

## Ydinvoimalaitosten suunnittelussa noudatettavat turvallisuusperiaatteet

1	Yleistä	3
2	Säteilyturvallisuus	3
2.1	Työntekijöiden säteilyaltistuksen rajoittaminen	3
2.2	Radioaktiivisten aineiden päästöjen rajoittaminen ja valvonta	4
2.3	Ilmastointi	5
2.4	Ydinjätteen käsittelyjärjestelmät	5
2.5	Käytöstäpoisto	5
3	Ydinturvallisuus	6
3.1	Reaktori	6
3.2	Reaktorin primääripiiri ja jäähdytysjärjestelmät	8
3.3	Suojarakennusjärjestelmä	9
3.4	Suojausjärjestelmät	12
3.5	Sähköjärjestelmät	13
3.6	Valvonta ja ohjaus	13
3.7	Palontorjunta	15
3.8	Polttoaineen käsittelyjärjestelmät	15
3.9	Turvallisuusluokitus	16
3.10	Varautuminen tarkastukseen, testaukseen ja huoltoon	16
3.11	Yhteiset järjestelmät, rakenteet ja laitteet	16
3.12	Ympäristöolosuhteiden huomioonotto	16
3.13	Inhimillisten virheiden huomioonotto	16
3.14	Ulkoisten tapahtumien vaikutukset	17
3.15	Laitteiden ja materiaalien vanheneminen	17
4	Määritelmiä	17

Tämä ohje on voimassa 1.3.1996 alkaen toistaiseksi. Ohje kumoaa 1.12.1982  
annetun ohjeen YVL 1.0.

# Valtuutusperusteet

Säteilyturvakeskus antaa ydinenergian käytön turvallisuutta koskevat yksityiskohdalliset määräykset ydinenergialain (990/87) 55 §:n 2 momentin 3 kohdan ja ydinvoimalaitosten turvallisuutta koskevista yleisistä määräyksistä annetun valtioneuvoston päätöksen (395/91) 29 §:n nojalla.

YVL-ohjeet ovat sääntöjä, joita yksittäisen luvanhaltijan tai muun kyseeseen tulevan organisaation on noudatettava, ellei Säteilyturvakeskukselle ole esitetty muuta hyväksyttävää menettelytapaa tai ratkaisua, jolla YVL-ohjeessa esitetty turvallisuustaso saavutetaan. Ohje ei muuta Säteilyturvakeskuksen ennen ohjeen voimaantuloa tekemiä päätöksiä, ellei Säteilyturvakeskus ilmoita siitä erikseen.

# 1 Yleistä

Ydinenergiain (990/87) mukaan ydinenergian käytön on oltava turvallista eikä siitä saa aiheutua vahinkoa ihmisille, ympäristölle tai omaisuudelle. Ydinvoimalaitoksen turvallisuus muodostuu laitoksen turvallisesta rakenteesta sekä laitteiden ja käyttötoiminnan korkeasta laadusta. Saavutetun turvallisuustason ylläpito ja kohottaminen edellyttävät hyvin kehittyneitä turvallisuuskulttuuria.

Valtioneuvoston päätöksessä (395/91) esitetään ydinvoimalaitosten turvallisuutta koskevat yleiset määräykset. Määräykset laitoksen turvallisesta rakenteesta esitetään päätöksen 7—22 §:ssä.

Päätöksen (395/91) 3 §:n mukaan *yleisenä tavoitteena on ydinvoimalaitoksen turvallisuuden varmistaminen siten, että ydinvoimalaitoksen käytöstä ei aiheudu työntekijöiden tai ympäristön väestön terveyttä vaarantavia säteilyhaittoja eikä muuta vahinkoa ympäristölle tai omaisuudelle.* Tämän tavoitteen saavuttamiseksi otetaan jo suunnittelussa huomioon tapahtumat, jotka voivat olla

- laitoksen käyttöön liittyviä
- laitospaikasta tai ympäristöstä aiheutuvia
- tahattomasta tai tahallisesta ihmisen toiminnasta aiheutuvia.

Tässä ohjeessa esitetään valtioneuvoston päätöstä täsmentävät ydinvoimalaitoksen suunnittelussa noudatettavat turvallisuusperiaatteet. Ohjeessa YVL 1.1 selvitetään, kuinka STUK valvoo ydinvoimalaitoksien suunnittelua, rakentamista ja käyttöä.

Ydinvoimalaitoksen suunnittelussa on lisäksi otettava huomioon turva- ja valmiusjärjestelyjä koskevat yleiset turvallisuusmääräykset, jotka esitetään valtioneuvoston päätöksissä 396/91 ja 397/91. Yksityiskohtaiset vaatimukset turva- ja valmiusjärjestelyistä esitetään ohjeissa YVL 6.11 ja YVL 7.4.

Ydinvoimalaitoksen rakentamiseen tarvitaan ydinenergiain tarkoittama periaatepäätös ja rakentamislupa. Vastaavasti laitoksen käyttöä

varten on tarpeen ydinenergiain tarkoittama käyttölupa.

Luvanhaltija on vastuussa laitoksensa turvallisuudesta ydinenergiain 9 §:n mukaisesti. Luvanhaltijan velvollisuutena on osoittaa, että turvallisuusperiaatteet täytetään. Turvallisuusanalyysjä koskevat vaatimukset esitetään ohjeissa YVL 2.2 ja YVL 2.8. Laadunvarmistusta koskee ohje YVL 1.4.

## 2 Säteilyturvallisuus

Säteilylain (592/91) 3 §:n mukaan ydinenergian käyttöön sovelletaan mitä säteilylain 2 §:ssä ja 9 luvussa säädetään. Työntekijöiden säteilyannosrajoista säädetään säteilyasetuksen (1512/91) 2 luvussa.

VNP:n (395/91) 7 §:n mukaan *ydinvoimalaitoksen käytöstä aiheutuva säteilyaltistus on pidettävä niin pienenä kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista. Ydinvoimalaitos ja sen käyttö on lisäksi suunniteltava siten, että tässä päätöksessä esitettyjä raja-arvoja ei ylitetä.*

Raja-arvojen alittaminen ei riitä perusteluksi sille, että jokin työntekijöiden tai väestön säteilyannosta tai ympäristön saastumista olennaisesti vähentävä ratkaisu jätettäisiin toteuttamatta.

### 2.1 Työntekijöiden säteilyaltistuksen rajoittaminen

#### Laitoksen suunnittelu

Ydinvoimalaitoksen tiloissa ja laitteissa esiintyvät radioaktiivisten aineiden määrät ja laadut tulee arvioida laitosta suunniteltaessa ottaen huomioon käyttötilanteet ja onnettomuudet.

Radioaktiivisten aineiden syntyä ja leviämistä laitoksella tulee rajoittaa. Säteilyannoksiin merkittävästi vaikuttavien aineiden korrosio, aktivoituminen ja kulkeutuminen tulee pitää pienenä

- rakennemateriaalien ja -ratkaisujen valinnalla ja pintakäsittelyllä

— vesikemian ja puhdistusjärjestelmien suunnittelulla.

Merkittävästi radioaktiivisia aineita sisältävät rakenteet, järjestelmät ja laitteet tulee ensisijaisesti sijoittaa omiin huonetiloihinsa tai muuten erottaa siten, että työntekijät eivät altistu niistä peräisin olevalle säteilylle käytäessään, tarkastaessaan tai huoltaessaan laitosta. Säteilysuojaukset tulee suunnitella riittävin turvallisuusmarginaalein. Kulkuväylät ja säännöllisessä käytössä olevat työtilat tulee suunnitella ja sijoittaa siten, että ulkoisen säteilyn annosnopeus on vähäinen ja sisäisen säteilyaltistuksen mahdollisuus on pieni.

Ydinvoimalaitoksen tilat tulee luokitella arvioitujen säteilyolosuhteiden perusteella. Säteilysuojelun kannalta valvontaa vaativat tilat tulee sijoittaa omalle alueelleen, jonne kulkua voidaan rajoittaa ja valvoa tarkoituksemukaisella tavalla. Tälle alueelle ei tule sijoittaa päivittäisessä käytössä olevia työtiloja ilman erityistä syytä.

Laitteiden käyttöä, tarkastuksia ja huoltoa varten tulee suunnitella sellaiset edellytykset ja olosuhteet, että säteilyn alaisena tehtävien työvaiheiden määrä jää vähäiseksi ja kestoltaan lyhyeksi.

Ydinvoimalaitoksella tulee olla riittävät tilat ja laitteet kontaminoituneiden laitteiden puhdistamiseen, korjaamiseen ja huoltamiseen.

Ydinvoimalaitos on suunniteltava siten, että valvomossa voidaan työskennellä pitkäaikaisesti ja että radioaktiivisten päästöjen rajoittamisessa tarvittavia laitteita voidaan käyttää ja huoltaa myös onnettomuuksien aikana.

Yksityiskohtaiset ohjeet säteilyturvallisuuden huomioon ottamisesta ydinvoimalaitoksen suunnittelussa esitetään ohjeessa YVL 7.18.

## Säteilyvalvonta

Säteilyvalvonnan varmistamiseksi laitoksessa tulee olla riittävästi kiinteitä ja siirrettäviä säteilymittauslaitteita ulkoisen annosnopeuden ja ilmassa, järjestelmissä tai pinnoilla olevien radioaktiivisten aineiden määrittämiseen. Lisäksi tulee olla asianmukaiset laboratoriotilat ja -laitteet näytteiden analysointia varten sekä henkilökohtaiseen annosvalvontaan tarvittava laitteisto.

Säteilyvalvonnassa tulee lisäksi käyttää hälyttäviä mittalaitteita siten, että ydinvoimalaitoksen käyttötilanteissa kukaan ei joudu tietämättään alttiiksi säteilylle terveydelle haitallisessa määrin.

Säteilyvalvonnan suunnittelussa on myös vaurduttava onnettomuuksiin. Onnettomuuksien aikana on voitava suorittaa ainakin

- annosnopeuden mittaus suojarakennuksessa
- suojarakennuksen kaasutilassa olevien radioaktiivisten aineiden pitoisuuksien määrittäminen
- jäähdytteessä olevien radioaktiivisten aineiden pitoisuuksien määrittäminen.

Yksityiskohtaisia vaatimuksia ydinvoimalaitosten työntekijöiden säteilysuojelusta esitetään ohjeessa YVL 7.9. Ohjeessa YVL 7.10 esitetään vaatimukset työntekijöiden säteilyannosvalvonnasta ja annosten raportoinnista. Säteilyvalvontajärjestelmiä ja -laitteita koskee ohje YVL 7.11.

## 2.2 Radioaktiivisten aineiden päästöjen rajoittaminen ja valvonta

VNP:n (395/91) 26 §:n mukaan *ydinvoimalaitoksen radioaktiivisten aineiden päästöt ja pitoisuuksia ympäristössä on valvottava tehokkaasti.*

Radioaktiivisia aineita sisältävät järjestelmät ja laitteet on suunniteltava siten, että radioaktiivisten aineiden päästöt ja ympäristön väes-

tön säteilyaltistus voidaan pitää pieninä. Radioaktiivisia aineita sisältävien nesteiden ja kaasujen puhdistamiseksi tulee suunnitella järjestelmät, jotka tehokkaasti rajoittavat radioaktiivisten aineiden päästöjä sekä näiden aiheuttamaa säteilyaltistusta ympäristössä.

Kaikkien suunniteltujen radioaktiivisten aineiden päästöreittien valvomiseksi tulee suunnitella järjestelmät, jotka mittaavat ja tallentavat tiedot ympäristöön päästettävien radioaktiivisten aineiden määristä käyttötilanteissa ja onnettomuuksien aikana. Eri päästöreiteille tulee määrittää rajat, joiden ylittyessä käynnistetään tarvittavat toimenpiteet päästöjen rajoittamiseksi.

Radioaktiivisten aineiden päästöjä suunnitelluilla päästöreiteillä on voitava valvoa myös yksittäisvikautumisen sattuessa käyttötilanteissa ja onnettomuuksien aikana.

Laitoksen ympäristöön on sijoitettava riittävä määrä automaattisia, jatkuvasti mittaavia ulkoisen säteilyn mittausasemia, jotka antavat tiedon mahdollisista ympäristön kannalta haitallisista radioaktiivisten aineiden päästöistä. Meteorologisilla mittauslaitteilla tulee voida tosijassa tehdä luotettavia arvioita radioaktiivisten aineiden päästöjen leviämisestä ympäristöön.

Yksityiskohtaiset vaatimukset ydinvoimalaitoksen radioaktiivisten aineiden päästöjen rajoittamisesta esitetään ohjeessa YVL 7.1. Päästöjen mittausta koskevat vaatimukset esitetään ohjeessa YVL 7.6. Laitoksen ympäristön säteilytarkkailua käsitellään ohjeessa YVL 7.7 ja meteorologisia mittauksia ohjeessa YVL 7.5.

## 2.3 Ilmastointi

Sellaisia laitoksen tiloja varten, joiden ilmatilaan voi joutua merkittäviä määriä radioaktiivisia aineita, on suunniteltava ilmastointi- ja suodatusjärjestelmät, joiden tehtävä on

- vähentää laitostilojen ilman sisältämien radioaktiivisten aineiden pitoisuuksia
- estää radioaktiivisten aineiden leviäminen muihin laitostiloihin

— rajoittaa radioaktiivisten aineiden pääsyä ympäristöön.

Näiden ilmastointi- ja suodatusjärjestelmien tulee toimia suunnitellulla tehollaan myös yksittäisvikautumisen sattuessa käyttötilanteissa ja oletettujen onnettomuuksien aikana.

Ydinvoimalaitoksen valvomoa, väestönsuojaa ja niitä tiloja varten, joita tarvitaan onnettomuuksien aikana toiminnan johtamiseen, tulee suunnitella suodattava tuloilmajärjestelmä. Järjestelmien on voitava toteuttaa turvallisuustoimintonsa myös yksittäisvikautumisen sattuessa käyttötilanteissa ja onnettomuuksien aikana.

Yksityiskohtaiset vaatimukset ydinvoimalaitosten ilmastointijärjestelmistä esitetään ohjeessa YVL 5.6.

## 2.4 Ydinjätteen käsittelyjärjestelmät

Ydinvoimalaitoksella tulee olla vähä- ja keskiaktiivisten radioaktiivisten jätteiden käsittelyä ja varastointia varten riittävät tilat. Tiloihin tulee suunnitella järjestelmät, joilla voidaan turvallisesti käsitellä ja siirtää jätteitä ja mitata niiden sisältämien radioaktiivisten aineiden määrä ja laatu.

Yksityiskohtaiset vaatimukset radioaktiivisten jätteiden käsittelystä ja varastoinnista ydinvoimalaitoksella esitetään ohjeessa YVL 8.3.

## 2.5 Käytöstäpoisto

Ydinvoimalaitoksen käytöstäpoistoon tulee varautua jo laitosta suunniteltaessa. Laitoksessa käytettävien materiaalien ja rakenneratkaisujen yhtenä valintaperusteena tulee olla loppusijoitettavan jätteen määrän rajoittaminen. Laitoksen purkaminen ja säteilevien rakenteiden ja laitteiden poistaminen tulee voida tehdä siten, että työntekijöiden ja ympäristön säteilyaltistus voidaan rajoittaa pieneksi.

## 3 Ydinturvallisuus

Ydinenergialain 6 §:ssä ja VNP:n (395/91) 3 §:ssä esitettyjen tavoitteiden saavuttamiseksi ydinvoimalaitoksen turvallisuustaso on nostettava niin korkeaksi kuin käytännön toimenpitein on mahdollista. Onnettomuuden todennäköisyyden on oltava sitä pienempi, mitä vakavampi onnettomuuden seurauksena saattaisi olla ihmisille, ympäristölle ja omaisuudelle.

VNP:n (395/91) 13 §:n mukaan *käyttöhäiriöiden ja onnettomuuksien ehkäisemiseksi on käytettävä koeteltua tai muuten huolella tutkittua, korkealaatuista tekniikkaa suunnittelussa, rakentamisessa ja käyttötoiminnassa (ennalta ehkäiseminen).*

*Ydinvoimalaitoksella on oltava järjestelmät, joiden avulla voidaan nopeasti ja luotettavasti havaita käyttöhäiriöt ja onnettomuustilanteet ja estää tilanteen kehittyminen vakavammaksi. Suuriin radioaktiivisten aineiden päästöihin johtavien onnettomuuksien on oltava erittäin epätodennäköisiä (käyttöhäiriöiden ja onnettomuustilanteiden hallinta).*

*Onnettomuuden seurauksien lieventämiseen on varauduttava tehokkain teknisin ja hallinnollisin järjestelyin. Vastatoimenpiteet onnettomuuden saamiseksi hallintaan ja säteilyhaittojen ehkäisemiseksi on suunniteltava ennalta (seurausten lieventäminen).*

VNP:n (395/91) 14 §:n mukaan *radioaktiivisten aineiden leviäminen ydinreaktorin polttoaineesta ympäristöön on estettävä peräkkäisillä esteillä, joita ovat polttoaine ja sen suojakuori, ydinreaktorin jäähdytyspiiri (primääripiiri) ja suojarakennus. Näiden peräkkäisten teknisten leviämisehdojen säilyttämiseksi suunnittelussa tulee käyttää riittäviä turvallisuusmarginaaleja.*

VNP:n (395/91) 18 §:n mukaan *turvallisuustoimintojen varmistamisessa on ensisijaisesti käytettävä hyväksi suunnitteluratkaisuin saavutettavissa olevia luontaisia turvallisuusominaisuuksia. Erityisesti ydinreaktorin fyysi-*

*kaalisten takaisinkytkentöjen yhteisvaikutuksen on oltava sellainen, että se hillitsee reaktorin tehon kasvua.*

*Mikäli turvallisuustoiminnon varmistamisessa ei voida käyttää hyväksi luontaisia turvallisuusominaisuuksia, on ensisijaisesti käytettävä järjestelmiä ja laitteita, jotka eivät tarvitse ulkoista käyttövoimaa tai jotka käyttövoiman menetyksen seurauksena asettuvat turvallisuuden kannalta edulliseen tilaan.*

*Tärkeimpiä turvallisuustoimintoja suorittavien järjestelmien on pystyttävä toteuttamaan tehtävänsä, vaikka mikä tahansa järjestelmän yksittäinen laite olisi toimintakyvytön ja vaikka mikä tahansa turvallisuustoimintoon vaikuttava laite olisi samanaikaisesti poissa käytöstä korjauksen tai huollon vuoksi (rinnakkaisperiaate).*

*Toisiaan varmistavat turvallisuusjärjestelmät sekä turvallisuusjärjestelmien rinnakkaiset osat on erotettava toisistaan siten, että niiden vioittuminen samasta ulkoisesta syystä on epätodennäköistä (erotteluperiaate).*

*Tärkeimpien turvallisuustoimintojen varmistamisessa on käytettävä mahdollisuuksien mukaan eri toimintaperiaatteisiin perustuvia järjestelmiä (erilaisuusperiaate).*

Yksityiskohtaisia vaatimuksia vikakriteerien ja erilaisuusperiaatteen soveltamisesta esitetään ohjeessa YVL 2.7.

### 3.1 Reaktori

#### Polttoaineen ja reaktorin suunnittelu

VNP:n (395/91) 15 §:n mukaan *polttoaineen jäähdytyksen olennaisen heikkenemisen tai muusta syystä aiheutuvan polttoainevaurion todennäköisyyden on oltava pieni normaaleissa käyttötilanteissa ja odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä.*

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

*Kriittisysonnettomuuden mahdollisuuden on oltava erittäin pieni.*

Reaktori ja siihen liittyvät järjestelmät eivät saa sisältää ominaispiirteitä, jotka voisivat odotettavissa olevan käyttöhäiriön tai oletetun onnettomuuden yhteydessä aiheuttaa merkittävän reaktiivisuuslisän ja siten pahentaa tapahtuman seurauksia.

Polttoaine ja reaktorin sisäosat tulee suunnitella rakenteeltaan siten yhteensopiviksi, että reaktoria koottaessa kukin osa asettuu luotettavasti oikeaan paikkaan ja asentoon. Polttoaineen ja reaktorin sisäosien oikea sijoittuminen on voitava tarkastaa lataus- toimenpiteiden jälkeen.

Reaktoripaineastian sisäosat tulee suunnitella ja asentaa siten, että ne pysyvät paikoillaan käyttötilanteissa ja oletetuissa onnettomuuksissa ja että ne kestävät näissä tilanteissa esiintyvät kuormat reaktorin pysäytyksen ja jäähtymisen vaarantumatta.

VNP:n (395/91) 18 §:n mukaan *erityisesti ydinreaktorin fysikaalisten takaisinkytkentöjen yhteisvaikutuksen on oltava sellainen, että se hillitsee reaktorin tehon kasvua.*

Lisäksi reaktorin sydän ja siihen liittyvät jäähdytys-, suojaus- ja reaktiivisuuden hallintajärjestelmät tulee suunnitella siten, että

- reaktorin teho on vakaa normaalin käytön aikana
- mahdolliset tehon heilahtelut voidaan havaita ja vaimentaa, ennen kuin ne johtavat polttoaineen suunnittelurajojen ylittymiseen.

Polttoaineen suunnittelua ja suunnittelurajoja koskevat yksityiskohtaiset vaatimukset esitetään ohjeessa YVL 6.2.

### **Reaktiivisuuden hallinta ja reaktorin pysäytys**

Reaktiivisuuden hallitsemiseksi tulee suunnitella kaksi toisistaan riippumatonta, eri periaatteilla toimivaa hallintajärjestelmää, joista kumpikin erikseen pystyy pysäyttämään reaktorin käyttötilanteissa. Ainakin toisen näis-

tä järjestelmistä on yksinään kyettävä pitämään reaktori pysäytettynä kaikissa reaktorin lämpötiloissa.

Reaktiivisuuden hallintajärjestelmät tulee suunnitella siten, että ne yksinään tai yhdessä jäähtymisenmenetystilanteiden varalta suunniteltujen järjestelmien lisäämän reaktiivisuusmyrkyä kanssa kykenevät luotettavasti pitämään reaktorin pysäytettynä oletetuissa onnettomuuksissa.

Reaktiivisuuden hallintajärjestelmät on suunniteltava siten, että vakavassa reaktorionnettomuudessa vaurioitunut reaktori tai sen jäänteet pysyvät alikriittisenä.

Toisen reaktiivisuuden hallintajärjestelmän tulee perustua kiinteisiin absorbaattoreihin kuten esimerkiksi säätösauvoihin.

Reaktiivisuuden hallintajärjestelmät yhdessä suojausjärjestelmän kanssa tulee suunnitella siten, ettei mikään reaktiivisuuden hallintajärjestelmien yksittäinen virhetoiminto, kuten säätösauvojen ulosveto normaalilla nopeudella, aiheuta polttoaineen suunnittelurajojen ylittymistä.

Reaktiivisuuden hallintajärjestelmien vioista johtuvissa oletetuissa onnettomuuksissa (esimerkiksi säätösauvan uloslento tai putoaminen tai muun absorbaattorina käytettävän aineen äkillinen poistuminen reaktorista) reaktiivisuuden kasvun määrän ja nopeuden on pysyttävä rajoitettuna siten, ettei polttoaineen jäähdytettävyyttä koskevia suunnittelurajoja ylitetä ja että onnettomuuden seurauksena mahdollisesti syntyvien polttoainevaurioiden määrä pysyy pienenä.

Reaktiivisuuden hallintajärjestelmät on suunniteltava siten, että niistä kumpikin toteuttaa turvallisuustoimintonsa myös yksittäisvikautumisen sattuessa.

Jos vain toinen reaktiivisuuden hallintajärjestelmä pystyy yksinään pitämään reaktorin pysäytettynä kaikissa lämpötiloissa, sen on voitava toteuttaa turvallisuustoimintonsa myös yksittäisvikautumisen sattuessa, vaikka

mikä tahansa turvallisuustoimintoon vaikuttava laite olisi samanaikaisesti pois käytöstä korjauksen tai huollon vuoksi.

Reaktiivisuuden hallintajärjestelmät on suunniteltava siten, että säätöjärjestelmän yksittäisvika tai yksittäinen ohjausvirhe ei aiheuta tehon kasvua reaktorin pysäytystä edellyttävälle rajalle.

## 3.2 Reaktorin primääripiiri ja jäähdytysjärjestelmät

### Reaktorin primääripiirin eheyden varmistaminen

VNP:n (395/91) 16 §:n mukaan *ydinreaktorin primääripiiri on suunniteltava siten, että siihen kohdistuvat rasitukset alittavat riittävällä varmuudella rakennemateriaaleille määritetyt nopeasti kasvavan murtuman estämiseksi tarkoitetut arvot normaaleissa käyttötilanteissa, odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä ja oletetuissa onnettomuuksissa. Myös muusta syystä aiheutuvan primääripiirin rikkoutumisen mahdollisuuden on oltava pieni.*

Reaktorin primääripiirin suunnittelussa, valmistuksessa, asennuksessa, tarkastuksessa ja testauksessa tulee käyttää tehokkaasti hyväksi uusimman tiedon ja tekniikan tarjoamat keinot nopeasti kasvavan murtuman ja muun vakavan vikautumisen ehkäisemiseksi. Erityisesti tulee pyrkiä rajoittamaan piirin osiin kohdistuvia useasti toistuvia kuormituksia ja jännityshuippuja sekä piirissä olevien hitsausseamujen määrää.

Primääripiirin suunnittelussa tulee ottaa huomioon säteilystä johtuvat ja kemialliset vaikutukset sekä termiset, hydrauliset ja mekaaniset kuormat siten, että paineastian ja primääripiirin muiden osien rikkoutuminen on erittäin epätodennäköistä.

Käyttötilanteissa ja oletetuissa onnettomuuksissa varmuusmarginaalin tulee olla riittävä rakenneaineiden hauraaseen käyttäytymiseen nähden. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon epävarmuustekijät määritettäessä rakenne-

aineiden ominaisuuksia, rakenneaineisiin kohdistuvaa säteilyä ja sen vaikutusta, jännitystiloja ja vikojen kokoa.

Primääripiiri ja sen osat tulee suunnitella siten, että

- tärkeät alueet ja yksityiskohdat voidaan määrajoin tarkastaa ja testata niiden rakenteellisen eheyden ja tiiviyn arvioimiseksi
- määraaikainen reaktoripaineastian aineen-koetusohjelma säteilyn vaikutuksen ja rakenneaineen vanhenemisen määrittämiseksi voidaan toteuttaa.

Yksityiskohtaiset vaatimukset primääripiirin määraikaistarkastuksista esitetään ohjeessa YVL 3.8.

### Reaktorin jäähdytysjärjestelmä

Reaktorin jäähdytysjärjestelmä ja siihen liittyvät apu-, säätö- ja suojausjärjestelmät tulee suunnitella siten, että reaktorin primääripiirin suunnitteluarvoja ei ylitetä käyttötilanteissa.

Reaktorin jäähdytysjärjestelmän muoto ja rakenne tulee suunnitella siten, että

- mahdollisuus jäähdytevuotoihin ydinpoltoaineen yläpään tasoa alempana on käyttötilanteissa erittäin pieni
- primääripiiriin seisokin aikana kohdistuvat toimenpiteet eivät olennaisesti lisää jäähdytevuodosta aiheutuvaa vaaraa.

Reaktorin paineen säätö on suunniteltava siten, että paine voidaan käyttötilanteissa pitää normaalin jäähdytyksen edellyttämässä rajoissa, vaikka jossakin paineen säätöön käytettävässä laitteessa tai säätöjärjestelmässä sattuisi yksittäisvika. Erityisesti suunnitteluperusteena tulee olla, että käyttötilanteissa ei ole tarvetta

- poistaa primäärijäähdytettä suljettujen järjestelmien ulkopuolelle lukuun ottamatta mahdollista lyhytaikaista puhallusta häiriön hallitsemiseksi
- käyttää varoventtiiliä.

Onnettomuuksissa paineenhallintajärjestelmän on huolehdittava reaktorin jäähdytysjärjestelmän ylipainesuojauksesta ja paineen-

alennuksesta ohjeessa YVL 2.4 yksityiskohdaisesti määriteltyjen vikautumisten sattumissa. Paineenalennus on suunniteltava siten, että vakava reaktorionnettomuus korkeassa paineessa voidaan estää luotettavasti.

Reaktorin jäähdytteen tilavuuden säätö on suunniteltava siten, että jäähdytteen tilavuus primääripiirissä voidaan pitää normaalin jäähdytyksen edellyttämässä rajoissa, vaikka jossakin tilavuuden säätöön vaikuttavassa laitteessa tai säätöjärjestelmässä sattuisi yksittäisvika.

Reaktorin jäähdytysjärjestelmän vuotojen havaitsemiseksi on suunniteltava järjestelmä, joka antaa tiedon vuodosta ja sen suuruudesta riittävän nopeasti myös yksittäisvikautumisen sattuessa ja jonka avulla vuoto voidaan paikallistaa riittävän tarkasti.

Reaktorin jäähdytteen puhdistamiseksi on suunniteltava järjestelmä, joka käyttötilanteissa poistaa jäähdytteestä radioaktiivisia aineita ja muita epäpuhtauksia.

Vähäistä suurempien jäähdytevuotojen varalle on suunniteltava hätäjäähdytysjärjestelmä, joka korvaa menetetyn jäähdytteen tai muuten varmistaa reaktorin tehokkaan jäähdytyksen siten, että polttoaineen jäähdytettävyyteen liittyviä suunnittelurajoja ei ylitetä. Hätäjäähdytysjärjestelmän suunnittelussa tulee varautua erikokoisiin vuotoihin siten, että suurin vuoto vastaa primääripiirin suurimman putken täydellistä, äkillistä katkeamista. Lisäksi tulee varmistaa mahdollisuus käyttää järjestelmää riittävän pitkään.

Hätäjäähdytyksen toimivuus ja tehokkuus oletetuissa vuoto-tilanteissa tulee varmistaa primääripiirin vuotoilulla ja hätäjäähdytysyhteiden sopivalla sijoituksella. Hätäjäähdytysjärjestelmän tulee toteuttaa tehtävänsä myös yksittäisvikautumisen sattuessa, vaikka mikä tahansa turvallisuustoimintoon vaikuttava laite olisi samanaikaisesti pois käytöstä korjauksen tai huollon vuoksi. Lisäksi hätäjäähdytysjärjestelmän suunnittelussa tulee noudattaa erilaisuusperiaatetta.

### **Primääripiirin jäähdytys ja jälkilämmönpoisto**

Ydinvoimalaitokseen on suunniteltava järjestelmät, jotka käyttötilanteissa jäädyttävät primääripiiriä. Näiden järjestelmien on toimittava myös yksittäisvikautumisen sattuessa.

Reaktorin jälkilämmön poisto ja lämmönsiirto lopulliseen lämpönieluun on voitava toteuttaa käyttötilanteissa ja oletetuissa onnettomuuksissa myös yksittäisvikautumisen sattuessa, vaikka mikä tahansa näihin turvallisuustoimintoihin vaikuttava laite olisi samanaikaisesti pois käytöstä korjauksen tai huollon vuoksi. Reaktorin jälkilämmön poisto ja lämmönsiirto lopulliseen lämpönieluun tulee suunnitella noudattaen erilaisuusperiaatetta. Laitoksen suunnittelussa tulee varautua normaalisti käytettävän lopullisen lämpönielun käytön keskeytymiseen.

## **3.3 Suojarakennusjärjestelmä**

### **Suojarakennus**

Ydinvoimalaitokseen on suunniteltava tiivis suojarakennus, joka rajoittaa radioaktiivisten aineiden päästöjä käyttötilanteissa ja onnettomuuksissa.

VNP:n (395/91) 17 §:n mukaan *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 kaasuseos, 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.*

Suojarakennus tulee ympäröidä sekundäärisellä suojarakennuksella siten, että primäärisestä suojarakennuksesta vuotavat radioaktiiviset aineet voidaan kerätä talteen ja käsitellä asianmukaisesti. Mikäli reaktorin vaihtolatauksen tai huoltotöiden vuoksi primäärinen suojarakennus on tehtävä epätiiviksi, tulee sekundäärinen suojarakennus suunnitella toimimaan tehokkaana teknisenä leviämisesteenä näissä käyttötilanteissa mahdollisiksi arvioiduissa onnettomuuksissa.

Primäärinen suojarakennus ja sitä suojaava sekundäärinen suojarakennus on suunniteltava siten, että kohdassa 3.14 esitetyt ulkoiset tapahtumat eivät vaaranna suojarakennusjärjestelmien toimintakuntoisuutta normaaleissa käyttötilanteissa eivätkä primäärisen suojarakennuksen tiiviyyttä onnettomuuksissa. Nämä rakennukset tulee lisäksi suunnitella siten, että ne muodostavat riittävän fyysisen suojan reaktorille ja siihen liittyville järjestelmille ulkoisia tapahtumia vastaan.

Niiden järjestelmien, jotka varmistavat suojarakennuksen eheyttä vakavan reaktorionnettomuuden yhteydessä, on voitava toteuttaa turvallisuustoimintonsa myös yksittäisvikautumisen sattuessa.

### **Läpiviennit, kulkuaukot ja eristys**

Suojarakennuksen läpivientien, kulkuaukkojen ja eristysventtiilien sijoittelu, rakenne, suojaaminen ja tiivistemateriaalit tulee suunnitella siten, että ne säilyttävät toimintakykynsä ja tiiviytensä käyttötilanteissa ja onnettomuuksissa. Erityisesti tulee kiinnittää huomiota tiivistemateriaalien pitkäaikaiseen kestävyYTEEN vakavissa onnettomuuksissa. Läpivientien suunnittelussa tulee ottaa huomioon putkistoista välittyvät kuormat.

Suojarakennuksen kulkuaukkoina tulee käyttää ilmalukkoja, joiden rakenne on sellainen,

että ainakin yksi ovi on aina suljettuna kuljettaessa ilmalukon kautta. Kulkuaukkoja tulee olla vähintään kaksi. Kulkuaukot tulee sijoittaa riittävän etäälle toisistaan siten, että kaikissa tilanteissa ainakin toinen kulkuaukoista on käytettävissä hätäpoistumiseen suojarakennuksesta. Molempien tulee olla myös käsin käytettävissä.

Jokaiseen putkeen, joka on osa primääripiiriä tai suoraan yhteydessä suojarakennuksen sisätilaan ja lävistää suojarakennuksen, tulee suunnitella vähintään kaksi toisistaan riippumatonta eristysventtiiliä. Kunkin eristysventtiilin tulee olla joko automaattisesti toimiva tai kiinni-asentoon lukittu. Automaattisesti toimivan suojarakennuksen eristysventtiilin tulee olla laitoksen suojausjärjestelmän ohjaama tai virtauksen loppuessa omatoimisesti sulkeutuva (takaiskuventtiili). Ensisijaisesti yhden eristysventtiilin tulee olla suojarakennuksen sisäpuolella ja toisen suojarakennuksen ulkopuolella.

Jokaisessa putkessa, joka lävistää suojarakennuksen eikä ole osa primääripiiriä eikä yhteydessä suoraan suojarakennuksen sisätilaan, tulee olla vähintään yksi suojarakennuksen ulkopuolinen eristysventtiili. Eristysventtiilin tulee olla joko automaattisesti toimiva, kiinni-asentoon lukittu tai käsin kauko-ohjattava.

Suojarakennuksen ulkopuolisten eristysventtiilien tulee sijaita mahdollisimman lähellä suojarakennusta. Eristysventtiilien asento tulee voida todeta valvomossa lukuun ottamatta käsiventtiilejä, jotka ovat kiinni lukittuja. Takaiskuventtiiliä ei saa käyttää suojarakennuksen ulkopuolisena eristysventtiilinä.

Ensisijaisesti suojarakennuksen eristysventtiilit tulee suunnitella siten, että ne sulkeutuvat omatoimisesti, mikäli eristysventtiilin toimilaitteen käyttövoima menetetään.

Suojarakennus on voitava eristää onnettomuuksissa myös yksittäisvikautumisen sattuessa.

Ohjeessa YVL 2.8 asetetaan vaatimuksia suojarakennuksen eristämisen luotettavuudelle. Ohje YVL 5.3 koskee ydinvoimalaitoksen venttiilejä.

### **Paineen ja lämpötilan hallinta**

Ydinvoimalaitokseen tulee suunnitella järjestelmät, jotka poistavat suojarakennuksesta lämpöä onnettomuuksien aikana. Järjestelmien turvallisuustoimintona on suojarakennuksen paineen ja lämpötilan alentaminen ja pitäminen riittävän matalina. Järjestelmät tulee suunnitella siten, että niiden käyttö tai aiheeton käynnistyminen ei vaaranna suojarakennuksen eheyttä tai muita turvallisuustoimintoja käyttötilanteissa tai onnettomuuksissa.

Suojarakennuksen lämmönpoisto on voitava toteuttaa oletetuissa onnettomuuksissa myös yksittäisvikautumisen sattuessa, vaikka mikä tahansa turvallisuustoimintoon vaikuttava laite olisi samanaikaisesti pois käytöstä korjauksen tai huollon vuoksi.

Suojarakennuksen eheyden varmistamiseksi vakavissa reaktorionnettomuuksissa on suunniteltava järjestelmät, rakenteet ja laitteet, jotka ovat riippumattomia laitoksen käyttötilanteita ja oletettuja onnettomuuksia varten suunnitelluista järjestelmistä. Paine- ja lämpötilakuormituksia tarkasteltaessa tulee erityisesti ottaa huomioon

- reaktorin ja sen jäänteiden luovuttama jälkilämpö
- lauhtumattomien kaasujen kokonaismäärä
- palavien kaasujen paloista aiheutuvat lämpökuormat.

Arvioitaessa lauhtumattomien kaasujen vapautumisen määrää ja ajoitusta vakavissa onnettomuuksissa tulee erityisesti tarkastella ylikuumentuneen reaktorin sisäosien ja polttoaineen reaktioita veden kanssa. Määrää arvioitaessa tulee olettaa, että 100 % reaktorin sydänalueen sisältämistä helposti hapettuvista materiaaleista reagoi veden kanssa. Lisäksi tulee tarkastella säteilyn aiheuttamaa veden hajoamista, suojarakennuksessa ja primääripiirissä mahdollisiksi arvioituja kemiallisia reaktioita sekä reaktoripaineastian läpäisseen sydänsulan aiheuttamia reaktioita suojarakennuksen lattialla.

Suojarakennukseen kertyneen höyry-kaasuseoksen päästämistä ympäristöön ei tule suunnitella käytettäväksi ensisijaisena keinona estää suojarakennuksen paineen nousu. Suojarakennukseen on kuitenkin suunniteltava suodatettu ulospuhallusjärjestelmä, jolla vakavassa reaktorionnettomuudessa mahdollisesti vapautuneiden lauhtumattomien kaasujen aiheuttama ylipaine voidaan poistaa onnettomuuden myöhemmässä vaiheessa.

Suojarakennuksen suunnittelussa tulee ottaa huomioon vakavan reaktorionnettomuuden seurauksena mahdollisesti korkeapaineisesta primääripiiristä suojarakennukseen purkautuvan sydänsulan vaikutukset.

### **Palavien kaasujen käsittely**

Suojarakennukseen on suunniteltava järjestelmät, jotka vähentävät hapen tai onnettomuuksissa muodostuvien palavien kaasujen pitoisuuksia tai muulla tavoin estävät kaasuräjähdykset tai hallitsemattomat kaasupalot, jotka voivat uhata suojarakennuksen tiivyyttä tai sen sisältämien onnettomuuden hallintaan tarvittavien laitteiden toimintakuntoa.

Palavien kaasujen käsittely suojarakennuksessa on voitava toteuttaa oletetuissa onnettomuuksissa myös yksittäisvikautumisen sattuessa.

Palavien kaasujen määrän vähentämiseen tulee ensisijaisesti käyttää järjestelmiä ja laitteita, jotka eivät tarvitse ulkoista käyttövoimaa.

### **Suojarakennuksen ohituksen estäminen ja valvonta**

Suojarakennusjärjestelmän suunnittelussa tulee kiinnittää erityistä huomiota suojarakennuksen ohittumisen estämiseen käyttötilanteissa ja onnettomuuksissa. Suojarakennuksen ohittumisella tarkoitetaan suojarakennuksen eristämiseen tarkoitettujen rakenteiden tai laitteen eheyden tai toimintakuntauuden menetystä tai väärää asentoa, jonka seurauksena suojarakennus ei ole enää tiivis.

Suojarakennukseen tulee suunnitella valvontalaitteet, joilla onnettomuustilanteissa ympäristön säteilyrasituksen kannalta merkittävät suojarakennuksen ohitukset ja epätiiviydet voidaan havaita käyttötilanteissa.

Painevesireaktorilaitoksen primääri-sekundäärivuodoissa tarvittava paineenhallinta tulee järjestää siten, ettei jäähdytettä tarvitse puhaltaa ympäristöön.

Primääripiiriin liittyvät putkilinjat tulee suunnitella siten, että ne kestävät painetta yhtä hyvin kuin primääripiiri, mikäli ei voida osoittaa, että nämä järjestelmät ovat luotettavasti eristettävissä primääripiiristä kaikissa tilanteissa. Häätäjäähdytysjärjestelmät tulee suunnitella siten, että järjestelmien yksittäiset laiteviat eivät johda suojarakennuksen ohittumiseen eikä häätäjäähdytysveden joutumiseen pois häätäjäähdytyskierrosta.

### **Reaktorin jäänteiden hallinta**

Suojarakennuksen alatila tulee suunnitella siten, että vakavassa reaktorionnettomuudessa mahdollisesti muodostuva sydänsula suurella varmuudella ei aiheuta suojarakennuksen läpisyntymistä.

Vaurioituneen reaktorin jäänteiden jäähdyttämiseen suojarakennuksen pohjalla tulee varautua siten, että radioaktiivisten aineiden vapautumista suojarakennuksen ilmatilaan voidaan tehokkaasti rajoittaa ja että jäänteiden lähettämä säteilylämpö ei riko suojarakennuksen eheyttä.

Vakavissa reaktorionnettomuuksissa syntyvien kuumien kaasujen hallinta tulee suunnitella siten, että ne eivät riko höyrystimien kautta tai muutoin suojarakennuksen eheyttä.

### **Kaasutilan puhdistaminen**

Suojarakennukseen on suunniteltava järjestelmät, jotka onnettomuuksissa poistavat sen kaasutilasta radioaktiivisia aineita. Näiden järjestelmien suunnittelussa tulee erityisesti kiinnittää huomiota radioaktiiviseen jodiin ja kiinteässä olomuodossa oleviin radio-

aktiivisiin aineisiin sekä tilanteisiin, joissa suojarakennus alkaa vuotaa onnettomuuden aikana.

Suojarakennuksen kaasutilaa on voitava puhdistaa onnettomuuksien aikana myös yksittäisvikautumisen sattuessa.

## **3.4 Suojausjärjestelmät**

Ydinvoimalaitokseen on suunniteltava suojausjärjestelmä, joka odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä automaattisesti käynnistää tarvittavat turvallisuustoiminnot polttoaineen suunnittelurajojen ja primääripiirin suunnitteluarvojen ylittymisen estämiseksi. Lisäksi suojausjärjestelmän tehtävänä on havaita laitoksen joutuminen onnettomuuteen ja käynnistää tarvittavat turvallisuustoiminnot.

VNP:n (395/91) 22 §:n 2 momentin mukaan *ydinvoimalaitoksessa on oltava automaattiset järjestelmät laitoksen pitämiseksi käyttöhäiriöissä ja onnettomuustilanteissa hallitussa tilassa niin kauan, että ydinreaktorin ohjaajille jää riittävästi harkinta-aikaa oikeiden toimenpiteiden tekemiseksi*. Tämän harkinta-ajan riittävä pituus tulee arvioida laitokselle tehtyjen käyttöhäiriöiden, onnettomuuksien ja inhimillisten toimintojen analyysien perusteella. Ohjaajien on kuitenkin voitava jo aikaisemmin käynnistää kussakin tilanteessa tarvittavia turvallisuustoimintoja, mikäli se ohjaajien tilanearvion mukaan on turvallisuuden varmistamiseksi tarpeellista.

Turvallisuustoimintojen käsikäynnistys tulee toteuttaa mahdollisimman luotettavaa tekniikkaa käyttäen. Yksittäisten laitteiden käsikäynnistykseen lisäksi tulee suojaussignaali tarvittaessa voida laukaista käsin.

Suojausjärjestelmä tulee suunnitella siten, että ohjaajien valvomossa tekemä toimenpide tai jonkin säätöjärjestelmän toiminta ei voi estää tai pysäyttää suojausjärjestelmän käynnistämää turvallisuustoimintoa, ennen kuin toiminto on saatettu loppuun (reaktoripikasukku, suojarakennuksen eristys) tai ennen kuin laitossuureet ovat sellaiset, että suojaus-tarve on poistunut (häätäjäähdytys).

Suojausjärjestelmä on suunniteltava siten, että järjestelmä joutuu sen vikautumisen seurauksena laitoksen turvallisuuden kannalta edulliseen tilaan.

Turvallisuustoiminnot käynnistävän suojausjärjestelmän on toimittava odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä ja oletetuissa onnettomuuksissa myös yksittäisvikautumisen sattuessa, vaikka mikä tahansa turvallisuustoimintoon vaikuttava laite olisi samanaikaisesti pois käytöstä korjauksen tai huollon vuoksi. Reaktorisuojausjärjestelmän suunnittelussa tulee noudattaa lisäksi erilaisuusperiaatetta.

Suojausjärjestelmä tulee ensisijaisesti erottaa säätö- ja muista automaatiojärjestelmistä. Mahdollisen suojaus- ja säätö- tai muiden automaatiojärjestelmien keskinäinen riippuvuus ei saa heikentää turvallisuutta.

Suojausjärjestelmän suunnittelua koskevia yksityiskohtaisia suunnitteluvaatimuksia esitetään ohjeessa YVL 5.5.

### 3.5 Sähköjärjestelmät

VNP:n (395/91) 18 §:n 4 momentin mukaan *ydinvoimalaitoksella on oltava ulkoisen ja sisäisen sähkötehon syöttöjärjestelmät. Tärkeimmät turvallisuustoiminnot on voitava toteuttaa kumpaa tahansa sähkötehon syöttöjärjestelmää käyttämällä.*

Näiden lisäksi laitokseen tulee suunnitella järjestelmät, jotka mahdollistavat sähkötehon syötön päägeneraattorilta laitoksen turvallisuuden kannalta tärkeille järjestelmille, jos yhteys ulkoiseen siirtoverkkoon katkeaa.

Turvallisuustoimintoja palvelevan sisäisen sähkötehon syöttöjärjestelmän on voitava toteuttaa tehtävänsä odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä ja oletetuissa onnettomuuksissa myös yksittäisvikautumisen sattuessa, vaikka mikä tahansa turvallisuustoimintoon vaikuttava laite olisi samanaikaisesti pois käytöstä korjauksen tai huollon vuoksi.

Sähkötehon syöttöä varten tulee ulkopuolisesta verkosta kuhunkin laitoksen sisäisen sähköjakelujärjestelmän rinnakkaiseen osaan

olla kaksi erillistä, toisistaan riippumatonta verkkoyhteyttä. Nämä tulee suunnitella siten, että käyttötilanteissa ja oletetuissa onnettomuuksissa molempien verkkoyhteyksien samanaikainen katkeaminen on epätodennäköistä. Kumpikin verkkoyhteys on voitava ottaa käyttöön riittävän nopeasti laitoksen päägeneraattorin verkosta erottamisen jälkeen.

Laitoksen sähkötehon syöttölähteet tulee suunnitella siten, että yksittäisen syöttölähteen menetyksestä seuraava tai samasta syystä aiheutuva jäljelle jääneiden syöttölähteiden menetys on erittäin epätodennäköistä.

Ydinvoimalaitoksen suunnittelussa tulee ottaa huomioon se mahdollisuus, että laitoksen ulkoiset ja sisäiset vaihtosähkötehon syöttölähteet menetetään yhtäaikaan. Tähän varautumiseksi laitoksella tulee olla käytettävissä vaihtosähkötehon syöttölähde, joka on riippumaton käyttötilanteita ja oletettuja onnettomuuksia varten suunnitelluista sähkötehon syöttölähteistä. Tämä syöttölähde tulee voida ottaa käyttöön riittävän nopeasti ja sen tehon tulee riittää reaktorin jälkilämmön poistoon, primääripiirin eheyden varmistamiseen ja reaktorin säilyttämiseen alikriittisenä.

Niiden akustojen, jotka varmentavat turvallisuuden kannalta tärkeiden sähköjärjestelmien toiminnan, tulee säilyä toimintakuntoisina kaikissa olosuhteissa vähintään kahden tunnin ajan.

Yksityiskohtaisia vaatimuksia laitoksen sähköjärjestelmille esitetään ohjeessa YVL 5.5.

### 3.6 Valvonta ja ohjaus

#### Instrumentointi ja säätö

Ydinvoimalaitoksen reaktoria sekä muita rakenteita, järjestelmiä ja laitteita varten on suunniteltava riittävä instrumentointi toimintasuureiden valvomiseksi ja järjestelmien toiminnan ja kunnon seuraamiseksi. Toimintasuureiden ja järjestelmien pitämiseksi määrättyjen toiminta-arvojen rajoissa on laitoksella oltava luotettavat ohjaus- ja säätöjärjestelmät. Näiden tulee yhdessä

ohjaamiensa järjestelmien ja laitteiden kanssa huolehtia siitä, että käyttötilanteissa tai ohjaus- ja säätöjärjestelmien yksittäisen vian sattuessa ei synny tarvetta käynnistää oletettujen onnettomuuksien varalle suunniteltuja turvallisuusjärjestelmiä.

Onnettomuuksien seuranta ja hallintaa varten ydinvoimalaitokseen tulee suunnitella asianmukainen mittaus- ja valvontainstrumentointi, jonka avulla käyttöhenkilökunta saa riittävästi tietoa tilanteen arvioimiseksi sekä vastatoimenpiteiden suunnittelemiseksi ja toteuttamiseksi.

Vakavien reaktorionnettomuuksien kulun hallitsemiseksi ja seuraamiseksi ydinvoimalaitokseen tulee lisäksi suunnitella valvontalaitteet, joilla voidaan saada tietoa

- reaktorin tai sen jäänteiden mahdollisesta uudelleenkriittisyydestä
- reaktorin paineastian läpisulamisen uhkasta
- reaktorin jäänteiden sijainnista
- muista mahdollisista suojarakennuksen eheyttä uhkaavista seikoista.

Onnettomuuksien seurantaan ja hallintaan tarkoitettujen mittausjärjestelmien on toimittava myös yksittäisvikautumisen sattuessa.

Mittausjärjestelmien tulee pystyä riittävän tarkasti mittaamaan koko sillä alueella, jolla mitattava suure voi vaihdella käyttötilanteissa tai onnettomuuksissa. Mittaukset tulee suunnitella mahdollisuuksien mukaan siten, että jos mittaus vikautuu tai mittausalue ylittyy, ohjaajat huomaavat sen helposti.

Valvontalaitteet tulee suunnitella tallentamaan laitoksen tilaa kuvaavat toimintasuureet ja järjestelmien ohjauskäskyt siten, että laitoksen käyttötapauksia voidaan jälkikäteen analysoida.

Vaatimuksia sähkö- ja automaatioteknisistä järjestelmistä ja -laitteista esitetään ohjeessa YVL 5.5. Säteilymittauksia koskee ohje YVL 7.11.

## Valvomot

VNP:n (395/91) 22 §:n 1 momentin mukaan *ydinvoimalaitoksen valvomoissa on oltava käytettävissä laitteet, jotka antavat tiedon laitoksen käyttötilasta ja poikkeamista normaalista käyttötilasta sekä järjestelmät, jotka valvovat laitoksen turvallisuusjärjestelmien tilaa käytön aikana ja niiden toimintaa käyttöhäiriöiden ja onnettomuuksien aikana.*

Valvomo tulee suunnitella siten, että sieltä voidaan tehdä laitoksen hallitsemiseksi tarvittavat toimenpiteet käyttötilanteissa ja onnettomuuksien aikana.

Valvomon rakenteet ja turvallisuusjärjestelmät tulee suunnitella siten, että siellä voidaan työskennellä turvallisesti myös onnettomuuksien aikana.

VNP:n (395/91) 22 §:n 3 momentin mukaan *ydinvoimalaitoksessa on oltava valvomosta riippumaton varaohjauspaikka ja tarvittavat paikalliset ohjausjärjestelmät, joiden avulla voidaan pysäyttää ja jäähdyttää ydinreaktori ja poistaa ydinreaktorin ja laitoksella varastoituna olevan käytetyn polttoaineen jälkilämpöä.*

Varaohjauspaikka tulee suunnitella siten, että sieltä voidaan pysäyttää reaktori ja ohjata laitos vakaaseen sammutustilaan.

Valvomon ulkopuolisen varaohjauspaikan ohjausjärjestelmät on erotettava valvomon ohjausjärjestelmistä siten, että yhden palosaston sisältämien laitteiden tuhoutuminen täydellisesti tulipalossa ei vahingoita molempia ohjausjärjestelmiä niin paljon, että turvallisuustoimintoja ei voitaisi toteuttaa.

Valvomon, varaohjauspaikan ja paikallisten ohjauspaikkojen suunnittelussa tulee ottaa huomioon valvomossa työskentelyä koskevat ergonomiset periaatteet, jotka mahdollistavat sen, että ohjaustoimenpiteet voidaan tehdä luotettavasti. Erityistä huomiota on kiinnitettävä ohjaustaulujen, hälytysjärjestelmien ja tietokonepohjaisten näyttöjärjestelmien suunnitteluun siten, että häiriötilanteissa ja

onnettomuuksissa ohjaajat voivat saada hyvän yleiskuvan laitoksen tilasta ja että laitoksen turvallisuuden kannalta tärkeimmät tiedot tulevat selvästi esiin.

Yleiskuvan ja hälytysinformaation esittämisessä käytettävien järjestelmien suunnittelussa tulee noudattaa mahdollisuuksien mukaan erilaisuusperiaatetta.

Valvomon suunnittelua koskevia yksityiskohtaisia vaatimuksia esitetään ohjeessa YVL 5.5, valvomon säteilysuojelua koskevia vaatimuksia ohjeessa YVL 7.18 ja vaatimuksia valvomon ilmastointijärjestelmistä ohjeessa YVL 5.6.

### 3.7 Palontorjunta

VNP:n (395/91) 20 §:n 2 momentin mukaan ydinvoimalaitoksen *turvallisuuden kannalta tärkeät rakenteet, järjestelmät ja laitteet on suunniteltava ja sijoitettava sekä suojattava rakenteellisella palontorjunnalla ja riittävän tehokkailla palontorjuntajärjestelmillä siten, että tulipalojen ja räjähdysten todennäköisyys on pieni ja vaikutukset laitoksen turvallisuuteen vähäisiä.*

Palontorjunnan tulee perustua ensisijaisesti tilasuunnitteluun ja palo-osastointiin. Laitoksen turvallisuustoimintoja suorittavien järjestelmien kukin rinnakkainen osajärjestelmä tulee sijoittaa erilliseen palotekniseen osastoon. Näihin tiloihin ei tule sijoittaa muita järjestelmiä tai laitteita, jotka olennaisesti lisäävät palokuormaa tai lisäävät tulipalon syttymisvaaraa. Lisäksi nämä tilat tulee ensisijaisesti sijoittaa riittävän erilleen sellaisista muista järjestelmistä ja tiloista, joista voisi olla vaaraa turvallisuusjärjestelmien toiminnalle.

Ydinvoimalaitoksen turvallisuuden kannalta tärkeitä järjestelmiä sisältävien rakennusten tulee olla palotekniseltä luokaltaan palonkestäviä. Palamattomia ja kuumuutta kestäviä materiaaleja tulee käyttää mahdollisuuksien mukaan kaikkialla laitoksessa, erityisesti suojarakennuksessa ja valvomossa.

Palontorjuntajärjestelmät tulee suunnitella siten, ettei niiden rikkoutuminen tai tahaton käyttö heikennä merkittävästi turvallisuuden kannalta tärkeiden rakenteiden, järjestelmien ja laitteiden kykyä suorittaa turvallisuustoimintonsa.

Jos tulipalo jossakin paloteknisessä osastossa voi aiheuttaa merkittävän radioaktiivisten aineiden vapautumisen laitostiloihin tai ympäristöön, tulee palon havaitseminen ja sammutus tässä osastossa varmistaa palontorjuntajärjestelmillä, jotka voivat toteuttaa tehtävänsä myös yksittäisvikautumisen sattuessa.

Ohjeessa YVL 4.3 esitetään yksityiskohtaiset vaatimukset ydinvoimalaitosten palontorjunnasta.

### 3.8 Polttoaineen käsittelyjärjestelmät

Ydinvoimalaitoksella tulee olla tarvittavat tilat ja järjestelmät tuoreen ja käytetyn polttoaineen turvallisesti käsittelemiseksi, varastomiseksi ja tarkastamiseksi.

Polttoaineen kriittisyys tulee estää ensisijaisesti käyttämällä sopivia varastorakenteita. Polttoaineen vaurioitumisen estämisestä sitä varastoitaessa tai siirrettäessä tulee huolehtia asianmukaisin teknisin ja hallinnollisin järjestelyin.

Käytettyä polttoainetta varten tulee laitosalueella olla niin paljon varastotilaa, että kaikki reaktorissa olevat polttoaineputket voidaan siirtää varastoaltaisiin ja että missä tahansa varastoaltaassa oleva polttoaine voidaan siirtää toisiin varastoaltaisiin.

Käytetty polttoaine on voitava jäähdyttää myös yksittäisvikautumisen sattuessa.

Ohjeessa YVL 6.8 esitetään yksityiskohtaiset vaatimukset tuoreen ja käytetyn polttoaineen varastoinnista ja käsittelystä.

### 3.9 Turvallisuusluokitus

VNP:n (395/91) 21 §:n mukaan *ydinvoimalaitoksen järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden toiminnot, joilla on merkitystä laitoksen turvallisuuteen, on määriteltävä ja järjestelmät, rakenteet ja laitteet luokiteltava niiden turvallisuusmerkityksen perusteella.*

*Turvallisuuden kannalta tärkeät järjestelmät, rakenteet ja laitteet on suunniteltava, valmistettava ja asennettava sekä niitä on käytettävä siten, että niiden laatutaso ja laatutason todentamiseksi tarvittavat tarkastukset ja testaukset ovat riittävät kohteen turvallisuusmerkityksen huomioon ottaen.*

Turvallisuusluokitusta koskevat yksityiskohdalliset vaatimukset esitetään ohjeessa YVL 2.1.

### 3.10 Varautuminen tarkastukseen, testaukseen ja huoltoon

Ydinvoimalaitoksen järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden tulee toimia luotettavasti. Tämän varmistamiseksi laitoksen järjestelmät, rakenteet ja laitteet on voitava huoltaa, tarkastaa ja testata laitoksen koko suunnitellun käyttöajan ajan.

### 3.11 Yhteiset järjestelmät, rakenteet ja laitteet

Mikäli samalla laitospaikalla sijaitseville ydinvoimalaitosyksiköille suunnitellaan yhteisiä turvallisuuden kannalta tärkeitä rakenteita, järjestelmiä ja laitteita, tulee luotettavuusteknisin tarkastelu osoittaa, että tämä ei heikennä näiden rakenteiden, järjestelmien ja laitteiden kykyä suorittaa turvallisuustoimintonsa.

Mikäli ydinvoimalaitosyksikköjen samaa turvallisuustoimintoa suorittavien järjestelmien välille suunnitellaan ristikytkeä, tulee osoittaa, että tällä tavoin turvallisuustoiminnot ovat luotettavampia kuin ilman näitä kytkentöjä.

### 3.12 Ympäristöolosuhteiden huomioonotto

Ydinvoimalaitoksen kaikki rakenteet, järjestelmät ja laitteet on suunniteltava siten, että ne toimivat luotettavasti suunnitteluperusteenaan olevissa ympäristöolosuhteissa. Suunnittelussa tulee selvittää, millaisissa ympäristöolosuhteissa rakenteen, järjestelmän tai laitteen tulee toimia. Rakenteen, järjestelmän tai laitteen toimivuus kyseisissä olosuhteissa tulee osoittaa tarvittavin kokein ja analysein.

Vaatimuksia sähkö- ja instrumentointilaitteiden olosuhdekestoisuudesta esitetään ohjeessa YVL 5.5 ja muiden rakenteiden ja laitteiden olosuhdekestoisuudesta näitä rakenteita ja laitteita koskevissa YVL-ohjeissa.

### 3.13 Inhimillisten virheiden huomioonotto

VNP:n (395/91) 19 §:n mukaan *inhimillisten virheiden välttämiseen, havaitsemiseen ja korjaamiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Virheiden mahdollisuus on otettava huomioon sekä ydinvoimalaitoksen että sen käyttötoiminnan suunnittelussa siten, että laitos kestää hyvin virheitä ja poikkeamia suunnitelluista käyttötoimenpiteistä.*

Inhimillisten virheiden välttäminen tulee erityisesti ottaa huomioon valvomon ja valvomotoiminnan suunnittelussa. Valvomotoimintojen suunnittelun tulee perustua riittäviin toiminto- ja tehtäväanalyysiin.

Kunnossapitotoiminnan virheiden välttämiseksi tulee kiinnittää huomiota fyysiseen työympäristöön ja laitteiden luoksepäästävyteen. Laitteiden tunnistamiseksi tulee suunnitella selkeä merkintäjärjestelmä. Turvallisuudelle tärkeistä ohjaajien ja kunnossapitohenkilökunnan toimenpiteistä pitää tehdä tehtäväanalyysi, jonka perusteella suunnitellaan tarvittavat toimenpiteet, joilla inhimilliset virheet vältetään tai havaitaan luotettavasti.

Ohjeen YVL 2.7 edellyttämässä vika-analyysissä tulee ottaa huomioon inhimilli-

set virheet ja osoittaa, että yksittäiset virheet eivät estä turvallisuustoimintoja. Moninkertaisten inhimillisten virheiden mahdollisuutta tulee arvioida laitoksen todennäköisyyspohjaisessa turvallisuusanalyysissä ja sen perusteella suunnitella virheiden välttämiseksi tai luotettavaksi havaitsemiseksi tarpeelliset toimenpiteet.

### 3.14 Ulkoisten tapahtumien vaikutukset

VNP:n (395/91) 20 §:n 1 momentin mukaan *ydinvoimalaitoksen tärkeimmät turvallisuustoiminnot on voitava toteuttaa laitospaikalla mahdolliseksi arvioiduista luonnonilmiöistä tai muista laitoksen ulkopuolisista tapahtumista huolimatta. Lisäksi on otettava huomioon laitoksen sisäisistä syistä aiheutuneissa onnettomuustilanteissa vallitsevien olosuhteiden ja luonnonilmiöiden vaikutusten mahdolliseksi arvioidut yhdistelmät.*

Luonnonilmiöitä ovat ainakin lämpönielun toimintaa häiritsevä jäätyminen tai muusta syystä johtuva tukkeutuminen, ukonilma, maanjäristys, myrskytuuli, tulva, poikkeuksellisen kylmä tai lämmin sää, poikkeuksellinen sade tai kuivuus ja merenpinnan alhaisuus. Muita laitoksen ulkopuolisia tapahtumia ovat ainakin sähkömagneettiset häiriöt, öljyvuodot, lentokonetörmäys, räjähdykset, myrkyllisten kaasujen vapautuminen ja luvaton tunkeutuminen laitosalueelle.

Maanjäristysten huomioon ottamista ydinvoimalaitosten suunnittelussa koskee ohje YVL 2.6.

### 3.15 Laitteiden ja materiaalien vanheneminen

Ydinvoimalaitoksen suunnittelussa tulee arvioida riittäviä turvallisuusmarginaaleja käyttäen kaikkien turvallisuuden kannalta tärkeiden rakenteiden, laitteiden ja materiaalien elinikä ja niiden vanhenemisen vaikutus turvallisuuteen. Lisäksi tulee varautua niiden vanhenemisen seurantaan ja tarvittaessa niiden vaihtamiseen tai korjaamiseen.

## 4 Määritelmiä

### 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 odottaa esiintyvän yhden tai useamman kerran sadan käyttövuoden aikana.

### Onnettomuus

Onnettomuudella tarkoitetaan sellaista poikkeamaa normaaleista käyttötilanteista, joka ei ole odotettavissa oleva käyttöhäiriö. Onnettomuudet jaetaan kahteen luokkaan: oletettuihin onnettomuuksiin ja vakaviin reaktorionnettomuuksiin.

### 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 jou-

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

### **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 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 seurausvaikutuksien lisäksi. Yksittäisvikautumista koskevia tarkempia ohjeita annetaan ohjeessa YVL 2.7.