

Ohje YVL B.6, Ydinvoimalaitoksen suojarakennus

1 Soveltamisala

Ohjeessa YVL B.6 esitetään ydinvoimalaitoksen suojarakennuksen suunnittelulle ja tiiviyn koestamiselle yksityiskohtaiset, ohjetta YVL B.1 ”Ydinvoimalaitoksen turvallisuussuunnittelu” täydentävät vaatimukset ja hyväksymiskriteerit, joilla ohjeen luvussa 1 mainittujen ydinenergia-asetuksen (161/1988) säädösten ja Säteilyturvakeskuksen määräyksen ydinvoimalaitoksen turvallisuudesta (STUK Y/1/2018) asettamien vaatimusten toteutuminen varmistetaan ja osoitetaan.

2 Vaatimusten perustelut

Ohjeen perusteluina ovat ydinenergia-asetuksessa (161/1988) säädetyt raja-arvot käyttöhäiriöille ja onnettomuuksille sekä Säteilyturvakeskuksen määräyksessä ydinvoimalaitoksen turvallisuudesta (STUK Y/1/2018) esitetyt vaatimukset ydinvoimalaitoksen suojarakennukselle.

Ydinenergia-asetuksen (161/1988) 22 b §:ssä säädetään:

Ydinvoimalaitoksen ja muun ydinreaktorilla varustetun ydinlaitoksen normaalista käytöstä väestön yksilön saaman vuosiannoksen rajoitus on 0,1 millisievertiä. Ydinvoimalaitoksen ja muun ydinreaktorilla varustetun ydinlaitoksen suunnitelman mukaisesta käytöstäpoistamisesta väestön yksilön saaman vuosiannoksen rajoitus on 0,01 millisievertiä.

Odotettavissa olevan käyttöhäiriön seurauksena väestön yksilön saaman vuosiannoksen raja-arvo on 0,1 millisievertiä.

Väestön yksilön saaman päästöstä aiheutuvan vuosiannoksen raja-arvo on luokan 1 oletetuille onnettomuuksille 1 millisievertiä, luokan 2 oletetuille onnettomuuksille 5 millisievertiä ja oletetun onnettomuuden laajenukselle 20 millisievertiä.

Ydinvoimalaitoksen vakavasta onnettomuudesta aiheutuvasta radioaktiivisten aineiden päästöstä ei saa seurata tarvetta väestön laajoille suojaustoimenpiteille eikä pitkäaikaisille laajojen maa- ja vesialueiden käyttörajoituksille.

Säteilyturvakeskus

107/0002/2016

15.6.2019

Pitkäaikaisvaikutusten rajoittamiseksi ulkoilmaan vapautuvan cesium-137-päästön raja-arvo on 100 terabecquerelia. Raja-arvon ylittymisen mahdollisuuden on oltava erittäin pieni.

Väestön suojaustoimenpiteitä onnettomuuden aikaisessa vaiheessa edellyttävän päästön mahdollisuuden on oltava erittäin pieni.”

Säteilyturvakeskuksen määräyksessä ydinvoimalaitosten turvallisuudesta (STUK Y/1/2018 10–11 §) esitetään radioaktiivisten aineiden leviämisen tekniset esteet, vaatimukset suojarakennukselle ja turvallisuustoiminnoille:

- 1. Radioaktiivisten aineiden leviämisen estämiseksi on noudatettava rakenteellista syvyys-suuntaista turvallisuusperiaatetta.*
- 2. Rakenteellisen syvyys-suuntaisen turvallisuusperiaatteen mukaisen suunnittelun on rajoitettava radioaktiivisten aineiden leviämistä ympäristöön peräkkäisillä leviämisesteillä, joita ovat ydinpolttoaine ja sen suoja-kuori, ydinreaktorin jäähdytyspiiri (primääripiiri) ja suojarakennus.*
- 3. Ydinpolttoaine, reaktori, primääripiiri ja painevesireaktorin primääripiiristä lämpöä poistava jäähdytyspiiri (sekundääripiiri), primääripiirin ja sekundääripiirin vesikemia, suojarakennus sekä turvallisuustoiminnot on suunniteltava siten, että seuraavat turvallisuustavoitteet toteutuvat.*

....

c) Suojarakennuksen eheyden varmistamiseksi

- i. suojarakennus on suunniteltava siten, että se säilyttää tiiviytensä odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä sekä suurella varmuudella onnettomuustilanteissa;*
- ii. suojarakennuksen suunnittelussa on otettava huomioon onnettomuuden seurauksena syntyvät paine-, säteily- ja lämpökuormat, säteilytasot laitostiloissa, palavat kaasut, heitteet sekä lyhytkestoiset suurenergiset ilmiöt; ja*
- iii. mahdollisuuden, että suojarakennuksen tiiviys vaarantuu reaktoripainesäiliön rikkoutumisen seurauksena, on oltava erittäin pieni.*

- 4. Ydinvoimalaitos on varustettava järjestelmillä, jotka varmistavat vakavassa reaktorionnettomuudessa muodostuvan sydänsulan vakauttamisen ja jäähdyttämisen. Mahdollisuuden sydänsulan suoraan vuorovaikutukseen suojarakennuksen kantavan rakenteen kanssa on oltava erittäin pieni.*

11 § Turvallisuustoiminnot ja niiden varmistaminen

...

- 3. Onnettomuuksien estämiseksi ja niiden seurausten lieventämiseksi ydinvoimalaitoksessa on oltava järjestelmät reaktorin pysäyttämiseen ja alikriittisenä pitämiseen, reaktorissa syntyvän jälkilämmön poistamiseen sekä radioaktiivisten aineiden pidättämiseen laitoksen sisällä. Kyseisten järjestelmien suunnittelussa on sovellettava moninkertaisuus-, erottelu- ja*

Säteilyturvakeskus

107/0002/2016

15.6.2019

erilaisuusperiaatteita, joilla varmistetaan turvallisuustoiminnon toteutuminen myös vikaantumistilanteissa.

...

8. Ydinvoimalaitoksen vakavissa reaktorionnettomuuksissa hallitun tilan saavuttamiseen ja ylläpitoon sekä onnettomuuden etenemisen ja laitoksen tilan seuraamiseen tarvittavien järjestelmien on oltava riippumattomia laitoksen normaalia käyttöä, odotettavissa olevia käyttöhäiriöitä ja oletettuja onnettomuuksia varten suunnitelluista järjestelmistä. Suojarakennuksen tiiviyn varmistaminen vakavan reaktorionnettomuuden yhteydessä on kyettävä suorittamaan luotettavasti.

9. Ydinvoimalaitos on suunniteltava siten, että se voidaan luotettavasti saattaa turvalliseen tilaan vakavan reaktorionnettomuuden jälkeen.

2.1 Vaatimusten perustelut aihealueittain

Ohjeen YVL B.6 rakenteen esikuvana on käytetty IAEA:n ohjetta NS-G-1.10, "Design of Reactor Containment Systems for Nuclear Power Plants". IAEA:n ohjeen vaatimuksia ei kuitenkaan ole suoraan siirretty ohjeeseen YVL B.6. Muita lähteitä vaatimuksille ovat IAEA:n ohje SSR-2/1, "Safety of Nuclear Power Plants: Design", WENRA-referenssitaset ja EUR-vaatimukset. Ohjeessa YVL B.1 esitetään vaatimukset ydinvoimalaitosten turvallisuusjärjestelmien suunnittelulle. Ohje YVL B.6 täydentää ohjeessa YVL B.1 esitettyjä suojarakennusta koskevia vaatimuksia.

Alla on esitetty vaatimusten perusteluja ja viittauksia muihin ohjeisiin, jotka selventävät vaatimusten taustaa ja helpottavat ohjeen käyttöä.

301. Vaatimus perustuu IAEA:n ohjeen SSR-2/1 (Rev. 1) vaatimukseen 54, joka esitetään myös ohjeessa NS-G-1.10. Vaatimukset varautumisesta sisäisiin ja ulkoihin uhkiin esitetään ohjeessa YVL B.7 "Varautuminen sisäisiin ja ulkoihin uhkiin ydinlaitoksessa".

302 ja 303. On sallittua, että suojana ulkoisia uhkia (esim. lentokonetörmäys) vastaan on vain primäärinen suojarakennus. Primäärisen suojarakennuksen kyky täyttää vaadittu toiminto on kuitenkin osoitettava. Ohjeessa YVL A.11 "Ydinlaitoksen turvajärjestelyt" esitetään yksityiskohtaisia lentokonetörmäyksiä koskevia vaatimuksia suojarakennukselle. Muille ulkoisille tapahtumille esitetään vaatimuksia ohjeessa YVL B.7.

305. Vaatimus tarkoittaa esim. suojarakennuksen vesitäyttöä tai muita keinoja, joiden käyttö pitää ottaa huomioon jo suojarakennusta suunniteltaessa.

308. Vaatimus vastaa ohjeen IAEA NS-G-1.10 kohdassa 4.49 esitettyä vaatimusta: *Suunnittelupaine on määritettävä kasvattamalla vähintään 10 % maksimipainetta, joka syntyy rajoittavan suunnittelun perustana olevan onnettomuuden massa- ja energiapurkauksessa. Laskettu maksimipaine tulee määrittää konservatiivisin oletuksin.*

Säteilyturvakeskus

107/0002/2016

15.6.2019

309. Suojarakennuksen tulee säilyttää tiiviytensä tapauksessa, jossa 100 % reaktorin sydänalueen helposti hapettuvista materiaaleista reagoi veden kanssa. Tiiviydän määrittämisessä voidaan soveltaa parhaan arvion menetelmää.

311. 50 % marginaalin tarkoituksena on ottaa huomioon epävarmuus vakavien onnettomuuksien laskentatapauksissa. Vakava onnettomuus voi saada alkunsa hyvin suuresta määrästä hyvin pienen todennäköisyyden onnettomuusketjuja. Rajoittavaa tapausta ei ehkä ole löydetty. 50 % marginaalia ei sovelleta yhdessä vaatimuksen 309 kanssa, jossa tulee olettaa 100 % hapettuminen.

Vaatimusta 311 sovellettaessa vakavien onnettomuuksien hallintajärjestelmien voidaan olettaa toimivan ohjeessa YVL B.1 esitetyn vikakriteerin mukaisesti. Laskentamenettely on seuraava:

1. Mallinnetaan suojarakennuksen painekäyttäytyminen ja suojarakennuksessa onnettomuuden aikana olevan vedyn määrä ohjeen YVL B.3 "Ydinvoimalaitoksen deterministiset turvallisuusanalyysit" mukaisella laskentamenetelmällä.
2. Lisätään suojarakennuksen painekäyrään (ylipaineseen) 50 % marginaali.
3. Lisätään tuloksena saatuun painekäyrään kullakin hetkellä suojarakennuksessa olevan vedyn palamisesta AICC (Adiabatic Isochoric Complete Combustion) -periaatteella laskettu paineen kasvu.
4. Tunnistetaan maksimipaine tuloksena saatavasta painekäyrästä. Epävarmuudet saaduissa lukuarvoissa ja maksimipaineiden ajanhetkissä on otettava asianmukaisesti huomioon.

Koska marginaali on lisätty kuormituksiin, voidaan suojarakennuksen murtumispaineen määrittämisessä soveltaa parhaan arvion menetelmää (fragiliteetin mediaanitaso). Vakavien reaktorionnettomuuksien analyyseista saatuun suojarakennuksen lämpötilaan ei tarvitse lisätä marginaalia, mutta lämpötilan nousu AICC-palamisen seurauksena on huomioitava.

312. Vaatimus 312 edellyttää suojarakennuksen rakenteellisen eheyden säilyttämistä. Hetkellinen tiiviydän menetys on vaatimuksen 312 esittämässä tilanteessa sallittu sillä edellytyksellä, että onnettomuustilanteelle asetetut vaatimukset annosrajoista voidaan täyttää.

315. Ohje YVL B.6 ei edellytä kaksoissuojarakennusta suojana ulkoisia uhkia vastaan (vaatimus 302). Vaatimuksella 315 kaksoissuojarakennustoiminto vaaditaan suojarakennuksen niihin osiin, joissa vuoto primäärisuojarakennuksen kaasutilasta on mahdollinen (esim. läpiviennit).

321. Seisokitilanteissa ilmalukon molempien ovien kiinniovaatimuksesta voidaan poiketa (jos se on välttämätöntä) ottaen huomioon suojarakennuksen tiiviydelle esitetyt vaatimukset 353 ja 355.

322a. Vaatimukset putkien sekä henkilö- ja materiaalisulkujen eristykselle esitetään luvuissa 3.5 ja 3.6. Näiden vaatimusten täytyminen varmistaa suojarakennuksen riittävän eristyksen, eikä erillistä, yleistä vaatimusta eristyksen yksittäisvikasietoisuudesta tarvita. On kuitenkin mahdollista, että suojarakennuksessa on aukkoja ja läpivientejä, joita ei katsota putkiksi tai henkilö- ja materiaalisuluiksi.

Säteilyturvakeskus

107/0002/2016

15.6.2019

Vaatimuksen 322a tavoite on, että myös tällaiset aukot eristetään (N+1)-vikakriteerin mukaisella tavalla.

327. Sulkeutumisaikaa koskeva vaatimus ei kuitenkaan saa heikentää sulkeutumisen luotettavuutta tai tiiviyyttä (eristysventtiilin primäärinen vaatimus on tiiviys).

329. Vaatimuksen taustalla on NRC:n säännöstössä esitetty vaatimus, jonka mukaan yksinkertaista takaiskuventtiiliä (simple check valve) ei saa käyttää suojarakennuksen ulkopuolella olevana automaattisena eristysventtiilinä ("NRC Regulations. Appendix A to Part 50 – General Design Criteria for Nuclear Power Plants"). Vaatimus perustuu tällaisten venttiilien mahdollisesti heikkoon tiiviyteen. Lisäksi peräkkäisiltä eristysventtiileiltä vaaditaan erilaisuutta, jolloin on järkevää, että passiivinen takaiskuventtiili sijaitsee suojarakennuksen sisäpuolella ja toimilaitetta hyödyntävä venttiili ulkopuolella, jossa se on helpommin luoksepäästävissä. Vaatimuksesta voidaan poiketa perustellusta syystä, jos suojarakennuksen eristys venttiilityypistä huolimatta toteutuu luotettavasti.

329a. Suojarakennuksen eristysventtiilien erilaisuusperiaate koskee mekaanisten osien lisäksi venttiilien ohjaustoimintoa. Lisäksi turvallisuusjärjestelmien putkien osalta suojarakennuksen eristys toteutetaan mahdollisesti vasta, kun tilanne on edennyt vakavaksi onnettomuudeksi. Tällaisissa järjestelmissä olevien eristysventtiilien ohjaustoiminnon varmistamisen on oltava yksittäisvikasietoinen, kuten muiden vakavien reaktorionnettomuuksien hallintaan käytettävien aktiivisten laitteiden.

331. Ohjeen YVL B.1 vaatimus 456e esittää vikakriteerin: *Suojarakennuksen eristystoiminnon on täytettävä (N+1)-vikakriteeri oletetuissa onnettomuuksissa, vaikka sen toteuttamiseen tarvittavan automaatiojärjestelmän tai muun tukijärjestelmän osajärjestelmä olisi poissa käytöstä korjauksen, huollon tai testauksen vuoksi. Oletetun onnettomuuden laajennuksissa DEC A suojarakennuksen eristystoimintoon tarvittavien automaatio- ja tukijärjestelmien on täytettävä (N+1)-vikakriteeri. Oletetun onnettomuuden laajennuksissa DEC B ja C ei tarvitse olettaa vikoja.*

337a. Kyseessä on suunnitteluvaatimus, joka edellyttää, että vakavien reaktorionnettomuuksien hallinnassa on vältettävä monimutkaisia ohjauksia (erityisesti laitosohjaajien toimenpiteet) sekä riippuvuutta ulkoisesta sähköstä tai muusta ulkoisesta käyttövoimasta. Vaatimus koskee myös instrumentointia, jota tarvitaan laitoksen tilanteen seuraamiseen ja valmiustoimenpiteiden suunnitteluun. Yleisvaatimus ulkoisesta käyttövoimasta riippumattomien laitteiden hyödyntämiseksi turvallisuustoiminnoissa on annettu määräyksen STUK Y/1/2018 11 §:n kohdassa 2.

339. Ohje YVL B.6 ei edellytä suodatettua ulospuhallusjärjestelmää. Ylipaine on kyttävä poistamaan, mutta toteutustapaa ei määritetä ohjeessa. Paineen alentamiseen käytetyn ratkaisun toimivuus on osoitettava.

340a, 340b ja 340c. STUKin määräyksen (STUK Y/1/2018) 11 §:n kohtaa 8 on määräyksen päivityksen yhteydessä tarkennettu siten, että vaatimusta vakavien reaktorionnettomuuksien järjestelmien riippumattomuudesta muista järjestelmistä sovelletaan järjestelmiin, joita tarvitaan laitoksen saattamiseksi hallittuun tilaan vakavan reaktorionnettomuuden jälkeen. Järjestelmille, joita käytetään laitoksen

Säteilyturvakeskus

107/0002/2016

15.6.2019

saattamiseksi määräyksen STUK Y/1/2018 11 §:n kohdan 9 tarkoittamaan turvalliseen tilaan (käytännössä paineen ja lämpötilan hallintaan), voidaan soveltaa lievempää vaatimustasoa, jossa järjestelmien ei tarvitse olla riippumattomia normaalia käyttöä, käyttöhäiriöitä ja oletettuja onnettomuuksia varten suunnitelluista järjestelmistä. Lievempää vaatimustasoa sovellettaessa järjestelmien tulee kuitenkin täyttää kriteerit, joilla järjestelmien toiminnan luotettavuus vakavaa reaktorionnettomuutta seuraavassa tilanteessa osoitetaan.

On mahdollista, että käytettävä järjestelmä tai järjestelmät ovat menettäneet toimintakykynsä vakavan onnettomuuden aikaisemmassa vaiheessa. Yleensä laajoihin sydänvaurioihin ja vakavaan reaktorionnettomuuteen ei päädytä, jos edes osa turvallisuusjärjestelmistä toimii. Tämän takia käytettäessä riippumattomuusvaatimusta toteuttamattomia järjestelmiä on osoitettava, että (1) järjestelmä pystytään tarvittaessa korjaamaan ja (2) sen toimintakyky säilyy onnettomuutta seuraavissa ympäristöolosuhteissa. Järjestelmän kapasiteetin on oltava riittävä ja korjaus on kyettävä tekemään riittävän nopeasti käyttötarpeeseen nähden.

Jos korjaaminen ei ole mahdollista järjestelmän tai laitteen sijaitessa tilassa, joka ei ole luoksepäästävässä onnettomuutta seuraavissa olosuhteissa, edellytetään yksittäisvikasietoisuutta. On huomattava, että vaatimus yksittäisvikasietoisuudesta koskee toimintoa ja sen toteuttamiseen tarvittavia aktiivisia laitteita. Mikäli toiminto, esimerkiksi paineenalennus, voidaan toteuttaa käyttäen useampaa kuin yhtä järjestelmää, eri järjestelmien laitteita ei tarvitse kahdentaa, vaan riittää, että toiminto kokonaisuutena on varmistettu (N+1)-vikakriteerin mukaisesti.

343. STUKin määräys STUK Y/1/2018 vaatii, että sydänsulan suoran vuorovaikutuksen mahdollisuuden suojarakennuksen kantavan rakenteen kanssa on oltava erittäin pieni, mikä käytännössä merkitsee joko sydänsulan pidättämistä paineastian sisällä tai suojarakennukseen sijoitettavaa sydänsiepparia. Ohjeen YVL B.6 vaatimus 343 radioaktiivisten aineiden vapautumisen rajoittamisesta täydentää määräyksen STUK Y/1/2018 vaatimusta.

344. Radioaktiivisten aineiden poistamisen kaasutilasta ei tarvitse täyttää yksittäisvikakriteeriä, ellei samaa järjestelmää käytetä myös suojarakennuksen tiiviiden varmistamiseen.

345. Pinnoitteita koskevat vaatimukset on esitetty ohjeen YVL E.6 "Ydinlaitoksen rakennukset ja rakenteet" vaatimuksessa 514.

353. Vaatimus 353 suojarakennuksen tiivyydestä seisokkitilassa koskee painevesireaktorilla varustettuja ydinvoimalaitoksia. Kiehutusvesireaktorilla varustetussa ydinvoimalaitoksessa, mikäli laitoksen rakenteesta johtuen primäärinen suojarakennuksen tiivyyttä ei voida polttoaineenvaihdon aikana säilyttää, vaatimus koskee sekundääristä suojarakennusta.

402. Vaatimus paine- ja tiivyskokeiden ajankohdan ilmoittamiselle (koeohjelman yhteydessä) esitetään vaatimuksessa 352a. Kokeiden tulokset raportoidaan STUKille ohjeen YVL A.9 "Ydinlaitoksen toiminnan säännöllinen raportointi" vaatimuksen 330 mukaisesti. Suojarakennuksen määräaikaisen tiivyskokeen valvontaa laitospaikalla tehdään STUKin harkinnan mukaan.

Säteilyturvakeskus

107/0002/2016

15.6.2019

2.2 Määritelmät

Turvallinen tila vakavan reaktorionnettomuuden jälkeen tarkoittaa tilaa, jossa vakavan reaktorionnettomuuden hallitun tilan ehdot täyttyvät ja lisäksi suojarakennuksen sisäpuolella vallitseva paine on niin alhainen, että vuoto suojarakennuksesta on vähäinen, vaikka suojarakennus ei olisi tiivis.

Ohjeessa YVL B.6 käytetty turvallisen tilan määritelmä pohjautuu EUR-määritelmään (European Utility Requirements for LWR Nuclear Power Plants, Vol 1, Appendix B):

Severe Accident Safe State (SASS)

In case of Severe Accidents the plant achieves a Safe State if the following conditions are ensured:*

- *core debris has solidified and temperature is stable or decreasing,*
- *core debris heat is being removed and transferred to Heat Sink*,*
- *debris configuration is such that K_{eff} is well below 1,*
- *the containment pressure is so low that, in case of a containment opening, the Criterion for Limited Impact* (CLI) would be met,*
- *the evolution of fission products to the containment ceased.*

CLI on EUR-dokumentissa määritelty seuraavasti:

Criterion for Limited Impact is an acceptance criterion, given by a comparison of a linear combination of families of isotope releases, versus a maximum value. Each criterion is associated with a specific kind of limited consequence to the public.

Vuodon suojarakennuksesta voidaan katsoa olevan vähäinen, jos epätiiviestäkään suojarakennuksesta ei synny päästöä, joka vaikeuttaa työskentelyä laitosalueella. Epätiiviestä suojarakennuksesta mahdollisesti vuotavan jodin ja cesiumin päästön on oltava pieni verrattuna ohjeessa YVL C.3 "Ydinlaitoksen radioaktiivisten aineiden päästöjen rajoittaminen ja valvonta" esitettyihin vakavien onnettomuuksien päästörajoihin.

3 Ohjeen alaa koskeva kansainvälinen säännöstö

3.1 IAEA Safety Standards Series No. SSR-2/1 (Rev. 1), Safety of Nuclear Power Plants: Design

IAEA SSR-2/1 asettaa yleisellä tasolla olevia vaatimuksia ydinvoimalaitoksen suojarakennukselle. SSR-2/1 vaatimukset 54, 56, 57 ovat käytännössä samat kuin vastaavat vaatimukset ohjeessa YVL B.6. IAEA SSR-2/1 vaatimus 55 koskee suojarakennuksen tiiviyttä ja tiiviyskokeita. Vastaavat vaatimukset on esitetty ohjeen YVL B.6 luvuissa 3.2 ja 3.3. SSR-2/1 vaatimus 58 koskee suojarakennuksen paineen ja lämpötilan hallintaa onnettomuustilanteissa. Kaikilla tässä yhteydessä esitetyillä vaatimuksilla on vastine ohjeessa YVL B.6.

3.2 IAEA Safety Standards Series No NS-G-1.10, Design of Reactor Containment Systems for Nuclear Power Plants (2004)

IAEA NS-G-1.10 on laajempi ja yksityiskohtaisempi kuin ohje YVL B.6. Ohjeessa IAEA NS-G-1.10 esitetään monia vaatimuksia, jotka YVL-ohjeistossa esitetään jossakin muualla kuin ohjeessa YVL B.6. Esimerkkinä ovat mm. turvallisuusluokitus ja suojarakennuksen suunnitteluorganisaatiota koskevat vaatimukset. IAEA NS-G-1.10 sisällysluettelo on esitetty alla:

1. INTRODUCTION
2. CONTAINMENT SYSTEMS AND THEIR SAFETY FUNCTIONS
3. GENERAL DESIGN BASIS OF CONTAINMENT SYSTEMS
4. DESIGN OF CONTAINMENT SYSTEMS FOR OPERATIONAL STATES AND FOR DESIGN BASIS ACCIDENTS
5. TESTS AND INSPECTIONS
6. DESIGN CONSIDERATIONS FOR SEVERE ACCIDENTS

Ohjetta käytettiin mallina ohjeen YVL B.6 rakenteelle.

3.3 WENRA (2014) vertailutasot

WENRAlla on joitakin suojarakennuksen suunnittelua koskevia vaatimuksia. Kaikki WENRA-vaatimukset on otettu huomioon ohjeessa YVL B.6.

WENRA E3.1: Laitoksen on kyettävä suorittamaan seuraavat perustavaa laatua olevat turvallisuustoiminnot normaaleissa käyttötilanteissa, odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä ja oletetuissa onnettomuuksissa:

- reaktiivisuuden hallinta
- lämmönpoisto sydäimestä
- radioaktiivisten aineiden pidättäminen

WENRA E7.5: Suojarakennuksen suojaamiseksi on määriteltävä kriteerit, sisältäen lämpötilat, paineet ja vuoto nopeudet.

WENRA E9.10: Laitos on varustettava suojarakennusjärjestelmällä sen varmistamiseksi, että radioaktiivisen aineen mahdollinen päästö ympäristöön suunnitteluperustaonnettomuudessa on sallittujen rajojen alapuolella. Järjestelmään on kuuluttava:

- tiiviit rakenteet kattaen primäärijärjestelmän kaikki olennaiset osat
- liitännäisjärjestelmät paineiden ja lämpötilojen hallitsemiseksi
- eristyslaitteet
- laitteet suojarakennuksen ilmakehään mahdollisesti pääsevien halkeamistuotteiden, vedyn, hapen ja muiden aineiden hallitsemiseksi ja poistamiseksi.

WENRA E9.11: Jokainen putki, joka on yhteydessä primääripiiriin tai yhteydessä suojarakennuksen kaasutilaan, on onnettomuustilanteissa voitava sulkea automaattisesti ja luotettavasti. Tällaisessa putkessa on oltava vähintään kaksi toisistaan riippumatonta peräkkäistä eristysventtiiliä. Eristysventtiilien on sijaittava niin lähellä suojarakennusta kuin mahdollista.

Säteilyturvakeskus

107/0002/2016

15.6.2019

WENRA E9.12: Jokaisessa putkessa, joka lävistää suojarakennuksen painerajapinnan eikä ole yhteydessä primääripiiriin eikä suoraan yhteydessä suojarakennuksen kaasutilaan, on oltava vähintään yksi suojarakennuksen ulkopuolinen eristysventtiili. Venttiilin on oltava suojarakennuksen ulkopuolella ja niin lähellä suojarakennusta kuin mahdollista.

3.4 WENRA Safety of new NPP designs (2013)

WENRAn uusien laitosten turvallisuustavoitteissa esitetään tavoite O3-sydämen sulamisonnettomuuksien varalle. Tavoitteen mukaan aikainen suuri päästö on käytännössä eliminointava. Muiden vakavan onnettomuuden päästöjen osalta tavoitteena on väestön suojaustoimenpiteiden tarpeen rajoittaminen ja riittävän ajan varmistaminen suojaustoimenpiteille. Suomen säännöstössä tavoitetta vastaava vaatimus on esitetty ydinenergia-asetuksessa (161/1988), 22 b §.

Tavoitteen O3 saavuttamiseksi WENRA Safety of new NPP designs (2013) esittää suojarakennusta koskevat vaatimukset:

- DiD-tason 4 turvallisuustoimintojen, joita tarvitaan oletetuissa sydämen sulamisonnettomuuksissa, on oltava niin riippumattomia kuin käytännössä mahdollista muiden DiD-tasojen järjestelmistä, laitteista ja rakenteista.
- DiD-tason 4 turvallisuusjärjestelmien, joita tarvitaan oletetuissa sydämen sulamisonnettomuuksissa, on oltava turvallisuusluokiteltuja ja riittävästi kelpoistettuja niiden toiminta-aikana vallitseviin ympäristöolosuhteisiin.
- Suojarakennustoiminnon toteuttamiseksi tarvittavat järjestelmät ja rakenteet on mitoitettava siten, että järjestelmien ja rakenteiden luotettavuus vastaa niiden toteuttamaa turvallisuustoimintoa. Tämä saattaa vaatia redundanttisuutta aktiivisilta osilta.
- Suojarakennuksen paineen alennus pitkällä aikavälillä on tehtävä hallitulla tavalla huomioiden lauhtumattomien kaasujen vaikutus.
- Jos suojarakennus sisältää ulospuhallusjärjestelmän, suojarakennus on mitoitettava siten, että ulospuhallusta ei tarvita onnettomuuden aikaisessa vaiheessa lauhtumattomien kaasujen aiheuttaman paineen nousun hallintaan.
- Suojarakennuksen lämmönpoisto sydämen sulamisonnettomuuksissa on varmistettava. Jos suojarakennus sisältää ulospuhallusjärjestelmän, sitä ei saa käyttää ensisijaisena keinona jälkilämmönpoistoon.
- Suojarakennuksen on kestävä sellaisten sydämen sulamisonnettomuuksien, joita ei voida käytännössä eliminoida, aiheuttamat staattiset ja dynaamiset kuormitukset (paineet, lämpötila, säteily, missiilit, reaktivoimat). Suojarakennuksen vaurioituminen vetyä palon seurauksena on estettävä soveltuvin järjestelyin.
- Sydämen sulamisonnettomuuksissa on varauduttava fissiotuotteiden määrän vähentämiseen suojarakennuksen kaasutilasta.
- Suojarakennus on varustettava paineenalennusjärjestelmällä.
- Jos suojarakennus sisältää ulospuhallusjärjestelmän suojarakennuksen paineen alentamiseksi sydämen sulamisonnettomuuksissa, on järjestelmässä oltava suodatin.
- Suojarakennuksen läpiviennit on vahvistettava sekundäärisillä rakenteilla, jotka keräävät mahdolliset vuodot suojarakennuksesta.

Säteilyturvakeskus

107/0002/2016

15.6.2019

Lisäksi vaaditaan turvallisuusluokiteltua ja ympäristöolosuhdekelpoistettua instrumentointia, jonka perusteella onnettomuuden vastatoimet voidaan toteuttaa. WENRA Safety of new NPP designs (2013) esittää yleisen tason vaatimuksia vakavien onnettomuuksien deterministisille analyysseille ja niitä täydentäville tason 2 PSA-analyysseille, joiden avulla turvallisuustavoitteiden toteutuminen osoitetaan.

Ohjeet YVL B.6, YVL B.1, YVL B.3 ja YVL A.7 ”Ydinvoimalaitoksen todennäköisyysperusteinen riskianalyysi ja riskien hallinta” sisältävät WENRAn uusien laitosten vaatimuksia vastaavat, pääosin yksityiskohtaisemmat vaatimukset. Syvyyspuolustuksen tasojen mahdollisimman suurta riippumattomuutta toisistaan vaaditaan määräyksen STUK Y/1/2018 9 §:ssä.

4 Tepco Fukushima Dai-ichi onnettomuuden vaikutukset

Fukushiman onnettomuus ja nykytietämys onnettomuuteen vaikuttaneista tekijöistä ei ole aiheuttanut ohjeeseen merkittäviä muutostarpeita.

Fukushiman onnettomuudessa vetyä vuoti suojarakennuksesta reaktorirakennukseen ja räjähti siellä. Vetyräjähdys tuhosi reaktorirakennuksen, mutta ei ilmeisesti vaurioittanut suojarakennusta. Ohjeen YVL B.6 vaatimus 341 ”Suojarakennuksen rakenteen ja onnettomuuksien hallintaan käytettävien järjestelmien on estettävä sellaiset kaasupalot, kaasuräjähdykset tai muut energieettiset ilmiöt, jotka voivat uhata suojarakennuksen tiiviyyttä tai onnettomuuden hallintaan tarvittavien laitteiden toimintakuntoa” esittää tässä suhteessa riittävän vaatimuksen.

Ohjeessa YVL B.6 vaaditaan, että suojarakennuksen painerajapinnan yli vaikuttava paine-ero on vakavan onnettomuuden jälkeen kyettävä laskemaan vakavan onnettomuuden turvallista tilaa vastaavalle tasolle. Suojarakennuksen suodatettua ulospuhallusta saa käyttää paineenalennukseen kuitenkin vain, jos mikään muu tähän tarkoitukseen suunniteltu keino ei ole käytettävissä. Tästä seuraa, että uusissa laitoksissa jälkilämpö on poistettava suojarakennuksesta jollain muulla tavoin kuin suodatetun ulospuhallusjärjestelmän kautta.

Vaatimus 337 suojarakennuksen lämmönpoistolle vakavassa reaktorionnettomuudessa sisältää omavaraisuusajan, jonka aikana lämmönpoistotoiminto on kyettävä toteuttamaan ilman laitosalueen ulkopuolisia materiaalitäydennyksiä. Vaatimus huomioi sen mahdollisuuden, että toiminta laitosalueella on vaikeutunut onnettomuuden seurauksena.

5 Päivityksessä huomioidut muutostarpeet

Vaatimuksia päivitettäessä on tarkasteltu kansainvälisten ja kotimaisten laki- ja säännöstmuutosten aiheuttamia muutostarpeita sekä YVL-ohjeiden täytäntönnpanopäätösten laadinnan (SYLVI) yhteydessä esille tulleita ja muita STUKin muutosehdotustietokantaan kirjattuja muutosehdotuksia. Lisäksi on tarkasteltu myös ns. hallinnollisen taakan keventämismahdollisuuksia.

5.1 Turvallinen tila vakavan reaktorionnettomuuden jälkeen

Määräykseen STUK Y/1/2018 perustuen ohjeeseen YVL B.6 lisättiin kolme uutta vaatimusta, 340a, 340b ja 340c, jotka esittävät vähimmäisvaatimukset järjestelmille,

Säteilyturvakeskus

107/0002/2016

15.6.2019

joita tarvitaan vakavan reaktorionnettomuuden jälkeisen turvallisen tilan saavuttamiseksi. Vaatimukset koskevat järjestelmiä ja tilanteita, joissa vakavan reaktorionnettomuuden jälkeiseen turvalliseen tilaan pääsemiseksi käytetään järjestelmiä, jotka eivät ole riippumattomia normaalia käyttöä, käyttöhäiriöitä ja oletettuja onnettomuuksia varten suunnitelluista järjestelmistä.

Uudet vaatimukset eivät muuta tai korvaa voimassa olevia vaatimuksia, jotka vakavien reaktorionnettomuuksien muista syvyyspuolustustasoista riippumattomille järjestelmille on esitetty. Tällaiset järjestelmät on lähtökohtaisesti suunniteltu säilymään toimintakykyisinä vakavien reaktorionnettomuuksien olosuhteissa, toisin kuin uusien vaatimusten tarkoittamat normaalia käyttöä, käyttöhäiriöitä ja oletettuja onnettomuuksia varten suunnitellut järjestelmät tai EYT-luokan järjestelmät.

Vaatimusta 338 on selkeytetty, koska sen aiempi muoto mahdollisti virheellisen tulkinnan, jonka mukaan suojarakennuksen ulospuhallus olisi vaihtoehtoinen keino paineenalennuksen muille järjestelyille. Ulospuhallusta saa käyttää vain onnettomuuden myöhäisessä vaiheessa (paineenalennuksessa turvalliseen tilaan), jos vaatimus 339 ei muuten täyty. IAEA:n ohjeessa "Design of the Reactor Containment and Associated Systems for Nuclear Power Plants" (Draft Safety Guide DS 482, 2017) asia esitetään kohdassa 3.43 seuraavasti: *Multiple means to control the pressure build up in accident conditions inside the containment should be implemented, and venting (if any) should be used only as a last resort.* Samalla vaatimuksen muotoilua muutettiin siten, että siitä käy ilmi kyseessä olevan laitoksen suunnitteluvaatimus, jota ei pidä tulkita valmiustoimintaan tai onnettomuuden hallintaan liittyväksi operatiiviseksi ohjeeksi.

5.2 Suojarakennuksen eristys

Ohjeessa esitetään uusi vaatimus 329a. Vaatimus edellyttää suojarakennuksen eristystoiminnon varmistamista vakavien onnettomuuksien hallintaan suunnitelluilla sähkö- ja automaatiojärjestelmillä. Vaatimus koskee eristysventtiilien ohjaustoimintoa. Tällaista varmistusta on aiemminkin käytännössä edellytetty, mutta vaatimus on sellaisenaan puuttunut ohjeistosta.

Vaatimuksissa 323 ja 325 "primääripiiri" korvattiin termillä "primäärijäähdyte". Tämä vastaa kansainvälistä käytäntöä ja kuvaa paremmin vaatimuksen tavoitetta, joka on eristää primääripiirin vesi ja sen mukana kulkeutuvat fissiotuotteet. Tällöin vaatimusta ei voi tulkita virheellisesti koskemaan vain niitä putkia, jotka ovat suorassa yhteydessä primääripiiriin.

Vaatimus 330 suojarakennuksen läpivientien eristyksen yksittäisvikasietoisuudesta siirrettiin ohjeen sisällä luvun 3.5 loppuun (vaatimukseksi 322a). Samalla vaatimus täsmennettiin kohdistumaan sellaisiin suojarakennuksen läpivienteihin, joiden riittävää eristystä ei ole katettu muilla vaatimuksilla. Samalla muutettiin luvun 3.6 otsikko muotoon "Suojarakennuksen eristysventtiilit", koska siirron jälkeen kaikki luvussa esitetyt vaatimukset koskevat eristysventtiileitä. Lisäksi aiempi otsikko oli mahdollisesti harhaanjohtava, koska luku ei sisällä kaikkia suojarakennuksen eristykseen liittyviä vaatimuksia.

Säteilyturvakeskus

107/0002/2016

15.6.2019

5.3 Paineen ja lämpötilan hallinta onnettomuustilanteissa

Vaatumukseen 336 lisättiin maininta 72 tunnin omavaraisuusehdosta, jolloin vaatimus vastaa sisällöllisesti ohjeen YVL B.1 vaatimusta 448a, joka koskee jälkilämmönpoistoa reaktorista ja suojarakennuksesta oletetussa onnettomuudessa. Vaatimuksen edellyttämä yksittäisvikasietoisuus koskee toimintoa, jolloin sen toteuttamisessa voidaan käyttää yhtä tai useampaa järjestelmää yhdessä. Omavaraisuutta edellytetään suojarakennuksen lämmönpoistolta myös vakavassa reaktorionnettomuudessa. Tällöin käytettävien järjestelmien on kyettävä toimimaan ilman laitosalueen ulkopuolisia materiaalitäydennyksiä, kuten vettä tai polttoainetta 72 tunnin ajan, koska täydennysten tuominen laitosalueelle ja siellä toimiminen vakavan onnettomuuden aikana voi olla erittäin hankalaa. Vaatimusta 337 muutettiin siten, että se sisältää tämän laitosalueetta koskevan omavaraisuusajan.

Vaatimus 337a esittää yleisen tavoitteen vakavien reaktorionnettomuuksien hallinnalle, mikä on aiemmin puuttunut ohjeistosta, mutta mihin nojaa esimerkiksi ohjeen YVL B.1 vaatimus 5444, joka koskee akustojen mitoitusta, sekä edellä mainittu omavaraisuusaika vaatimuksessa 337. Tavoitteena on välttää vakavien reaktorionnettomuuksien hallinnassa ja laitostilanteen monitoroinnissa tarpeettoman suurta riippuvuutta ulkoisista toimenpiteistä ja käyttövoimasta. Käytännössä vaatimusta sovelletaan uusien laitosten suunnittelussa. Vaatimus on esitetty tavoitetyyppisenä, jotta se ei olisi teknisesti kohtuuttoman rajoittava. On edelleen sallittua käyttää sekä automaattisia että manuaalisia ohjauksia, kuten ohjeen YVL B.1 vaatimuksessa 5235a esitetään.

5.4 Suojarakennuksen instrumentointi

Ennen ohjepäivitystä vaatimukset 347 ja 348 olivat päällekkäiset ohjeen YVL B.1 vaatimusten 5218 ja 5219 kanssa. Vaatimukset 347 ja 348 poistettiin ohjeesta YVL B.6. Samalla siirrettiin samaan aiheeseen liittyvä vaatimus 346 ohjeeseen YVL B.1. Ohjeen YVL B.6 kappaleeseen 3.13 jätettiin viittaus suojarakennuksen instrumentoinnin vaatimukset esittäviin ohjeisiin (kuvaus 349).

5.5 Muut muutokset

Vaatimusta 311 selkeytettiin siten, että laskentamenettelyn yhteydessä ”maksimipaineen” sijaan käytetään pelkkää ”painetta”. Muutos oli tarpeellinen, koska onnettomuuden aikaista suojarakennuksen maksimipainetta ei välttämättä saavuteta sillä hetkellä, jolloin vetypitoisuus ja tästä seuraava AICC-paineennousu on merkittävä. Tällöin ”todellinen” maksimipaine AICC-palamisoletuksella jäisi tunnistamatta. Vaatimuksen tulkinnan helpottamiseksi lisättiin tähän perustelumuistioon mahdollisimman yksiselitteinen kuvaus laskentamenettelystä paineelle ja lämpötilalle, joissa suojarakennuksen tiiviys vakavassa onnettomuudessa on osoitettava.

Vaatimuksen 319 loppuun lisättiin viittaus vaatimukseen 318, jotta kävisi selkeästi ilmi, että vaatimukset liittyvät toisiinsa ja että vaatimuksessa 319 edellytetty läpivientien kestävyys tarkoittaa tiiviiden ja tarpeellisen toimintakyvyn säilyttämistä onnettomuustilanteissa.

Säteilyturvakeskus

107/0002/2016

15.6.2019

Suojarakennuksen paine- ja tiiviyskokeiden ajankohdan ilmoittamista STUKille koskeva vaatimus siirrettiin luvun 4 vaatimuksesta 402 omaksi vaatimukseksi (352a) lukuun 3.14 ”Suojarakennuksen paine- ja tiiviyskokeet”, johon se sopii paremmin kuin lukuun 4 ”Säteilyturvakeskuksen valvontamenettelyt”. Samalla vaatimukseen lisättiin koeohjelman toimittaminen, minkä yhteydessä kokeiden aikataulu käytännössä ilmoitetaan. Tämän muutoksen seurauksena vaatimus 403 muuttui tarpeettomaksi ja se poistettiin, koska vaatimus olisi vain toistanut sen, mitä jaetussa ja päivitettyssä vaatimuksessa 402 esitetään.

Muut päivitykset koskivat säädösviittauksia, pienten kirjoitusvirheiden korjaamista, viitteiden muotoilua ja kieliasun täsmentämistä ja yhdenmukaistamista.