivan suunnitellulla vähimmäistehollaan, ellei tapahtuma vaikuta suoraan niiden toimintakykyyn. Vähimmäisteho saadaan, kun

- oletetaan ohjeen YVL 2.7 mukaisesti järjestelmän toimintaa eniten haittaava yhdistelmä toimintakyvyttömiä ja käytöstä poissa olevia laitteita. Reaktorin pikasulkujärjestelmän osalta reaktiivisin säätösauva oletetaan juuttuneeksi.
- valitaan kullekin toimivalle laitteelle käyttöarvot, jotka määräaikaissa testeissä riittä-

villä varmuusmarginaaleilla vastaavat laitteiden toiminnalle asetettuja hyväksymisrajoja.

Jos turvallisuusjärjestelmän toiminta jollakin suuremmalla teholla voi vaikuttaa haitallisesti (esimerkiksi liian nopea jäähdytys tai ennenaikainen veden loppuminen), tulee myös tätä mahdollisuutta tarkastella erillisenä vaihtoehtona (vrt. hyväksymisvaatimus kohdassa 5.1).

Suojausautomaation voidaan olettaa toimivan suunnitellulla tavalla, ellei tapahtuma vaikuta suoraan niiden toimintakykyyn. Poikkeuksena on reaktorin pikasulun epäonnistuminen ATWS-analyyseissa.

Häiriö- ja onnettomuusanalyyseissä tulee tarkastella sekä tilanteita, joissa normaalien käytöjärjestelmien voidaan olettaa toimivan todennäköisimmäksi arvioidulla tavallaan, että tilanteita, joissa normaalit käyttöjärjestelmät toimivat virheellisesti tai eivät toimi lainkaan. Kaikissa tapauksissa ko. tilanteelle asetetut hyväksymiskriteerit tulee täyttää.

#### 4.1.4 Ohjaajien toiminta

Ohjaajien voidaan olettaa toimivan kutakin analysoitavaa tapahtumaa koskevien kirjallisten ohjeiden mukaisesti. Toimenpiteitä edeltävä harkinta-aika on valittava konservatiivisesti ja se on perusteltava. Toimenpiteitä häiriön tai onnettomuuden lieventämiseksi voidaan pitää mahdollisina, jos tapahtuma on selvästi tunnistettavissa. Ohjaajien toimenpiteistä on analysoitava kuitenkin useita vaihtoehtoja, joissa tarkastellaan ohjaajan tekemien ohjausvirheiden ja tarvittavien ohjaustoimenpiteiden viivästymisen vaikutusta tapahtuman kulkuun. Ohjaajan toimintaa arvioitaessa tulee erityisesti harkita, onko jokin virheellinen toimenpide riittävän epätodennäköinen.

#### 4.1.5 ATWS-analyysit

Seuraavat oletukset on tehtävä niissä odotettavissa olevia käyttöhäiriöitä koskevissa analyyseissä, joissa pikasulku on estynyt (ATWS-analyysit):

- Reaktorin pikasulun oletetaan epäonnistuvan joko siksi, että suojausjärjestelmässä on vika, joka estää pikasulkutoiminnon käynnistymisen, tai siksi, että pikasulkujärjestel-

mässä tai säätösauvoissa on mekaaninen yhteisvika, joka estää säätösauvojen liikkeen reaktoriin.

- Puhallus- ja varoventtiilien toimintaan oletetaan yksittäisvika.
- Normaaliin käyttöjärjestelmien ja ohjaajien oletetaan toimivan todennäköisenä pidettävällä tavalla.
- Turvallisuusjärjestelmien oletetaan toimivan samoin kuin muissakin oletetuissa onnettomuuksissa.
- Laskentaparametrit valitaan samoin kuin muissakin oletetuissa onnettomuuksissa.
- Täydeltä teholta alkavia häiriöitä analysoidessa oletetaan reaktorin olevan ksenon-tasapainossa.
- Pienillä tehoilla alkavissa analyyseissä reaktori oletetaan vapaaksi ksenonista.

#### 4.1.6 Vakavat reaktorionnettomuudet

Analyyseillä perustellaan, että vakavan reaktorionnettomuuden hallintastrategian toteuttamiseksi suunnitellut järjestelmät ja toimenpiteet ovat hyväksyttävissä. Analyytit voivat perustua lähtökohdiltaan ns. parhaan arvion menetelmiin, mutta niissä sovelletaan toiminnon strategianmukaisen merkityksen kanssa sopusointuisia konservatismia: mitä keskeisempi toiminto, sitä parempi varmuus sen onnistumisesta on voitava osoittaa. Myös valittavat konservatiivisuustekijät tulee perustella.

Varsinaisten hallintastrategiaan kuuluvien järjestelmien lisäksi voidaan ottaa huomioon muita järjestelmiä, jotka toimivat ilman aktiivisten laitteiden toimintaa, onnettomuusolosuhteita lieventävinä tai päästöä rajoittavina tekijöinä. Esimerkki tällaisesta järjestelmästä on lämmönsiirtopiiri, jossa väliaine kiertää luonnonkierrolla. Lisäksi toimintakuntoisiksi voidaan olettaa sellaiset aktiivisetkin laitteet, joiden toiminta on riippumaton vakavan reaktorionnettomuuden syistä ja seurauksista.

Erikseen perustellen voidaan olettaa, että vakavaan reaktorionnettomuuteen johtaneet laitteet korjataan myöhemmin, ellei korkea säteilytaso tai muu syy estä korjaustyötä. Korjauksen tarvittava aika tulee valita konservatiivisesti ja perustella.

Hallintastrategian mukaisesti toimenpiteisiin kuuluva aika ja muut toimenpiteiden suoritus-

edellytyksiin liittyvät tekijät (esimerkiksi paikallisesti ohjattavien laitteiden luoksepäästävyys) tulee perustella.

Suojarakennuksen painekäyttäytymistä analysoitaessa on otettava huomioon lauhtumattomat kaasut. Erityisesti vapautuvan vedyn määrää arvioitaessa on oletettava, että 100 % reaktorin sydänalueen sisältämistä helposti hapettuvista materiaaleista reagoi veden kanssa. Myös muut vetylähteet on otettava huomioon ohjeen YVL 1.0 mukaisesti. Vedyn vapautumisnopeutta arvioitaessa tulee huomioida myös se, että hätäjähdytys voi palautua.

## 4.2 Päästöjä ja säteilyannoksia koskevat analyytit

### 4.2.1 Tapahtumat, joissa säteilyannos aiheutuu

**primäärijähdytteessä olevista radioaktiivisista aineista**  
Primäärijähdytteeseen on oletettava onnettomuuden alkuhetkellä radioaktiivisia aineita vähintään ne määrät, jotka on tarkoitus asettaa rajaksi laitoksen turvallisuusteknisissä käyttöehdoissa. Nuklidit ja niiden isotooppien jakauma on valittava siten, että jakauma vastaa kyseisen tyyppisessä laitoksessa käytännössä todettua jakaumaa.

Siitä ajanhetkestä lähtien, jolloin reaktorin teho alkaa olennaisesti muuttua (pienestä tai kasvava), tulee olettaa sellainen jodi- ja cesiumpitoisuuden kasvu, että se vastaa suurinta kyseisen tyyppisellä laitoksella tehonmuutosten yhteydessä havaittua pitoisuutta.

Primäärijähdytteen vuonopeus tulee arvioida konservatiivisesti. Vuodon mahdolliseen erottamiseen kuluva aika tulee arvioida konservatiivisesti ottaen huomioon ohjaajien tapahtumasta saamat hälytykset ja mittaustiedot.

Mikäli jokin vuodon erotukseen tai radioaktiivisten aineiden kulkeutumiseen vaikuttava toimenpide on automaattinen ja varmennettu yksittäisvikautumisen kestäväksi, voidaan järjestelmän olettaa tältä osin toimivan suunnitellulla tavalla.

Vuodoista tulee tarkastella erikseen päästöjä, jotka aiheutuvat jäähdytteen nesteestä pysyvistä osuudesta, ja erikseen niitä päästöjä, jotka aiheutuvat höyrystyvistä osuudesta. Höyrystyvistä osuudesta voidaan olettaa, että radioaktiivisten aineiden pitoisuus höyrystyvissä aine-

osassa on pienempi kuin jäädytteessä ennen vuotokohtaa. Pitoisuuden pienentymistä ilmaiseva kerroin on perusteltava käytännön havainnoilla tai koetuloksilla. Tällöin on oletettava kuitenkin, että kaikki vuotavassa jäädytteessä olevat jalokaasut pääsevät aina kokonaan ympäristöön.

Jos vuoto tapahtuu suoraan ympäristöön ja jäädyte on vuotokohtaan tullessaan vetenä, on ympäristöannoksia laskettaessa otettava huomioon kaikki vuotoon sisältyvät radioaktiiviset aineet.

Laitoksen sisätiloihin vapautuneen höyryn ja siihen sekoittuneiden radioaktiivisten aineiden on oletettava kulkevan ympäristöön tavalla, joka vastaa laitoksen ilmastointijärjestelmien suunniteltua toimintaa kyseessä olevassa laitostilanteessa.

Höyryyn sekoittuneesta jodista tulee osa olettaa kaasumaiseksi. Kaasumaisen ja aerosolim muodossa olevan jodin osuudet tulee perustella.

Jos ilmastointijärjestelmissä oletetaan käytettävän suodattimia, tulee suodattimien erotuskyky valita konservatiivisesti.

#### 4.2.2 Suuresta primääripiirin murtumasta johtuva jäädytteen menetys

Primäärijäädytteen purkautumisaika suojarakennukseen on valittava lämpö- ja virtausteknisten analyysien perusteella. Ajan tulee olla lyhyempi kuin lyhin laskettu aika, kun otetaan huomioon laskentamenetelmän tarkkuus. Kohdan 4.2.1 mukaisesti on tehtävä oletukset

- primäärijäädytteessä olevista radioaktiivisista aineista
- radioaktiivisten aineiden jakautumisesta vuodon höyrystyvään ja lauhtuvaan osuuteen
- höyryyn sekoittuneen jodin olomuodosta.

Polttoainesauvojen vaurioitumisajankohta ja vaurioituvien sauvojen lukumäärä on valittava konservatiivisesti niin, että otetaan huomioon laitoksen käyttäytymistä koskevien analyysien tulokset.

Reaktorin on oletettava toimineen ennen onnettomuutta täydellä teholla edellisestä polttoaineen vaihdosta lähtien. Lisäksi latauksen on oletettava edustavan tasapainolatausta ja ana-

lyysi on tehtävä käyttöjakson lopussa vallitsevalle tilanteelle.

Kokeellisten tutkimusten ja polttoainetyypin käyttökokemusten perusteella on konservatiivisesti valittava vaurioituneista polttoainesauvoista vapautuvien radioaktiivisten aineiden osuudet.

Tietty osa vaurioituneista polttoainesauvoista jäädytteeseen vapautuneista aineista pääsee suoraan suojarakennuksen ilmatilaan. Jakauma ilmatilan ja jäädytysveden välillä tulee perustella.

Vaurioituneista polttoainesauvoista on oletettava vapautuvan myöhemmin lisää radioaktiivisia aineita, kun jäädytysvesi tunkeutuu sauvoihin ja liuottaa polttoainetta. Se, mitkä ovat näiden ensi vaiheessa veteen joutuvien radioaktiivisten aineiden osuudet, tulee perustella kokeellisten tutkimusten avulla, tai niitä koskevat oletukset tulee tehdä konservatiivisesti.

Oletukset radioaktiivisten aineiden kulkeutumisesta suojarakennuksen sisällä voidaan perustaa soveltuviin kokeellisiin tutkimuksiin. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää konservatiivista mallia, jonka mukaan radioaktiiviset aineet poistuvat ilmatilasta todellista hitaammin.

Jos suojarakennuksesta poistetaan laitoksen normaalin käytön aikana ilmaa, on radioaktiivisten aineiden sekoittuminen poistettavaan ilmaan arvioitava konservatiivisesti. Ilmastointi voidaan olettaa eristetyksi laitoksen suojausjärjestelmän suunnittelun mukaisesti siten, että suojausrajoina käytettyjen parametrien muutokset onnettomuuden aikana arvioidaan konservatiivisesti. Ennen eristystä ilmastoinnin on oletettava toimivan normaalilla tavalla.

Suojarakennuksen mahdollisen eristykseen jälkeen radioaktiivisten aineiden on oletettava sekoittuvan tasaisesti koko suojarakennuksen ilmatilavuuteen. Suojarakennuksen vuoto nopeus on valittava ottamalla huomioon suojarakennukselle asetettava tiiviysvaatimus ja se, mitkä ovat oletettuja onnettomuuksia analysoitaessa lasketut suojarakennuksen ylipaineet. Valinnassa on käytettävä riittäviä varmuusmarginaaleja.

Suojarakennuksesta vuotaneista halogeenista on oletettava osan olevan epäorgaanisissa yhdisteissä ja osan orgaanisissa yhdisteissä. Ja-

kauma erityyppisten yhdisteiden kesken tulee perustella.

Päästöt, jotka aiheutuvat reaktorisydämen hätäjähdytysjärjestelmien ja suojarakennuksen jäähdytysjärjestelmien suojarakennuksen ulkopuolisten osien vuodoista ja mahdollisista virhetoiminnoista, on otettava huomioon konservatiivisesti.

Suojarakennusta ympäröivän tilan ilmastoinnin on oletettava toimivan onnettomuuksia varten suunnitellulla tavalla ja suojarakennuksen vuodosta aiheutuvat päästöt on laskettava vastaavasti. Jos ilmastointijärjestelmää käytetään normaalisti suodattimet ohitettuina, tulee perustella, kuinka kauan kuluu aikaa suodattimien käyttöönottoon.

Jos ilmastointijärjestelmissä oletetaan käytettävän suodattimia, tulee suodattimien erotuskyky valita konservatiivisesti.

#### 4.2.3 Käytetyn polttoaineen käsittelyonnettomuudet

Käytetyn polttoainenipun putoamista koskevassa analyysissä on oletettava, että polttoainenippu

- on ollut täydellä teholla käytetyssä reaktorissa täyden käyttöjakson
- on ollut sijoitettuna reaktorin kuormitettupaikan kohtaan ja saavuttanut täyden poistopalaman
- on jäähtynyt 1 vrk:n ajan reaktorin sammutuksen jälkeen
- vaurioituu siten, että kaikki polttoainesauvat menettävät tiiviytensä.

Käytetyn polttoaineen siirto- tai kuljetuspakkausten putoamista koskevassa analyysissä on oletettava, että

- onnettomuus voi tapahtua missä tahansa tilassa ja tilanteessa, jossa pakkausta nostetaan kansi avoimena tai virheellisesti kiinnitettynä
- säiliö on täytetty polttoaineella, joka on saavuttanut täyden poistopalaman
- siirtoa edeltävä polttoaineen jäähtymisaika on hallinnollisten rajoitusten mukainen minimiaika
- vaurioituvien polttoainenippujen lukumäärä on riittävällä varmuudella suurempi kuin

onnettomuuden aiheuttamien kuormien perusteella arvioitu lukumäärä.

Raskaan esineen putoamista koskevissa analyysissä on oletettava, että

- onnettomuus voi tapahtua missä tahansa tilassa, jossa polttoaineen yläpuolella on mahdollista käsitellä raskaita esineitä
- ko. tilassa kyseeseen tuleva putoava esine on mahdollisimman suuret vauriot aikaansaava
- polttoaineen palama on suurin ja jäähtymisaika pienin, joka voi tulla kyseeseen tarkasteltavassa onnettomuudessa
- vaurioituvien polttoainenippujen lukumäärä on riittävällä varmuudella suurempi kuin onnettomuuden aiheuttamien kuormien perusteella arvioitu lukumäärä.

Vaurioituvissa sauvoissa olevista radioaktiivisista aineista on oletettava vapautuvan osuudet, jotka enimmillään voivat vapautua ko. tilanteessa. Osuuksia koskevat oletukset tulee perustella polttoainetyypille tehtyjen tutkimusten perusteella.

Kaikkien vapautuvien jalokaasujen on oletettava pääsevän ao. rakennuksen ilmatilaan. Jos polttoainevaurio tapahtuu veden alla, jodin vapautumista arvioitaessa voidaan olettaa, että osa jodi-isotoopeista pidättyy veteen ja vain osa vapautuu ilmatilaan veden yläpuolella.

Ilmatilaan vapautuneesta jodista on oletettava osan olevan epäorgaanisissa ja osan orgaanisissa yhdisteissä. Jakautuminen erityyppisiin yhdisteisiin tulee perustella.

Ilmatilaan päässeiden radioaktiivisten aineiden on oletettava aluksi kulkevan ilmastointijärjestelmän kautta ympäristöön tavalla, joka vastaa ilmastoinnin normaalia toimintaa. Jos ilmastointia voidaan ko. tilanteessa käyttää usealla eri tavalla, on analyysiin valittava se tapa, joka johtaa suurimpiin päästöihin. Henkilökunnan voidaan olettaa eristävän ilmastointikanavat 30 minuutin kuluttua. Mikäli eristys on automaattinen ja asianmukaisen suojausjärjestelmän avulla toteutettu, voidaan olettaa myös järjestelmän rakennetta ja toimintaa vastaava aikaisempi eristysajankohta.

Jos ilmastointijärjestelmissä oletetaan käytettävän suodattimia, tulee suodattimien erotuskyky valita konservatiivisesti.

#### 4.2.4 Vakavat reaktorionnettomuudet

Analyysit on tehtävä kohdan 2.3 mukaisesti. Tehokäyttöä koskevista analyysistä on oletettava, että reaktori on toiminut ennen onnettomuutta täydellä teholla edellisestä polttoaineen vaihdosta lähtien. Lisäksi latauksen on oletettava edustavan tasapainolatausta ja analyysi on tehtävä käyttöjakson lopussa vallitsevalle tilanteelle.

Oletukset siitä, paljonko suojarakennuksen ilmatilaan reaktorin vaurioitumisen seurauksena vapautuu radioaktiivisia aineita, tulee perustaa riittäviin kokeellisiin tutkimuksiin. Määriä valittaessa tulee käyttää riittäviä varmuusmarginaaleja.

Jos suojarakennuksessa vallitseva paine ja lämpötila kasvavat onnettomuuden aikana yli niiden arvojen, joissa suojarakennuksen tiiviysvaatimukset on asetettu ja joissa vuotonopeus mitataan kokeellisesti, tulee päästölaskuissa käytettävä vuotonopeus perustella erikseen. Paine-eron ja vuotonopeuden välisen riippuvuuden lisäksi tulee vuotonopeutta määritettäessä ottaa huomioon ylimääräinen vuoto, jonka suojarakennuksen läpiviennissä ja sulkujen tiivisteissä tapahtuvat muodonmuutokset aiheuttavat.

Oletukset päästöreitillä olevien laitteiden ja mahdollisten suodattimien puhdistusvaikutuksesta tulee perustella kokeellisilla tutkimuksilla niissä päästölaskuissa, joissa analysoidaan seurauksia suojarakennuksen vuodosta tai tapauksesta, jossa suojarakennuksen painetta alennetaan suodatetun ulospuhallusjärjestelmän avulla.

Tutkittaessa vakavan reaktorionnettomuuden aiheuttamien akuuttien terveyshaittojen vaaraa lähialueen asukkaille on otettava huomioon laitosalueen ja sen ympäristön todelliset olosuhteet. Niiden mukaisesti on valittava säteilyannoslaskuissa oletettavat kriittisen ryhmän henkilöiden olinpaikat onnettomuuden alkuvaiheessa sekä suojavaistöön kuluva aika.

#### 4.2.5 Radioaktiivisten aineiden leviäminen ympäristöön

Oletukset radioaktiivisten aineiden ilmaan leviämisestä esitetään ohjeessa YVL 7.3 ja säteilyannoslaskuista ohjeessa YVL 7.2.

## 5 Tuloksille asetettavat hyväksymisvaatimukset

### 5.1 Yleiset vaatimukset

Ohjeen YVL 1.0 mukaisesti ydinvoimalaitosten turvallisuustaso on nostettava niin korkeaksi kuin käytännön toimenpitein on mahdollista. Onnettomuuden todennäköisyyden on oltava sitä pienempi, mitä vakavampi onnettomuuden seurauksena saattaisi olla. Seuraavissa luvuissa esitettävien hyväksymisvaatimusten täyttäminen ei siten ole riittävä perustelu sille, että jokin turvallisuutta selvästi lisäävä ratkaisu jätettäisiin toteuttamatta.

### 5.2 Onnettomuuden varalle suunniteltujen järjestelmien toiminta

Tulee osoittaa, että onnettomuuden varalle suunnitellut järjestelmät täyttävät tehtävänsä aiheuttamatta laitoksen rakenteille ja laitteille niiden käyttö- ja onnettomuusolosuhteita koskevien suunnitteluarvojen ylittymistä.

### 5.3 Laitoksen saattaminen turvalliseen tilaan

Tulee osoittaa, että reaktori pysyy sammutettuna ja että laitos voidaan saattaa turvalliseen ja vakaaseen tilaan kussakin häiriössä ja onnettomuudessa. Lisäksi tulee osoittaa, että laitos saadaan pitkällä aikavälillä sellaiseen tilaan, jossa polttoaineen poistaminen reaktoripaineastiasta on mahdollista.

### 5.4 Laitoksen paineenhallinta

Paineenhallintaa koskevat vaatimukset esitetään ohjeessa YVL 2.4, jonka mukaisia analyysijä voidaan soveltuviin tapauksiin käyttää myös häiriö- ja onnettomuusanalyysinä.



## 5.5 Polttoainevauriot

Valtioneuvoston päätöksen (395/1991) 15 §:ssä määrätään seuraavaa:

*Polttoaineen jäähdytyksen olennaisen heikkenemisen tai muusta syystä aiheutuvan polttoaineaurion todennäköisyyden on oltava pieni normaaleissa käyttötilanteissa ja odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä.*

*Oletetuissa onnettomuuksissa polttoaineaurioiden määrän on pysyttävä pienenä eikä polttoaineen jäähdytettävyyden saa vaarantua.*

*Kriittisyysonnettomuuden mahdollisuuden on oltava erittäin pieni.*

Polttoaineen vaurioitumista ja jäähdytettävyyttä koskevat suunnittelurajat kappaleessa 2.2 esitetyille tapahtumille ovat ohjeessa YVL 6.2.

## 5.6 Suojarakennuksen kestävyys

Valtioneuvoston päätöksen (395/1991) 17 §:ssä määrätään seuraavaa:

*Suojarakennus on suunniteltava siten, että se kestää luotettavasti odotettavissa olevien käyttöhäiriöiden ja oletettujen onnettomuuksien aiheuttamat paine- ja lämpötilakuormitukset, suihkuvoimat ja lentävien esineiden vaikutukset.*

*Suojarakennus on suunniteltava lisäksi siten, että suojarakennuksen sisälle vakavan reaktorionnettomuuden seurauksena syntyvä paine ja lämpötila eivät aiheuta sen hallitsematonta rikkoutumista.*

*Mahdollisuuden, että syntyisi sellainen kaaseuseos, joka voi palaa tai räjähtää suojarakennuksen eheyden vaarantavalla tavalla, on oltava pieni kaikissa onnettomuuksissa.*

*Suojarakennuksen suunnittelussa on otettava muutoinkin huomioon reaktorisydämen sulamisesta aiheutuva suojarakennuksen vaurioitumisen uhka.*

Suojarakennusta koskevia määräyksiä täsmennetään ohjeessa YVL 1.0 kohdassa 3.3 Suojarakennusjärjestelmä. Jos vakavien onnettomuuksien hallintastrategiaan sisältyy sydänsulan jäähdyttäminen suojarakennuksen pohjalla, tulee osoittaa, että sydänsula voidaan jäähdyttää niin, että suojarakennuksen eheys ei vaarannu. Tämä tarkoittaa mm. sitä, että sydänsulan ja suojarakennuksen painetta kantavien seinä- tai lattiamateriaalien välillä ei tapahdu vuorovaikutusta (esimerkiksi eroosiota tai kaasunkehitystä).

## 5.7 Päästöt ja säteilyannokset

Valtioneuvoston päätöksen (395/1991) 7 §:n mukaisesti ydinvoimalaitoksen käytöstä aiheutuva säteilyaltistus on pidettävä niin pienenä kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista. Seuraavassa esitettävien päätökseen (395/1991) ja ohjeeseen YVL 7.1 sisältyvien rajojen alitus ei siten ole riittävä perustelu sille, että jokin työntekijöiden tai väestön säteilyannosta tai ympäristön saastumista olennaisesti vähentävä ratkaisu jätetään toteuttamatta.

### Odotettavissa olevat käyttöhäiriöt

Valtioneuvoston päätöksen (395/1991) 10 §:ssä määrätään seuraavaa:

*Odotettavissa olevan käyttöhäiriön seurauksena vuoden mittaisena ajanjaksona saatavasta ulkoisesta säteilystä ja samana aikana kehoon joutuvista radioaktiivisista aineista väestön yksilölle yhteensä aiheutuvan annoksen raja-arvo on 0,1 mSv.*

Raja-arvo koskee kriittisen ryhmän yksilön efektiivistä annosta.

Lisäksi on osoitettava, ettei minkään yksittäisen odotettavissa olevan käyttöhäiriön seurauksena väestön kollektiivinen 500 vuoden efektiivinen annositouma ylitä raja-arvoa 5 manSv/GWe (nettosähkötehoa kohti).

### Oletetut onnettomuudet

Valtioneuvoston päätöksen (395/1991) 11 §:ssä määrätään seuraavaa:

*Oletetun onnettomuuden seurauksena vuoden mittaisena ajanjaksona saatavasta ulkoisesta säteilystä ja samana aikana kehoon joutuvista radioaktiivisista aineista väestön yksilölle yhteensä aiheutuvan annoksen raja-arvo on 5 mSv.*

Raja-arvo koskee kriittisen ryhmän yksilön efektiivistä annosta. Oletetusta onnettomuudesta aiheutuvat kollektiiviset annokset on myös analysoitava.

### Vakavat reaktorionnettomuudet

Valtioneuvoston päätöksen (395/1991) 12 §:ssä määrätään seuraavaa:

*Vakavasta reaktorionnettomuudesta aiheutuvan radioaktiivisten aineiden päästön raja-arvo on päästö, josta ei aiheudu ydinvoimalaitoksen ympäristön väestölle välittömiä terveyshaittoja eikä pitkäaikaisia rajoituksia laajojen maa-*

ja vesialueiden käytölle. Pitkäaikaisvaikutuksia koskevan vaatimuksen täyttämiseksi on ulkoilmaan vapautuvan cesium-137:n päästön raja-arvo 100 TBq eikä muista nuklideista kuin cesium-isotoopeista muodostuva kokonaislaskeuma saa aiheuttaa pitkällä aikavälillä, alkaen kolme kuukautta onnettomuuden jälkeen, suurempaa vaaraa kuin mitä edellä mainittua raja-arvoa vastaavasta cesium-päästöstä aiheutuisi.

*Mahdollisuuden, että vakavan reaktorionnettomuuden seurauksena edellä esitetty vaatimus ei täyty, on oltava erittäin pieni.*

## 6 Määritelmiä

### Jäähdytteenmenetystilanteet

Jäähdytteenmenetystilanteilla tarkoitetaan niitä oletettuja onnettomuuksia, joissa reaktorin primääripiirin vuodon vuoksi menetetään jäähdytettä nopeammin, kuin normaaleja käyttötilanteita varten suunniteltu lisävesijärjestelmä pystyy korvaamaan.

### Käyttötilanteet

Käyttötilanteilla tarkoitetaan ydinvoimalaitoksen normaaleja käyttötilanteita ja odotettavissa olevia käyttöhäiriöitä.

### Lopullinen lämpönielu

Lopullisella lämpönielulla tarkoitetaan ilma-kehää, maaperää sekä pinta- ja pohjavesiä, joihin lämpö eri lähteistä siirretään käyttötilanteissa ja onnettomuuksissa.

### Normaalit käyttötilanteet

Normaaleilla käyttötilanteilla tarkoitetaan ydinvoimalaitoksen käyttämistä turvallisuusteknisten käyttöehtojen ja käyttöohjeiden mukaisesti. Niihin kuuluvat myös testaukset, laitoksen ylös- ja alasajo, huolto ja polttoaineen vaihto.

### Odotettavissa oleva käyttöhäiriö

Odotettavissa olevalla käyttöhäiriöllä tarkoitetaan sellaista onnettomuutta lievempää poikkeamaa normaaleista käyttötilanteista, jonka voidaan olettaa esiintyvän yhden tai useamman kerran sadan käyttövuoden aikana.

### Onnettomuus

Onnettomuudella tarkoitetaan sellaista poikkeamaa normaaleista käyttötilanteista, joka ei ole odotettavissa oleva käyttöhäiriö. Onnettomuudet jaetaan kahteen pääluokkaan: oletettuihin onnettomuuksiin ja vakaviin reaktorionnettomuuksiin. Oletetut onnettomuudet jaetaan edelleen alkutapahtumataajuuden perusteella kahteen alaluokkaan, joita koskevat hyväksymiskriteerit ovat ohjeessa YVL 6.2.

### Oletettu onnettomuus

Oletetulla onnettomuudella tarkoitetaan sellaista ydinvoimalaitoksen turvallisuusjärjestelmien suunnitteluperusteena käytettävää tilannetta, josta ydinvoimalaitoksen edellytetään selviytyvän ilman vakavia polttoainevaurioita ja niin suuria radioaktiivisten aineiden päästöjä, että laitoksen ympäristössä jouduttaisiin turvautumaan laajoihin toimenpiteisiin väestön säteilyaltistuksen rajoittamiseksi.

### Polttoaineen suunnittelurajat

Polttoaineen suunnittelurajoilla tarkoitetaan rajoja, joiden tavoitteena on estää polttoaineen vaurioituminen käyttötilanteissa ja varmistaa polttoaineen jäähdytettävyyden olemassa onnettomuuksissa.

### Primääripiiri

Primääripiiri tarkoittaa reaktorin jäähdytysjärjestelmään kuuluvia painetta kantavia osia, kuten paineastiat, putkistot, pumput ja venttiilit tai muut osat, jotka ovat yhteydessä jäähdytysjärjestelmään. Primääripiirin rajat määritellään ohjeessa YVL 2.1.

### Suunnitteluarvot

Suunnitteluarvoilla tarkoitetaan rakenteen tai laitteen suunnittelun perustana olevia kuormia. Suunnitteluarvot voivat olla erilaisia sen mukaan, onko ne määritelty normaaleja käyttötilanteita, odotettavissa olevia käyttöhäiriöitä vai oletettuja onnettomuuksia varten.

**Turvallisuuden kannalta tärkeät rakenteet, järjestelmät ja laitteet**

Turvallisuuden kannalta tärkeät rakenteet, järjestelmät ja laitteet ovat niitä,

- joiden virhetoiminto tai rikkoutuminen voi merkittävästi lisätä laitoksen työntekijöiden tai ympäristön väestön säteilyaltistusta
- jotka ehkäisevät häiriöiden ja onnettomuuksien syntymistä ja etenemistä
- joiden tehtävänä on lieventää onnettomuuksien seurauksia.

**Turvallisuusjärjestelmä**

Turvallisuusjärjestelmä on järjestelmä, joka suorittaa jotakin turvallisuustoimintoa.

**Turvallisuustoiminnot**

Turvallisuustoiminnot ovat sellaisia turvallisuuden kannalta tärkeitä toimintoja, joiden

tarkoituksena on ehkäistä häiriöiden ja onnettomuuksien syntyminen tai eteneminen tai lieventää onnettomuuksien seurauksia.

**Vakava reaktorionnettomuus**

Vakavalla reaktorionnettomuudella tarkoitetaan tilannetta, jossa huomattava osa reaktorissa olevasta polttoaineesta vaurioituu.

**Yksittäisvika**

Yksittäisvika tarkoittaa satunnaisvikaa ja sen seurausvaikutuksia, jotka oletetaan tapahtuviksi joko normaalissa käyttötilanteessa tai alkutapahtuman ja sen seurausvaikutusten lisäksi. Yksittäisvikautumista koskevia tarkempia ohjeita annetaan ohjeessa YVL 2.7.