

MAANJÄRISTYSTEN HUOMIOON OTTAMINEN YDINVOIMALAITOKSISSA

1	YLEISTÄ	3
2	SUUNNITTELUMAANJÄRISTYS	3
3	MAANJÄRISTYSLUOKITUS	4
3.1	Yleistä	4
3.2	Luokka S1	4
3.3	Luokka S2	4
4	RAKENTEIDEN JA LAITTEIDEN SEISMINEN SUUNNITTELU	4
4.1	Yleistä	4
4.2	Kuormitukset	5
4.3	Mitoitusperiaatteet	5
5	MAANJÄRISTYSKESTÄVYYDEN OSOITTAMINEN	6
5.1	Yleistä	6
5.2	Analyysit	6
5.3	Kokeet	6
5.4	Kokemusperäiset arviot	6
5.5	Sähkö- ja automaatiolaitteet	6
5.6	Suunnitteluvaiheen PSA	7

jatkuu

Tämä ohje on voimassa 1.6.2002 alkaen toistaiseksi. Ohje kumoaa 19.12.1988 annetun ohjeen YVL 2.6.

Kolmas, uudistettu painos
Helsinki 2002
Tummavuoren Kirjapaino Oy

ISBN 951-712-485-6 (nid.)
ISBN 951-712-486-4 (pdf)
ISBN 951-712-487-2 (html)
ISSN 0783-2338

6	VALVONTA RAKENTAMISEN JA KÄYTÖN AIKANA	7
6.1	Suunnittelu	7
6.2	Laitoskierrokset	7
6.3	Havaintolaitteet	7
6.4	Määräaikaistarkastukset	7
7	MÄÄRITELMIÄ	8
8	VIITTEET	9

LIITE	Esimerkki hyväksyttävästä maanpinnan huippukiihtyvyyttä PGA = 1g ja suhteellista vaimennuskerrointa $\xi = 5\%$ vastaavasta maavastespektristä	11
-------	--	----

Valtuutusperusteet

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

- ydinenergilain (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 esitetyistä vaatimuksista, on Säteilyturvakeskukselle esitettävä muu hyväksyttävä menettelytapa tai ratkaisu, jolla saavutetaan YVL-ohjeessa esitetty turvallisuustaso.

1 Yleistä

Ydinenergian käytön turvallisuutta valvovana viranomaisena Suomessa toimii Säteilyturvakeskus (STUK). Yleiset valvontamenettelyt ydinvoimalaitoksiin kohdistuvalle STUKin valvonnalle esitetään ohjeessa YVL 1.1.

Ydinvoimalaitosten suunnittelussa otetaan huomioon sisäisten tapahtumien lisäksi myös ulkoisista tapahtumista ja luonnonilmiöistä aiheutuvat uhat. Ulkoisia uhkatekijöitä ovat mm. rankat sääolosuhteet, tulvat ja maanjäristykset. Tässä ohjeessa käsitellään ulkoisista tapahtumista maanjäristystä, joka uhkaa ensisijaisesti rakenteiden ja laitteiden eheyttä, tiiviyyttä ja toimintakuntoisuutta. Ydinvoimalaitoksen turvallisuuden varmistamiseksi on tärkeää, että laitoksen turvallisuuden kannalta tärkeät rakenteet, laitteet ja järjestelmät suunnitellaan kestämaan maanjäristyksen aiheuttamat kuormitukset.

VNp 395/1991 [3] 20 § 1 momentti edellyttää, että *ydinvoimalaitoksen tärkeimmät turvallisuustoiminnot on voitava toteuttaa laitospaikalla mahdollisiksi arvioiduista luonnonilmiöistä tai muista laitoksen ulkopuolisista tapahtumista huolimatta. Lisäksi on otettava huomioon laitoksen sisäisistä syistä aiheutuneissa onnettomuustilanteissa vallitsevien olosuhteiden ja luonnonilmiöiden vaikutusten mahdollisiksi arvioidut yhdistelmät.*

Ohjeessa YVL 1.0 täsmennetään tätä yleistä määräystä toteamalla, että näitä *luonnonilmiöitä ovat ainakin lämpönielun toimintaa haittaava 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.*

Voimakkaita maanjäristyksiä tapahtuu Suomessa hyvin harvoin, mutta pahimmillaan niiden seuraukset ydinvoimalaitoksilla saattavat olla niin merkittäviä, että varautuminen maan-

järityksiin on tarpeen. Tässä ohjeessa esitetään yleiset vaatimukset ydinvoimalaitosten maanjäristyskestävyyden suunnittelulle ja osoittamiselle sekä maanjäristysten ja niiden vaikutusten tarkkailulle ydinvoimalaitoksen käytön aikana. Näiden vaatimusten tavoitteena on varmistaa, että maanjäristyksistä aiheutuva uhka turvallisuudelle on erittäin pieni.

Tätä YVL-ohjetta ei sovelleta maan alla oleviin ydinjätteen loppusijoituslaitoksiin.

2 Suunnittelu- maanjäristys

Ydinvoimalaitoksen rakentamista koskevan lupahakemuksen yhteydessä tulee esittää selvitys seismiseen suunnitteluun käytettävästä suunnittelumaanjäristyksestä. Suunnittelumaanjäristyksellä tarkoitetaan todennäköisyysperusteista arviota laitospaikalla esiintyvälle, vaikutuksiltaan suurimmalle maanjäristykselle. Se on määritettävä siten, että voimakkaampia maanjäristyksiä on odotettavissa nykyisissä geologisissa olosuhteissa enintään kerran sadassatuhannessa vuodessa ($1 \cdot 10^{-5}/v$) mediaanitasolla. Suunnittelumaanjäristyksen määrittely tulee esittää ja perustella, ja siinä tulee ottaa huomioon alueen seismisen historian lisäksi alueellinen ja paikallinen geologia sekä tektoniikka.

Suunnittelumaanjäristyksen ydinvoimalaitokseen kohdistamat ulkoiset vaikutukset on esitettävä maavastespektrin avulla. Maavastespektri kuvaa laitospaikan kallioperään tuetuksi ajatelluissa yhden vapausasteen värähtelijöissä syntyviä voimakkaimpia värähtelyjä eri ominaistajuuksilla ja tietyllä suhteellisella vaimennuskertoimella.

Suunnittelumaanjäristyksen maavastespektrin tulee perustua laitospaikkaa mahdollisimman hyvin kuvaaviin tietoihin ja mittaustuloksiin. Se on skaalattava vastaamaan maanpinnan vaak- ja pystysuuntaisia huippukiihtyvyyden (PGA) arvoja ja tarvittaessa esitettävä erikseen kummankin suuntaisille värähtelyille. Tämän ohjeen liitteenä on esimerkki hyväksyttävästä spektrimuodosta.

Käytetyt vaaka- ja pystysuuntaiset PGA-arvot on perusteltava. Vaakasuuntaisen komponentin vähimmäisarvona on käytettävä arvoa 0,1g [7]. Pystysuuntaisen komponentin arvo on tällöin oltava vähintään kaksi kolmasosaa vaakakomponentin arvosta.

Rakenteille ja laitteille tehtäviä laskelmia varten suunnittelumaanjärityksen vaikutus voidaan esittää myös maavastespektristä konstruoidulla kiihtyvyyss-aikadiagrammilla. Käytettävät kiihtyvyyssarvot ja niiden johtamistapa on tällöin esitettävä ja perusteltava.

Mikäli suunnittelumaanjärityksen aiheuttama kuormitus on tarkoitus mallintaa muulla menetelmällä, on tälle menetelmälle hankittava STUKin erillinen hyväksyntä.

3 Maanjäritysluokitus

3.1 Yleistä

Ydinvoimalaitos tulee suunnitella siten, että suunnittelumaanjäritys ei vaaranna laitoksen sammutusta, jälkilämmön poistoa, suojarakennustoimintaa eikä radioaktiivisten aineiden leviämisen estämistä. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi ydinvoimalaitosten rakenteet ja laitteet luokitellaan niille maanjäritystilanteita varten asetettavien kestävyysvaatimusten perusteella kahteen luokkaan: **S1** ja **S2**. Maanjäritysluokitus on esitettävä lupahakemukseen liittyvän ohjeen YVL 2.1 mukaisen turvallisuusluokituksen yhteydessä.

Luokittelussa noudatetaan seuraavia yleisiä periaatteita. Luokittelua voidaan lisäksi perustella todennäköisyysperusteisilla menetelmillä.

3.2 Luokka S1

Maanjäritysluokkaan S1 kuuluvat

- rakenteet ja laitteet, joiden rikkoutuminen voi aiheuttaa suoraan tai välillisesti reaktorisydämen vaurioitumiseen johtavan onnettomuustilanteen
- rakenteet ja laitteet, jotka rajoittavat ydinpolttoaineessa olevien radioaktiivisten aineiden pääsyä ydinvoimalaitoksen ulkopuolelle

- ydintekniselle turvallisuudelle tärkeän järjestelmän rakenteet ja laitteet vähintään kahden rinnakkaisen osajärjestelmän osalta
- varastoidun ydinmateriaalin alikriittisyyden varmistavat järjestelmät ja rakenteet
- radioaktiivisia jätteitä varten rakennetut säiliöt, jotka sisältävät helposti vapautuvassa muodossa olevia radioaktiivisia aineita sellaiset määrät, että niiden rikkoutuminen maanjärityksen seurauksena aiheuttaa ohjeen YVL 7.1 kohdassa 2.1.1 kriittiselle ryhmälle mainitun raja-arvon 5 mSv ylittävän annoksen.

Näiden rakenteiden ja laitteiden tulee suunnittelujärityksen aiheuttamassa kuormitustilanteessa pysyä ehjinä, tiiviinä, toimintakykyisinä ja oikealla paikallaan. Mikäli on perusteltu syy, voidaan joillekin laitteille määrittää vain tietty ominaisuus, esim. tiiviys, joka niiden tulee säilyttää suunnittelumaanjärityksen aiheuttamassa kuormitustilanteessa.

3.3 Luokka S2

Maanjäritysluokkaan S2 kuuluvat kaikki muut rakenteet ja laitteet. Niiden maanjärityskestävyydelle ei aseteta omaan toimintakykyyn ja eheyteen liittyviä vaatimuksia, mutta niiden vaurioituminen ei saa vaarantaa maanjäritysluokkaan S1 kuuluvia rakenteita ja laitteita.

4 Rakenteiden ja laitteiden seisminen suunnittelu

4.1 Yleistä

Suunniteltaessa ydinvoimalaitoksen rakenteita ja laitteita maanjärityskestäviksi tulee ottaa huomioon seuraavia yleisiä periaatteita:

- Rakenteet tulee suunnitella ja laitteet sijoittaa siten, että niistä aiheutuvat kuormitukset kohdistuvat rakennuksiin mahdollisimman lähellä maanpintaa.
- Kantavien rakenteiden tulee olla muodoltaan mahdollisimman säännöllisiä ja yksinkertaisia.

- Rakennuksen eri osat tulee sijoittaa mahdollisimman keskeisesti jäykistäviin rakenteisiin nähden.

Yksityiskohtaisia suunnittelunäkökohtia esitetään ohjeessa IAEA 50-SG-D15 [7].

4.2 Kuormitukset

Maanjäristysluokkaan S1 kuuluvien rakenteiden ja laitteiden seismisessä suunnittelussa tulee ottaa huomioon suunnittelumaanjärityksestä aiheutuvat kuormitukset. Niiden määrittämiseksi tulee dynaamisten analyysien avulla johdattaa maavastespektriä vastaavat kerrosvastespektrit tai kiihtyvyyss-aikadiagrammit rakennusten niillä tasoilla, joilla tarkasteltavat rakenteet ja laitteet sijaitsevat. Matalien rakennusten enintään 10 metrin korkeudella perustuksesta sijaitseville tasolle voidaan käyttää myös staattisia menetelmiä. Tällöin mitoituskiihtyvyydeksi valitaan kallioperälle määritetty mediaanikiihtyvyyss kerrottuna luvulla 1,5.

Rakennusten dynaamisessa analyysissa on mallinnettava värähtelykäyttäytymiseen olennaisesti vaikuttavat massa- ja jäykkyysominaisuudet. Valitut suhteellisen vaimennuskertoimen arvot on perusteltava. Rakennusten ja kallioperän dynaamisesta vuorovaikutuksesta ei edellytetä tarkastelua, mutta lähtötietoihin ja ominaistajuuksilla esiintyviin spektrihiippuihin liittyvät epävarmuustekijät on otettava huomioon. Soveltuvia ohjeita annetaan ohjeessa YVL 3.5 sekä viitteessä [7].

Yksittäisten rakenteiden ja laitteiden mitoittamiseen on käytettävä niiden kohdalla syntyviä suurimpia vaak- ja pystysuuntaisia kiihtyvyyss-arvoja. Eri rakennusten tai rakennusten osien väliset suhteelliset värähtelysiirtymät tulee ottaa huomioon, jos niistä aiheutuu merkittäviä kuormituksia. Kiihtyvyyden vaakasuuntainen komponentti valitaan kullekin kohteelle sen rakenteellisesti heikoimman suunnan mukaiseksi silloin, kun tämä voidaan selvittää. Muussa tapauksessa valitaan komponentit kahteen toisinaan vastaan kohtisuoraan vaakasuuntaan (kohteen pääsuunnat). Nämä komponentit voidaan

yhdistää myös esimerkiksi standardin ASCE 4-98 [11] mukaisesti.

Suunnittelumaanjärityksen aiheuttamiin kuormituksiin tulee lisätä muut samanaikaisesti vaikuttavat kuormitukset. Näitä ovat normaalista käytöstä aiheutuvat kuormitukset sekä maanjärityksen mahdollisesti aiheuttamista käyttöhäiriöistä seuraavat samanaikaiset kuormitukset. Suunnittelumaanjäritystä ei tarvitse ottaa huomioon yhdessä oletetun onnettomuustilanteen aiheuttaman kuormituksen kanssa.

Kuormitukset on yhdistettävä mitoitus- ja lujuuslaskelmiin hyväksytyyn standardin mukaisesti. Rakennusteknisten rakenteiden kuormitusten yhdistämiseen tulee soveltaa viitteisiin [4] – [6] perustuvaa kaavaa:

$$q_d = g + q_A + \sum 0,5q_{ki} ,$$

jossa

q_d = mitoituksessa käytettävä kuormitus

g = pysyvä kuorma

q_A = suunnittelumaanjärityksen aiheuttama dynaaminen kuormitus

q_{ki} = kaikki muuttuvat kuormat, joiden pitkäaikaisosuus on ≥ 50 %.

Kuormien osavarmuuskertoimina voidaan käyttää arvoa 1,0. Materiaalin laskentalujuuksina käytetään ominaislujuuksia [4]. Dynaaminen kuormitus sisältää rakenteessa ja sen kantamissa laitteissa syntyvät hitausvoimat.

4.3 Mitoitusperiaatteet

Ydinvoimalaitoksen rakentamista koskevan lupahakemuksen yhteydessä toimitettavissa asiakirjoissa tulee esittää mitoitusperiaatteet eri rakenne- ja laitetyyppien maanjäritykskestävyyden toteuttamiseksi mukaan lukien niiden tuenta-, kiinnitys- ja suojaustavat. Lisäksi tulee esittää suunnitelma eri rakenne- ja laitetyyppien toimintaa koskevan vaatimustenmukaisuuden osoittamiseksi maanjäritystilanteissa.

Rakenne- ja laitekohtaiset seismiset suunnitelmat sekä kohdan 4.2 mukaisten maanjärityss-

kuormitusten huomioon ottamiseksi edellytettävät mitoituslaskelmat on esitettävä rakenteiden ja laitteiden suunnittelua koskevissa asiakirjoissa.

Maanjäristysluokkaan S1 kuuluvat rakennustekniset rakenteet on mitoitettava kestävämaan suunnittelumaanjärityksen aiheuttamat kuormitukset. Riittävästä maanjäristyskestävyydestä on varmistuttava myös luokassa S2 esimerkiksi rakennukselle tehdyn dynaamisen analyysin perusteella.

Maanjäristysluokkaan S1 kuuluvien painelaitteiden, muiden mekaanisten rakenteiden ja laitteiden sekä erityisesti niiden tuentojen ja kiinnitysten mitoituslaskelmissa tulee tarkastella suunnittelumaanjärityksen aiheuttamat kuormitukset, ellei niitä voida perustellusta syystä pitää vähäisinä muihin suunnittelukuormituksiin verrattuna. Putkistojen tuentoja ja kiinnityksiä koskevia vaatimuksia esitetään ohjeessa YVL 3.3.

Mitoituslaskelmat tulee esittää myös maanjäristystilanteessa olennaisesti kuormittuvista luokan S1 sähkö- ja automaatiolaitteiden tuenoista ja kiinnityksistä.

5 Maanjäristyskestävyyden osoittaminen

5.1 Yleistä

Luvanhakijan on osoitettava, että maanjäristysluokkaan S1 kuuluvat rakenteet ja laitteet täyttävät kohdassa 3.2 asetetut kestävyysvaatimukset. Osoittamiseen voidaan käyttää analyyseja, kokeita tai kokemuseräisiä arvioita. Nämä selvitykset tai niiden tulosaineistot esitetään asianomaisille rakenne- tai laitetyppeille edellytettyjen STUKin tarkastusten yhteydessä ennen käyttöönottoa.

Suunnitteluvaiheen todennäköisyyspohjaisen turvallisuusanalyysin (PSA) tulosten on lisäksi osoitettava, että seismisen suunnittelun toteutus on ydinvoimalaitoksen kokonaisturvallisuuden kannalta hyväksyttävä.

5.2 Analyysit

Painelaitteiden ja terässuojarakennuksen maanjäristyskestävyys osoitetaan suunnittelumaanjärityksestä johtuville kuormituksille tehtävällä ohjeen YVL 3.5 mukaisella jännitysanalyysilla.

5.3 Kokeet

Aktiivisesti toimiville laitteille ja niiden osille kuten putkistojen toimilaitteille maanjäristyskestävyys on osoitettava kokeellisesti. Kokeellisia menetelmiä ovat muun muassa

- tärypöytä (toiminta yhteen, kahteen tai kolmeen pääsuuntaan)
- hydraulinen, sähköinen ja mekaaninen liikkutellaite
- iskuvasara
- paineaalto.

Kokeellisia menetelmiä käsitellään tarkemmin ohjeessa IAEA Safety Series Nro 50-SG-D15 [7].

5.4 Kokemuseräiset arviot

Maanjäristyskestävyys voidaan arvioida vastaavalle laitteelle tai rakenteelle aikaisemmin tehdyn, kohdan 5.2 tai 5.3 mukaisen selvityksen perusteella. Myös vertailukelpoisia kokemuksia tapahtuneista maanjäristyksistä voidaan käyttää hyväksi.

5.5 Sähkö- ja automaatiolaitteet

Sähkö- ja automaatiolaitteiden tyyppitesteihin tulee sisältyä suunnittelumaanjäritykseen verrattuna riittävät vaatimukset mekaanisen rasituksen kestosta. Laitteiden välisten kaapelointien ja kytkentöjen kestävyys on osoitettava analyysein ja/tai kokein.

5.6 Suunnitteluvaiheen PSA

Suunnitteluvaiheen PSA:han tulee sisällyttää maanjäristysten aiheuttamista vaurioista ja toimintavirheistä johtuvat, tärkeimmiksi arvioidut alkutapahtumat. Alkutapahtumia valittaessa tulee ottaa huomioon myös S2-luokan rakenteet ja laitteet tuentoineen sekä kokemukset eri rakenne- ja laitetyyppien vikaantumisalttiudesta voimakkuudeltaan erilaisissa todellisissa maanjäristyksissä. Suurten laitekokonaisuuksien samanaikaisesta dynaamisesta kuormittumisesta johtuvia vaurioketjuja ja yhteisvikaantumisen mahdollisuutta tulee arvioida.

Suunnitteluvaiheen PSA:ta ja todennäköisyyspohjaisia turvallisuustavoitteita koskevat vaatimukset on annettu muilta osin ohjeessa YVL 2.8.

6 Valvonta rakentamisen ja käytön aikana

6.1 Suunnittelu

Ydinvoimalaitoksen suunnittelumaanjäritys ja laitoksen maanjäristyssuunnittelussa noudatettavat yleiset periaatteet tulee esittää alustavassa ja lopullisessa turvallisuusselosteessa tai niihin liittyvissä aihekohtaisissa raporteissa.

S1-luokan rakenteiden ja laitteiden rakennesuunnitelmissa tulee ottaa huomioon maanjäristyksestä aiheutuvat kuormat. Maanjäristyksestä koskevat vaatimukset on annettu luvuissa 4 ja 5.

6.2 Laitoskierrokset

Rakenteiden ja laitteiden seismisen suunnittelun laajuus ja toteutus on tarkastettava silmämääräisesti ennen ydinvoimalaitoksen käyttöönottoa tehtävillä laitoskierroksilla. Tarkastuksiin tulee käyttää päteviä teknisiä asiantuntijoita ja ne tehdään STUKin valvonnassa. Tarkastuksissa on todettava seismisten tuenta- ja

kiinnitysratkaisujen asianmukaisuus ja mahdolliset lisätoimenpiteitä vaativat seismiset riskitekijät. Turvallisuuteen vaikuttavista poikkeavista havainnoista on toimitettava selvitys STUKille.

6.3 Havaintolaitteet

Ydinvoimalaitospaikan kallioperään on sijoitettava seismisiä havaintolaitteita varmentamaan suunnittelumaanjäristyksen määrittelyssä käytettyjä värähtelytekniisiä tietoja ja oletuksia. Lisäksi reaktorirakennuksessa tulee olla vähintään kaksi havaintolaitetta, joista toinen kiinnitetään pohjalaattaan ja toinen turvallisuudelle tärkeiden rakenteiden ja laitteiden tason yläpuolelle.

Havaintolaitteiden tulee soveltua suunnittelun perusteena oleville kiihtyvyyden- ja taajuusarvoille. Havaintolaitteiden on luotettavasti ja riittävän lyhyin aikavälein kyettävä tallentamaan esiintyvien maanjäristysten aiheuttamat kiihtyvyydet pystysuuntaan ja kahteen keskenään kohtisuoraan vaakasuuntaan.

Merkittävän maanjäristyksen tapahduttua havaintolaitteiden tulosten tulee olla käytettävissä arvioitaessa turvallisuudelle tärkeiden rakenteiden ja laitteiden tarkastusten tarpeellista laajuutta sekä edellytyksiä käytön jatkamiselle.

Havaintolaitteilla varustetun ydinvoimalaitosyksikön välittömässä läheisyydessä sijaitsevaan toiseen ydinvoimalaitosyksikköön tai muihin ydinlaitoksiin ei tarvitse asentaa erillisiä havaintolaitteita.

6.4 Määräaikaistarkastukset

Käytön aikana seismisten havaintolaitteiden tallenteet sekä laitteiden toimivuus tulee tarkastaa säännöllisesti. Asetetut raja-arvot ylittävät havainnot on arkistoitava spektrimuodossa. Toiminta tulee ohjeistaa ja sisällyttää määräaikaistarkastusohjelmiin.

7 Määritelmiä

Tässä ohjeessa tarkoitetaan

maanpinnan huippukiihtyvyydellä (PGA)

maanjäristyksestä johtuvan maanpinnan liikkeen suurinta kiihtyvyyttä;

maavastespektrillä

maanjäristyksen aiheuttaman maanpinnan värähtelyn esitystapaa, joka kuvaa laitospaikan kallioperään tuetuiksi ajatelluissa yhden vapausasteen värähtelijöissä syntyviä voimakkaampia värähtelyjä eri ominaistaajuuksilla ja tietyllä suhteellisella vaimennuskerroimella;

suhteellisella vaimennuskertoimella

yhden vapausasteen värähtelijän viskoosin vaimennusvoiman suhdetta liikenopeuteen ilmaistuna prosenttisena osuutena tämän suhteen suurimmasta arvosta (kriittinen vaimennuskeroin), jolla jaksollisesti vaimeneva vapaa värähtely on mahdollinen;

suunnittelumaanjärityksellä

ydinlaitoksen seismiseen suunnitteluun käytettävää maanpinnan värähtelyistä johtuvaa kuormitustilannetta, joka valitaan siten, että voimakkaamman maanjärityksen esiintyminen laitospaikalla on erittäin epätodennäköistä;

suunnitteluvastespektrillä (tai suunnittelu-
maanjärityksen maavastespektrillä) suunnittelumaanjäritystä vastaavaa maavastespektriä;

kerrosvastespektrillä

maanjäristyksestä johtuvan rakennuksen värähtelyn voimakkuutta eri taajuuksilla sillä kerrostasolla, johon tarkasteltava rakenne tai laite on tuettu;

odotettavissa olevalla käyttöhäiriöllä

sellaista onnettomuutta lievempää poikkeamaa normaaleista käyttötilanteista, jonka voidaan olettaa esiintyvän yhden tai useamman kerran sadan käyttövuoden aikana;

onnettomuudella

sellaista poikkeamaa normaaleista käyttötilanteista, joka ei ole odotettavissa oleva käyttöhäiriö ja joka jaetaan kahteen luokkaan: oletettu onnettomuus ja vakava reaktorionnettomuus [YVL 2.2].

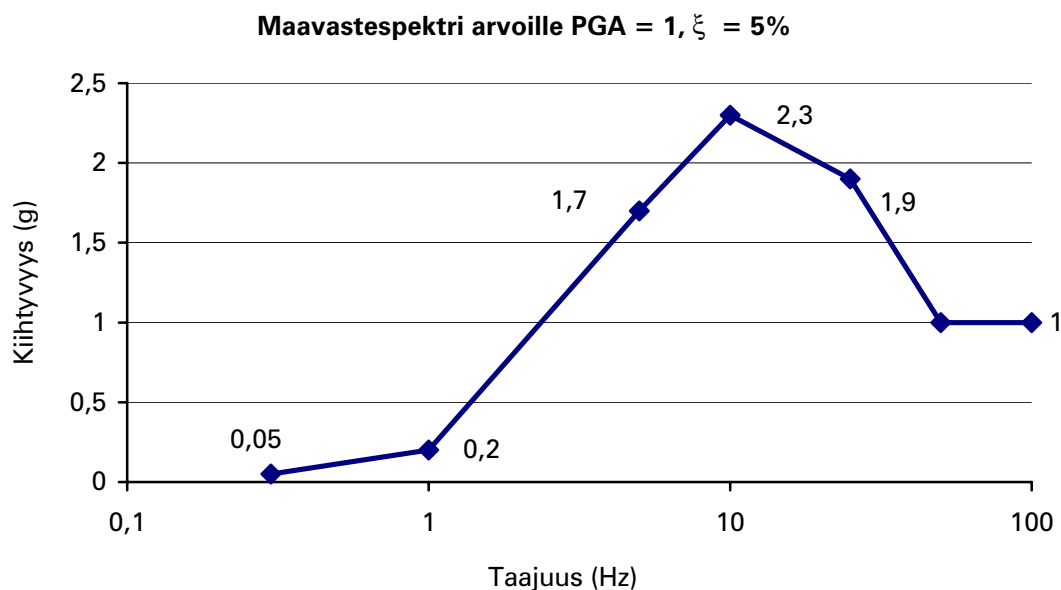
8 Viitteet

- 1 Ydinenergialaki 990/1987.
- 2 Ydinenergia-asetus 161/1988.
- 3 Valtioneuvoston päätös ydinvoimalaitosten turvallisuutta koskevista yleisistä määräyksistä 395/1991.
- 4 Suomen Rakentamismääräyskokoelma RakMK.
- 5 RIL 144, Rakenteiden kuormitusohjeet, 1997.
- 6 RIL 131, Betoninormit ja mitoitustaulukot, 1991.
- 7 IAEA Safety Series Nro 50-SG-D15, Seismic Design and Qualification for Nuclear Power Plants.
- 8 IAEA Safety Series Nro 50-SG-S1, Earthquakes and Associated Topics in Relation to Nuclear Power Plant Siting.
- 9 IAEA Safety Series Nro 50-SG-S2, Seismic Analysis and Testing of Nuclear Power Plants.
- 10 IAEA Safety Series Nro 50-SG-S8, Safety Aspects of Foundations of Nuclear Power Plants.
- 11 ASCE 4-98, "Seismic Analysis of Safety-Related Nuclear Structures".

LIITE

ESIMERKKI HYVÄKSYTTÄVÄSTÄ MAANPINNAN HUIPPUKIIHTYVYYTTÄ $PGA = 1g$ JA SUHTEELLISTA VAIMENNUSKERROINTA $\xi = 5\%$ VASTAAVASTA MAAVASTESPEKTRISTÄ

Maavastespektrin kiihtyvyyssarvot ovat suoraan verrannollisia maanpinnan huippukiihtyvyyteen (PGA), joka vastaa spektristä korkeilla, yli 50 Hz:n taajuuksilla saatavaa kiihtyvyyssarvoa. Sitä pienemmillä taajuuksilla kiihtyvyydet alenevat peruskallion pintaan oletetun värähtelijän suhteellisen vaimennuskertoimen ξ kasvaessa. Suomen manneralueen peruskallioon 63. pohjoisen leveysasteen eteläpuolella soveltuva spektrimuoto vastaten arvoja $PGA = 1$ ja $\xi = 5\%$ voidaan esittää seuraavasti:



Merkittijä havaintopisteitä vastaavat taajuudet ja kiihtyvyydet ovat:

Taajuus (Hz)	0,3	1	5	10	25	50	100
Kiihtyvyys (g)	0,05	0,2	1,7	2,3	1,9	1	1

Spektrimuoto soveltuu sekä pysty- että vaakasuuntaisille kiihtyvyyksille. Spektrimuoto on skaalattava todellisella PGA-arvolla, joka on pystysuuntaan 2/3 vaakasuuntaisesta PGA-arvosta. Muille ξ :n arvoille spektrimuoto on määritettävä erikseen.

Lähde STUKin päätös DNro C30/78, 6.11.2001.