

# TODENNÄKÖISYYSPOHJAISET TURVALLISUUSANALYYSIT (PSA) YDINVOIMALAITOSTEN TURVALLISUUDEN HALLINNASSA

1	YLEISTÄ	3
2	PSA YDINVOIMALAITOSTEN SUUNNITTELUN JA RAKENTAMISEN AIKANA	3
2.1	Todennäköisyyspohjaiset suunnittelutavoitteet	3
2.2	Suunnitteluvaihe	4
2.3	Rakentamisvaihe	4
3	PSA YDINVOIMALAITOSTEN KÄYTTÖVAIHEESSA	5
3.1	PSA:n pitäminen ajan tasalla	5
3.2	Riskitietoinen turvallisuuden hallinta	5
4	PSA:N SISÄLTÖ JA DOKUMENTOINTI	6
4.1	Yleistä	6
4.2	Tason 1 PSA	7
4.3	Tason 2 PSA	7
4.4	Tapauskohtaiset analyysit	8
5	LAADUNHALLINTA	8
6	MÄÄRITELMIÄ	8

Tämä ohje on voimassa 1.12.2003 alkaen toistaiseksi.  
Ohje kumoaa 20.12.1996 annetun ohjeen YVL 2.8.

Kolmas, uudistettu painos  
Helsinki 2003  
Dark Oy

ISBN 951-712-705-7 (nid.)  
ISBN 951-712-706-5 (pdf)  
ISBN 951-712-707-3 (html)  
ISSN 0783-2338

# 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 turvallisuusvaatimusten 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

Todennäköisyyspohjaisella turvallisuusanalyysillä (PSA) selvitetään kvantitatiivisesti ydinvoimalaitoksen riskejä. Analyysien perusteella arvioidaan onnettomuuksien estämiseen tai lieventämiseen suunniteltuja ydinvoimalaitoksen turvallisuustoimintoja ja niiden toteuttamiseen tarvittavia järjestelmiä. PSA tukee sekä ydinvoimalaitoksen suunnittelua ja turvallisuuden arviointia että ydinvoimalaitoksen turvallisuuden hallintaa ja valvontaa koko käyttöajan.

PSA:n ensimmäisessä osassa, tasolla 1, määritetään reaktorisydämen vaurioitumiseen johtavat onnettomuusketjut ja arvioidaan niiden todennäköisyydet. PSA:n toisessa osassa, tasolla 2, arvioidaan suojarakennuksesta vuotavien radioaktiivisten aineiden päästön määrää, todennäköisyyttä ja ajoittumista. PSA:n kolmannessa osassa, tasolla 3, arvioidaan radioaktiivisten aineiden päästön aiheuttamaa riskiä ihmisille ja ympäristölle. Tässä ohjeessa käsitellään PSA:n tasoja 1 ja 2.

Säteilyvaikutusten arviointia koskevat ohjeet YVL 7.2 ja YVL 7.3.

Ydinenergia-asetuksen mukaan luvanhakijan on esitettävä käyttö lupaa hakiessaan todennäköisyyspohjainen turvallisuusanalyysi Säteilyturvakeskukselle. Valtioneuvoston päätöksen (395/1991) 6 §:n mukaan *ydinvoimalaitoksen turvallisuutta ja sen turvallisuusjärjestelmien teknisiä ratkaisuja on perusteltava onnettomuusanalyysillä sekä todennäköisyyspohjaisilla turvallisuusanalyysillä. Analyysijä on ylläpidettävä ja tarvittaessa täsmennettävä ottaen huomioon käyttökokemukset, kokeelliset tutkimustulokset ja laskentamenetelmissä tapahtuva kehitys.*

Tässä ohjeessa esitetään, miten todennäköisyyspohjaisia turvallisuusanalyysijä tulee laatia ja käyttää kevytvesireaktorilla varustetun ydinvoimalaitoksen suunnittelun, rakentamisen ja käytön aikana. Jotta PSA:sta saadaan laitoksen turvallisuuden kannalta suurin hyöty, tulee luvanhakijan osallistua suunnitteluvaiheen PSA:n tekemiseen ja sen täydentämiseen rakentamisvaiheessa sekä hoitaa PSA:n käyttäminen ja ylläpito ydinvoimalaitoksen käytön aikana.

Laitoksen turvallisuutta arvioitaessa deterministisiin oletuksiin perustuvia onnettomuu-

sanalyysijä ja todennäköisyyspohjaista turvallisuusanalyysijä käytetään rinnakkain niin, että menetelmät täydentävät toisiaan. Onnettomuusanalyysijä osoitetaan, että järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden suunnitteluperusteet ovat asianmukaiset. Analyysijä perustana olevat oletusarvot laitteiden kuormituksista, järjestelmien toiminta-arvoista ja järjestelmien suorituskykyä heikentävistä vioista määritellään laitteiden ja järjestelmien suunnitteluperusteissa. Ydinvoimalaitosten suunnittelussa käytettävät turvallisuusperiaatteet on esitetty ohjeessa YVL 1.0. Onnettomuusanalyysijä käsitellään ohjeessa YVL 2.2. Todennäköisyyspohjaisten menetelmien soveltamista käsitellään mm. ohjeissa YVL 1.8, 1.11, 2.0, 2.1, 2.6, 2.7, 3.0, 3.5, 3.8, 4.3, 5.2 ja 5.5.

## 2 PSA ydinvoimalaitosten suunnittelun ja rakentamisen aikana

### 2.1 Todennäköisyyspohjaiset suunnittelutavoitteet

Valtioneuvoston päätöksen (395/1991) 13 § edellyttää, että *suuriin radioaktiivisten aineiden päästöihin johtavien onnettomuuksien on oltava erittäin epätodennäköisiä.*

Ydinvoimalaitosta koskevat seuraavat numeeriset suunnittelutavoitteet:

- Sydänvauriotaajuuden odotusarvo on pienempi kuin  $10^{-5}$ /vuosi.
- Valtioneuvoston päätöksen (395/1991) 12 §:ssä tarkoitetun raja-arvon ylittävän päästön taajuus on odotusarvoltaan pienempi kuin  $5 \cdot 10^{-7}$ /vuosi.

Jos ydinvoimalaitoksen käytön aikana ilmenee olennaisia riskitekijöitä, joita ei ole aiemmin tunnistettu, luvanhaltijan tulee parantaa laitoksen turvallisuutta. Turvallisuusparannusten suunnittelun yhteydessä luvanhaltijan tulee osoittaa, että muutosten jälkeen arvioitu laitoksen turvallisuus on olennaisesti samaa tasoa tai parempi kuin suunnitteluvaiheelle asetetut tavoitteet edellyttävät.

## 2.2 Suunnitteluvaihe

Ydinvoimalaitoksen rakentamista koskevan lupahakemuksen käsittelyä varten luvanhakijan on toimitettava STUKille laitoksen rakenteen ja laitospaikan mukaiset suunnitteluvaiheen tasojen 1 ja 2 todennäköisyyspohjaiset turvallisuusanalyysit. Näiden analyysien tulee täyttää luvussa 4 esitetyt sisällölliset vaatimukset.

Eri alkutapahtumien ja onnettomuusketjujen riskejä, ottaen huomioon niiden epävarmuudet, tulee verrata kokonaistavoitteeseen ja toisiinsa sen varmistamiseksi, ettei laitokseen jää yksittäisiä tai harvoja riskiä hallitsevia tekijöitä. Suunnitteluvaiheen PSA:n perusteella tulee osaltaan varmistaa laitoksen suunnitteluperusteiden asianmukaisuus ja sovellettujen vaatimusten riittävyys. Erityisesti tulee tarkastella sellaisia ilmiöitä, joiden esiintymistajuuksiin ja seurauksiin liittyy suuria epävarmuuksia. Näitä ovat esim. poikkeukselliset sääolosuhteet, mahdolliset muut rankat ympäristöolosuhteet ja seismiset tapahtumat.

Suunnitteluvaiheen PSA:lla tulee osoittaa, että laitos täyttää kohdassa 2.1 asetetut todennäköisyyspohjaiset suunnittelutavoitteet.

Rakentamislupahakemuksen yhteydessä on STUKille toimitettava laitoksen turvallisuusluokitusasiakirja. Ohje YVL 2.1 käsittelee turvallisuusluokitusta.

Turvallisuusluokitus tulee arvioida PSA:n avulla. Arvioinnilla tulee varmistaa, että luokituksen edellyttämät kunkin laitteen laadunhallintaa koskevat vaatimukset on oikein mitoitettu ao. laitteen riskimerkitys huomioon ottaen. Turvallisuusluokituksen arviointi riskipohjaisesti on toimitettava STUKille tiedoksi turvallisuusluokitusasiakirjan yhteydessä.

STUK tarkastaa suunnitteluvaiheen PSA:n ja arvioi sen hyväksyttävyyden ennen rakentamislupaa koskevan lausuntonsa antamista.

## 2.3 Rakentamisvaihe

Luvanhakijan on toimitettava rakentamisvaiheen tasojen 1 ja 2 PSA:t STUKille viimeistään ydinvoimalaitoksen käyttö lupaa hakiessaan. Tasojen 1 ja 2 PSA:n tulee täyttää kohdassa 4 esitetyt sisällölliset vaatimukset.

Tasojen 1 ja 2 PSA:n tarkoituksena on varmentaa suunnitteluvaiheen PSA:n johtopäätökset laitoksen turvallisuudesta sekä luoda perusta riskitietoiselle turvallisuuden hallinnalle laitoksen käytön aikana. Tasojen 1 ja 2 PSA:n tulee perustua käyttö lupahakemuksen yhteydessä esitettyihin laitos tietoihin.

Käyttö lupahakemuksessa tulee osoittaa, että laitos täyttää kohdassa 2.1 asetetut todennäköisyyspohjaiset suunnittelutavoitteet. Mikäli tämän jälkeen ennen laitoksen käyttöönottoa ilmenee olennaisia riskitekijöitä, joita ei ole aiemmin tunnistettu, luvan haltijan tulee parantaa laitoksen turvallisuutta. Turvallisuusparannusten suunnittelun yhteydessä luvan haltijan tulee osoittaa, että muutosten jälkeen arvioitu laitoksen turvallisuus on olennaisesti samaa tasoa tai parempi kuin suunnitteluvaiheelle asetetut tavoitteet edellyttävät. STUK arvioi, onko riskitekijä niin merkittävä, että muutokset pitää toteuttaa ennen käynnistystä.

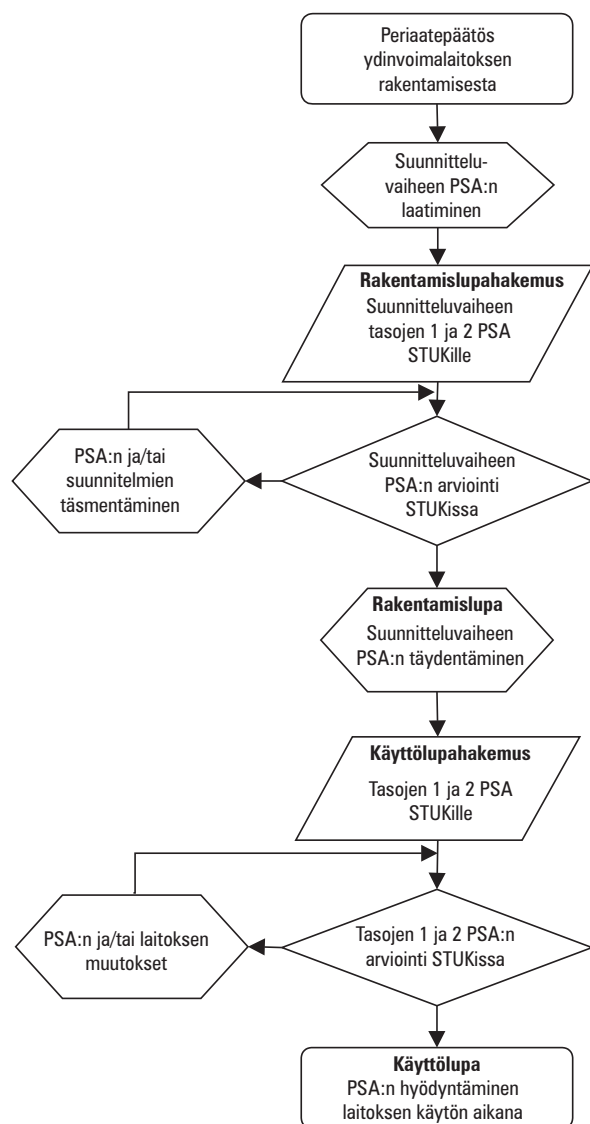
TTKE tulee tarkistaa PSA:n avulla siten, että käyttöehtojen kattavuus ja riittävä tasapainoisuus varmistetaan. Tarkastelun tulee kattaa laitoksen kaikki käyttötilat. PSA:lla tulee tarkastella erityisesti sellaisia vikatilanteita, joissa laitoksen käyttötilan muutos saattaa aiheuttaa suuremman riskin kuin laitoksen korjaus teho käytön aikana. Tarkastelun tulokset tulee esittää STUKille turvallisuusteknisten käyttöehtojen hyväksyttämisen yhteydessä.

PSA:n tuloksia tulee käyttää turvallisuusluokituksen arviointiin kuten suunnitteluvaiheessa, mikäli rakentamisvaiheessa tehdään laitoksen suunnitteluun liittyviä laajoja muutoksia.

PSA:n tuloksia tulee käyttää turvallisuudelle tärkeiden järjestelmien testausohjelmien ja käynninaikaisten ennakkohuolto-ohjelmien sekä häiriö- ja onnettomuustilanneohjeiden laadinnassa luvussa 3 esitettävällä tavalla.

STUK tarkastaa rakentamisvaiheen PSA:n ja arvioi sen hyväksyttävyyden ennen käyttö lupahakemusta koskevan lausuntonsa antamista.

Kaaviossa 1 esitetään yhteenveto PSA:n ajoittumisesta ydinvoimalaitoksen suunnittelusta, rakentamisesta ja käyttöönotosta.



Kaavio 1. PSA ydinvoimalaitoksen lupakäsittelyssä.

## 3 PSA ydinvoimalaitosten käyttövaiheessa

### 3.1 PSA:n pitäminen ajan tasalla

Luvanhaltijan tulee säännöllisesti päivittää PSA-malli vastaamaan käyttökokemuksia. Lisäksi PSA-malli tulee päivittää aina silloin kun laitokseen tai ohjeistoon tehdään olennainen muutos tai kun tunnistetaan uusi olennainen riski. Luvanhaltijan tulee toimittaa PSA-malli erikseen sovittavalla tavalla viranomaisen käyttöön sähköisessä muodossa.

Luvanhaltijan on pidettävä yllä tietokantaa turvallisuuteen vaikuttavien laitteiden luotetta-

vuudesta, alkutapahtumista ja inhimillisistä virheistä.

STUK tarkastaa PSA:n päivitykset sekä arvioi niiden hyväksyttävyyden.

### 3.2 Riskitietoinen turvallisuuden hallinta

#### Laitosmuutokset

PSA:n tuloksia tulee käyttää ydinvoimalaitoksen turvallisuuden kehittämiseen ja laitosmuutosten tarpeiden osoittamiseen sekä niiden tärkeysjärjestyksen arviointiin. PSA-menetelmiä tulee käyttää järjestelmämuutosten suunnittelussa vaihtoehtoisten ratkaisujen arviointiin.

Ohjeessa YVL 2.0 käsitellään järjestelmien suunnittelua. Sen mukaisesti luvanhaltijan tulee toimittaa STUKille järjestelmän ennakkotarkastusaineiston yhteydessä todennäköisyyspohjainen arvio muutoksen vaikutuksesta laitoksen turvallisuuteen. Vastaava arvio on toimitettava STUKille tiedoksi myös sellaisista muutoksista, joista ei toimiteta järjestelmän ennakkotarkastusaineistoa, mikäli muutoksella tai muutostyön suorittamisella arvioidaan olevan turvallisuusmerkitystä. Laitosmuutoksia käsitellään ohjeessa YVL 1.8.

Järjestelmämuutoksen ennakkotarkastusaineiston yhteydessä tulee tehdä ohjeen YVL 2.0 mukaisesti esitys turvallisuusluokituksista. Laajojen, kokonaisia järjestelmiä koskevien muutosten yhteydessä turvallisuusluokitus tulee arvioida uudelleen PSA:lla kuten rakentamisvaiheessa.

#### Turvallisuustekniset käyttöehdot

PSA:n tuloksia tulee käyttää turvallisuusteknisien käyttöehtojen (TTKE) muutostarpeiden arviointiin laajojen laitosmuutosten yhteydessä vastaavasti kuin rakentamisvaiheessa. Samoin TTKE:n muutostarpeita tulee arvioida, mikäli PSA:n yhteydessä löydetään aikaisemmin tunnistamattomia riskitekijöitä. Alustava esitys TTKE:n muutoksista tulee tehdä ohjeen YVL 1.8 mukaisesti järjestelmän ennakkotarkastusaineiston yhteydessä.

TTKE:ta koskevien poikkeuslupahakemusten yhteydessä tulee esittää suunnitellun poikkeaman turvallisuusmerkitystä koskeva riskiarvio. Kohdassa 4.4. esitetään tapauskohtaisia riskiarvioita koskevia vaatimuksia.

### **Järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden kunto**

Turvallisuudelle tärkeiden järjestelmien ja laitteiden testausvälejä ja -menettelyjä analysoimalla voidaan parantaa niiden käytettävyyttä. PSA:n avulla osoitetaan ne järjestelmät ja laitteet, joiden testausta kehittämällä riskiä voidaan vähentää eniten. PSA:n avulla voidaan myös parantaa käytöstä ja kunnossapidosta johtuvien piilevien vikojen ja yhteisvikojen tunnistamista.

TTKE:n yhteydessä esitettävä turvallisuudelle tärkeiden järjestelmien ja laitteiden testausohjelma tulee perustella riskianalyysin avulla ja analyysin tulokset tulee toimittaa tiedoksi STUKille. Testausohjelmaa tulee arvioida riskiperusteisesti määräajoin laitoksen käytön aikana.

Turvallisuudelle tärkeiden järjestelmien ja laitteiden ennakkohuolto laitoksen käynnin aikana on mahdollista TTKE:n asettamien rajoitusten puitteissa. Mikäli ennakkohuoltoa halutaan tehdä käynnin aikana, tulee esittää arvio ennakkohuollon riskimerkityksestä. Ennakkohuolto-ohjelmia käsitellään ohjeessa YVL 1.8.

PSA:n tuloksia tulee käyttää hyväksi ohjeen YVL 3.8 mukaisten putkistojen tarkastusohjelmien laadinnassa ja kehittämisessä. Yhdistämällä tiedot PSA:sta ja putkistojen vauriomekanismeista sekä vaurioiden sekundaarivaikutuksista tarkastukset kohdennetaan siten, että ne painottuvat ajallisesti ja määrällisesti niihin putkistoihin, joiden riskimerkitys on suurin. Riskitietoista määräaikaistarkastusohjelmaa laadittaessa tulee tarkastella luokkien 1, 2, 3, 4 ja EYT järjestelmiä kokonaisuutena. Samoin tulee tarkastella, missä määrin säteilyannoksia voidaan pienentää kohdentamalla tarkastuksia ja optimoimalla tarkastusvälejä.

### **Käyttötapauksien raportointi**

Tapahtumien riskimerkitys tulee ottaa huomioon harkittaessa sitä, milloin tapahtumasta laaditaan erikoinen raportti ohjeen YVL 1.5 mukaisesti.

### **Häiriö- ja onnettomuustilanneohjeet**

Ohjeiston kattavuuden varmistamiseksi PSA:ta tulee käyttää apuna määrittämään niitä tilanteita, joille häiriö- ja onnettomuustilanneohjeita laaditaan.

### **Henkilökunnan koulutus**

PSA:n tulokset tulee ottaa huomioon henkilökunnan koulutuksen suunnittelussa. Valvomo-henkilökunnan simulaattorikoulutuksen suunnittelun yhteydessä tulee varmistaa, että tärkeimmät onnettomuusketjut ja riskin kannalta merkittävät ohjaajien toimenpiteet harjoitellaan vähintään kolmen vuoden välein. Kunnossapito-henkilökunnan koulutuksen suunnittelun yhteydessä tulee kiinnittää huomiota PSA:n yhteydessä tunnistettuihin riskin kannalta merkittäviin toimenpiteisiin. STUK arvioi henkilökunnan koulutusohjelmia mm. käytön valvonnan tarkastusohjelman yhteydessä.

## **4 PSA:n sisältö ja dokumentointi**

### **4.1 Yleistä**

PSA:ssa tulee tarkastella sekä ydinvoimalaitoksen tehokäyttöä että matalan tehotason tiloja ja seisokkeja ja myös näiden välisiä siirtymäjaksoja.

Suunnitteluvaiheen PSA:ssa on käytettävä samantyyppisiltä laitoksilta tai vastaavista sovellutuksista kerättyjä käyttökokemuksia. Käytössä olevan laitoksen PSA:ssa tulee käyttää sen omia laitoskohtaisia luotettavuustietoja, tarvittaessa yhdistettynä muilta samanlaisilta laitoksilta tai vastaavista sovellutuksista saatuihin tietoihin tai niiden puuttuessa yleisiä luotettavuustietoja. Käytettyjen tietojen soveltuvuus ja epävarmuus on perusteltava.

Mikäli riittäviä suunnittelu-, sijoituspaikka- ja luotettavuustietoja ei suunnitteluvaiheen PSA:ta varten ole saatavissa tai mikäli järjestelmissä käytetään sellaista tekniikkaa, jonka luotettavuuden arvioimiseksi ei ole käytettävissä vakiintuneita menetelmiä, voidaan käyttää asiantuntija-arvioita ja muilta samanlaisilta laitoksilta, vastaavista sovellutuksista sekä vastaavista sijoituspaikoista saatavaa tietoa ja kokemusta. Tällöin arviointitapa tulee perustella ja siihen liittyvät epävarmuudet tulee selvittää ja dokumentoida.

PSA:ssa käytettyjen menetelmien soveltuvuus tulee osoittaa.



## 4.2 Tason 1 PSA

Tason 1 PSA:ssa tulee määrittää reaktorisydämen vaurioitumiseen johtavat onnettomuusketjut ja niiden todennäköisyydet. PSA tulee dokumentoida siten, että ainakin seuraavat asiat ovat johdonmukaisesti jäljitettävissä olettamuksista lopputuloksiin asti:

- yleiskuvaus laitoksesta
- alkutapahtumien määrittäminen, kuvaus, luokittelu ja esiintymistäajuuden arviointi
- turvallisuus- ja tukijärjestelmien onnistumiskriteerit ja niiden määrittämiseen käytettyjen fysikaalisten arviointimenetelmien kuvaus
- tapahtumapuut alkutapahtumaluokittain
- kuvaus onnettomuusketjuista ja niiden määrittämisessä käytetyistä menettelyistä
- ihmisen toiminnan luotettavuusanalyysi
- riippuvuus- ja yhteisvika-analyysi
- vikapuuanalyysi järjestelmä- ja toimintokuvauksineen
- luotettavuustiedot, mukaan lukien asiantuntija-arviot perusteluineen
- tärkeysmitat perustapahtumille ja järjestelmille
- epävarmuusanalyysit
- tulokset ja niiden arviointi johtopäätöksiin.

Alkutapahtumina tulee käsitellä laitoksen sisäisistä vioista, häiriöistä ja virheistä alkavat tapahtumat, ulkoisen sähköverkon menetys, tulipalot, tulvat, poikkeukselliset sääolot, seismiset ilmiöt ja muut ympäristöstä johtuvat tekijät sekä ihmisen toiminnasta johtuvat ulkoiset tekijät. Tässä ohjeessa ei käsitellä laitoksen tahallisen vahingoittamisen arviointia.

## 4.3 Tason 2 PSA

Tason 2 PSA:ssa tulee määrittää suojarakennuksesta vuotavien radioaktiivisten aineiden määrä, todennäköisyys ja ajoittuminen. Arvion tulee kattaa suojarakennuksen vuodot, vauriot ja hallitut päästöt sekä suojarakennuksen ohitukset. Tason 2 PSA:ssa tulee arvioida reaktorionnettomuuden fysikaalinen eteneminen ja ajoittuminen onnettomuuksissa, jotka uhkaavat suojarakennuksen rakenteellista eheyttä tai sen toiminnallista tiivyyttä tai joissa päästö primääripiiristä tapahtuu suojarakennuksen ulkopuo-

listen järjestelmien kautta (suojarakennuksen ohitus).

Tason 2 PSA:ssa tulee esittää ainakin seuraavat asiat:

- tasojen 1 ja 2 välinen liityntä: selvitys tasolla 2 käytetyistä sydänvauriotiloista, tason 1 minimikatkojoukkojen jakaantuminen tason 2 sydänvauriotiloihin sekä tasolla 2 mallinnettujen järjestelmien ja toimintojen riippuvuudet tason 1 mallista
- suojarakennuksen tapahtumapuut
- selvitys suojarakennuksen tapahtumien ja turvallisuusjärjestelmien välisestä vuorovaihtuksesta onnettomuuden edetessä
- selvitys vakavien onnettomuuksien hallintaan tarkoitettujen järjestelmien luotettavuudesta ottaen huomioon suojarakennuksessa onnettomuuden aikana vallitsevat olosuhteet ja virhetoimintojen mahdollisuus
- arvio reaktorisydäimestä vapautuvien radionuklidien määrästä ja vapautumisen ajoittumisesta sekä radionuklidien kulkeutumisesta ja pidättymisestä
- arvio ympäristöön vapautuvien radionuklidien määrästä, laadusta, päästön lähtökorkeudesta ja ajoittumisesta sekä todennäköisyydestä epävarmuuksineen
- arvio vakavien onnettomuuksien hallintastrategian osuvuudesta ja vaikuttavuudesta sekä järjestelmien välisestä tasapainosta (esim. suojarakennusmatriisi)
- asiantuntija-arviot perusteluineen
- tulokset ja niiden arviointi johtopäätöksiin.

Tason 2 PSA:ssa tulee käsitellä mm. seuraavia ilmiöitä:

- suojarakennuksen vuoto tai ohitus mm. suojarakennuksen eristämisen epäonnistumisen, höyrystinvaurion, järjestelmien välisten vuotojen tai suojarakennuksen läpivientien tai kulkuaukkojen tiivisteiden vaurioitumisen takia
- reaktiivoimat ja missiilit onnettomuuden eri vaiheissa, erityisesti reaktoripainesäiliön puhkeamisen tai primääripiirin muun vaurion yhteydessä
- eri onnettomuusketjuissa syntyvän vedyn määrä ja synnyn ajoittuminen, vedyn jakautuminen suojarakennuksessa sekä vetytalo-

jen ja -räjähdysten todennäköisyys ja vaikutukset

- sulan sydänmateriaalin ja jäädytteen vuorovaikutuksissa tapahtuva nopea höyryntuotto (steam spiking) ja höyryräjähdykset
- reaktoripainesäiliön puhkeamismekanismit, puhkeamisen ajoittuminen ja purkautuvan materiaalin vaikutus suojarakennuksen eheyteen
- muut primääripiirin eheyttä vaarantavat tekijät
- suojarakennuksen paineen nopea kasvaminen esimerkiksi primääripiirin vaurioitumisen, vetytalojen tai sydänsulan ja jäädytteen vuorovaikutuksen takia
- reaktorisydämen tuleminen uudelleen kriittiseksi
- suojarakennuksen paineen hidaskasvaminen jälkilämmön tai lauhtumattomien kaasujen muodostumisen vaikutuksesta
- suojarakennuksen vaurioituminen sydänsulan ja rakenteiden vuorovaikutusten takia.

#### 4.4 Tapauskohtaiset analyysit

Tässä luvussa esitetään sisältö- ja dokumentointivaatimuksia sellaisille pienimuotoisille tapauskohtaisille analyyseille, jotka luvanhaltija tekee päätöksentekoa varten (mm. TTKE-poikkeuslupahakemuksiin, kiireellisiin korjaus- ja muutostöihin sekä käyttötapahtumiin liittyviin analyyseihin). Laajoihin laitosmuutoksiin tulee soveltaa edellä esitettyjä PSA:ta koskevia yleisiä vaatimuksia.

Tapauskohtaiseen riskilaskentaan tulee käyttää sellaista mallia, joka kuvaa tarkasteltavan tapahtuman kannalta laitosta riittävän hyvin. Laskennassa käytetyn PSA-tietokonehallin tulee olla STUKin käytettävissä mahdollista tarkistuslaskentaa varten.

Luvanhaltijan on toimitettava STUKille kaikki laskennan jäljitettävyyteen liittyvä oleellinen tieto. Toimitettavassa aineistossa on esitettävä ainakin

- analyysin oletukset
- mallimuutosten ja erillisten laskelmien kuvaus
- vaikutus PSA:n päätuloksiin
- arvio tulokseen eniten vaikuttavista tekijöistä (esim. tärkeysmitoilla täydennettynä)

- kvalitatiivinen arvio analyysin epävarmuuksista
- analyysissä käytetyn PSA-tietokonehallin ja laskentaohjelman tunnistetiedot.

Jos analyysiin käytettävissä oleva aika on lyhyt, käsittelyn laajuutta voidaan supistaa käytettävissä olevien resurssien mukaiseksi. Tapauskohtaisen PSA-analyysin painoarvo päätöksenteossa riippuu kuitenkin mm. siitä, kuinka hyvin edellä esitetyt vaatimukset täyttyvät.

## 5 Laadunhallinta

Vastuu PSA:n laatimisesta, ylläpidosta ja soveltamisesta on luvanhakijalla/-haltijalla.

Luvanhaltijalla tulee olla PSA:n laatimisesta ja soveltamisesta ohje, jossa esitetään PSA:n laatimiseen liittyvät vastuut, hyväksymismenettelyt ja viitteet menettelyohjeisiin sekä PSA:n soveltamisessa käytettävät menettelyt. Vastavat ohjeet tulee olla myös tietokonehallin ajan tasalla pidosta, virheiden ja puutteiden käsittelystä, muutosten tekemisestä, päivitysaikatauluista, sisäisestä tarkastuksesta ja hyväksymisestä, dokumentaatiosta ja toimittamisesta STUKille. Luvanhaltijan tulee toimittaa edellä mainitut ohjeet STUKille tiedoksi.

Luvanhaltijan tulee pitää kirjaa PSA-malliin ja lähtötietoihin tehdyistä muutoksista, niiden syistä ja vaikutuksista PSA:n tuloksiin sekä toimittaa tiedot STUKille päivitetyn PSA:n liitteenä.

## 6 Määritelmiä

**PSA:lla** (probabilistic safety assessment) tarkoitetaan todennäköisyyspohjaista turvallisuusanalyysia.

**PSA:n eri tasoilla** kuvataan laajan todennäköisyyspohjaisen turvallisuusanalyysin peräkkäisiä osuuksia. Taso 1 on turvallisuusanalyysin ensimmäinen osa. Siinä määritetään reaktorisydämen vaurioitumiseen johtavat onnettomuusketjut ja niiden taajuudet. Tason 2 turvallisuusanalyysi arvioi reaktorisydämen sulamista ja



radioaktiivisten aineiden pääsemistä suojarakennuksesta ympäristöön ja radioaktiivisten aineiden päästön määrää, todennäköisyyttä ja ajoittumista. Tason 3 turvallisuusanalyysissä selvitetään radioaktiivisten aineiden päästöjen ihmiselle ja ympäristölle aiheuttamaa riskiä.

#### **Turvallisuustoiminnot**

ovat turvallisuuden kannalta tärkeitä toimintoja, joiden tarkoituksena on ehkäistä häiriöiden ja onnettomuuksien syntyminen tai eteneminen tai lieventää onnettomuuksien seurauksia.

#### **Alkutapahtuma**

on yksittäinen tapahtuma, joka vaatii laitoksen turvallisuustoimintojen käynnistämistä. Alkutapahtuma voi olla laitoksen sisäinen tai ulkoinen tapahtuma, kuten laitevika, luonnonilmiö tai ihmisen toiminnasta johtuva poikkeama.

#### **Turvallisuusjärjestelmä**

on järjestelmä, joka suorittaa jotakin turvallisuustoimintoa.

#### **Tukijärjestelmä**

on järjestelmä, joka mahdollistaa muun järjestelmän päätoiminnon esim. syöttämällä sähköä, jäähdyttämällä, voitelemalla tai säätämällä.

#### **Yhteisvika**

tarkoittaa usean järjestelmän, laitteen tai rakenteen vikautumista saman yksittäisen tapahtuman tai syyn seurauksena joko samanaikaisesti tai lyhyen ajan sisällä.

#### **Minimikatkosjoukko**

tarkoittaa tason 1 PSA:ssa pienintä alkutapahtuman ja vika- tai virhetoimintojen yhdistelmää, joka riittää johtamaan sydänvaurioon.