

KÄYTETYN YDINPOLTTOAINEEN LOPPUSIJOITUSLAITOKSEN KÄYTTÖ

1	YLEISTÄ	3
2	SÄTEILYTURVALLISUUS	3
3	TEKNISIÄ SUUNNITTELUVAATIMUKSIA	4
3.1	Työntekijöiden säteilyaltistuksen rajoittaminen	4
3.2	Radioaktiivisten aineiden vapautumisen rajoittaminen	4
3.3	Säteilyturvallisuuden valvonta	5
3.4	Turvallisuusluokitus	5
3.5	Turvallisuustoimintojen varmistaminen	6
3.6	Kriittisyysonnnettomuuden estäminen	6
3.7	Palo- ja räjähdysvaaran ehkäiseminen	6
3.8	Ulkoisten tapahtumien huomioon ottaminen	7
3.9	Ydinmateriaalivalvonta	7
3.10	Erytisvaatimukset maanalaisille tiloille	8
4	TURVALLISUUSVAATIMUSTEN TÄYTTYMISEN OSOITTAMINEN	9

Tämä ohje on voimassa 1.6.2003 alkaen toistaiseksi.

Ensimmäinen painos
Vantaa 2003
Dark Oy

ISBN 951-712-633-6 (nid.)
ISBN 951-712-634-4 (pdf)
ISBN 951-712-635-2 (html)
ISSN 0783-2451

Valtuutusperusteet

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

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

Soveltamissäännöt

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

Kun Säteilyturvakeskus harkitsee YVL-ohjeissa esitettyjen, uusien turvallisuusvaatimusten soveltamista käytössä tai rakenteilla oleviin ydinlaitoksiin, se ottaa huomioon valtioneuvoston päätöksen (478/1999) 12 §:ssä säädetyn periaatteen. Sen mukaan *turvallisuuden parantamiseksi on toteutettava toimenpiteet, joita käyttökokemukset ja turvallisuustutkimukset sekä tieteen ja teknikan kehittyminen huomioon ottaen voidaan pitää perusteltuina.*

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

1 Yleistä

Tämä ohje koskee käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen käyttöä. Loppusijoituslaitoksella tarkoitetaan kokonaisuutta, johon kuuluvat käytettyjen polttoaineen nippujen kapselointilaitos ja kallioperässä olevat loppusijoitustilat aputiloineen. Loppusijoituslaitoksen käyttö alkaa, kun on myönnetty lupa tuoda ydinjätettä laitokseen, ja päättyy, kun Säteilyturvakeskus on todennut ydinjätteet sijoitetuksi pysyväksi hyväksymällään tavalla. Ohjeessa täsmennetään valtioneuvoston päätöksessä käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen turvallisuudesta (VNp 478/1999) annettuja määräyksiä. Ohje keskittyy turvallisuuskysymyksiin, jotka ovat tärkeitä loppusijoituslaitoksen suunnitteluvaiheessa sen turvallisen käytön kannalta. Loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuutta käsittelee ohje YVL 8.4. Tässä ohjeessa esitetään myös viittaukset muihin YVL-ohjeisiin, joita sovelletaan loppusijoituslaitokseen.

2 Säteilyturvallisuus

VNp:n 478/1999 4 §:ssä annetaan säteilyturvallisuuksavoitteet loppusijoituslaitoksen ja sen käyttötoimien suunnittelua varten. Säteilylain 598/1991 2 §:ään sisältyvän optimointiperiaatteen ja VNp:n 478/1999 12 §:ään sisältyvän turvallisuuden jatkuvaa parantamista koskevan periaatteen mukaisesti on kuitenkin kaikin käytännöllisin toimenpitein pyrittävä edelleen vähentämään säteilyaltistusta, vaikka tavoitearvot on saavutettu.

VNp:n 478/1999 4 §:n mukaan *loppusijoituslaitos ja sen käyttö tulee suunnitella siten, että:*

- 1) *laitoksen käytön ollessa häiriötöntä radioaktiivisten aineiden päästöt ympäristöön jäävät merkityksettömän pieniksi;*
- 2) *odotettavissa olevien käyttöhäiriöiden seurauksena eniten altistuville laitoksen henkilöstöön kuulumattomille ihmisille aiheutuva efektiivinen vuosiannos jää alle arvon 0,1 millisievertiä (mSv); sekä*
- 3) *oletetun onnettomuuden seurauksena eniten altistuville laitoksen henkilöstöön kuulumattomille ihmisille aiheutuva efektiivinen vuosiannos jää alle arvon 1 mSv.*

Loppusijoituslaitoksen häiriöttömästä käytöstä aiheutuvat radioaktiivisten aineiden päästöt ympäristöön voidaan katsoa merkityksettömän pieniksi, jos niistä väestön eniten altistuville ihmisille aiheutuva keskimääräinen efektiivinen vuosiannos on enintään 0,01 mSv. Efektiivisellä vuosiannoksella tarkoitetaan vuoden aikana saatavan ulkoisen säteilyn efektiivisen annoksen ja samana aikana kehoon joutuvista radioaktiivisista aineista viidenkymmenen vuoden kuluessa aiheutuvan efektiivisen annoksen kertymän summaa.

Odotettavissa olevalla käyttöhäiriöllä tarkoitetaan sellaista turvallisuuteen vaikuttavaa tapahtumaa, jonka arvioidaan sattuvan keskimäärin harvemmin kuin kerran vuodessa mutta jolla on huomattava todennäköisyys sattua ainakin kerran laitoksen käyttöaikana. Käyttöhäiriön seurauksena saattaa käytettyä ydinpolttoainetta vaurioitua, säteilyannosnopeudet ja radioaktiivisten aineiden pitoisuudet lisääntyä loppusijoituslaitoksen tiloissa tai laitoksen ympäristöön päästä radioaktiivisia aineita.

Oletetulla onnettomuudella tarkoitetaan sellaista loppusijoituslaitoksen turvallisuustoimintojen suunnitteluperusteena käytettävää tapahtumaa, jolla on vain vähäinen todennäköisyys tapahtua laitoksen käyttöaikana. Oletetun onnettomuuden seurauksena voi käytettyä ydinpolttoainetta rikkoontua pahoin, laitostiloihin vapautua suuria määriä radioaktiivisia aineita tai ympäristöön vapautua merkittäviä määriä radioaktiivisia aineita.

Laitoksen häiriöttömän käytön, odotettavissa olevien käyttöhäiriöiden sekä oletettujen onnettomuuksien seurauksena olevat säteilyannokset on arvioitava. Ne on arvioitava loppusijoituslaitoksen ympäristössä eniten altistuvalla, ns. kriittisen ryhmän jäsenelle, joka voi altistua ulkoiselle säteilylle tai sisäiselle säteilylle hengitysilmaan tai ravintoon joutuneiden radioaktiivisten aineiden kautta. Annosten arvioinnissa ja radioaktiivisten aineiden leviämislaskuissa on noudatettava ohjeita YVL 7.2 ja YVL 7.3 soveltuvin osin.

Loppusijoituslaitoksessa säteilytyötä tekevien säteilyaltistusta on rajoitettava säteilylain

598/1991 2 §:n ja säteilyasetuksen 1512/1991 luvun 2 mukaisesti. Työntekijöiden säteilyaltistuksen rajoittaminen on otettava huomioon loppusijoituslaitoksen tilaratkaisujen, rakenteiden ja järjestelmien suunnittelussa sekä laitoksessa suoritettavien toimintojen suunnittelussa.

Työntekijöiden altistuminen luonnonsäteilylle on otettava huomioon erityisesti loppusijoituslaitoksen maanalaisten tilojen ja niissä suoritettavien toimien suunnittelussa. Luonnonsäteilylle altistumisen rajoittamista koskee ohje ST 12.1.

3 Teknisiä suunnitteluvaatimuksia

3.1 Työntekijöiden säteilyaltistuksen rajoittaminen

Loppusijoituslaitoksen säännöllisessä käytössä olevat työtilat ja kulkuväylät tulee suunnitella ja sijoittaa siten, että ulkoisen säteilyn annosnopeus ja sisäisen säteilyaltistuksen vaara ovat pieniä näissä tiloissa. Loppusijoituslaitoksen eri tiloissa esiintyvät säteilyannosnopeudet ja radioaktiivisten aineiden pitoisuudet tulee arvioida. Voimakkaasti säteilevät kohteet tulee sijoittaa etäkäsittelyn mahdollistaviin tiloihin tai suojata tehokkaasti. Säteilysuojauksiin tulee suunnitella riittävät turvallisuusmarginaalit.

Loppusijoituslaitoksen tilat tulee luokitella arviointujen säteilyolosuhteiden perusteella. Säteily-suojelun kannalta valvontaa vaativat tilat tulee sijoittaa omalle alueelleen, jotta sinne kulkua voidaan rajoittaa ja valvoa tarkoituksenmukaisella tavalla. Maanalaisten tilojen valvonta-alueiden järjestelyissä voidaan ottaa huomioon näiden tilojen ja niissä tehtävien töiden erityispiirteet. Laitteiden käyttöä, tarkastuksia ja huoltoa varten tulee suunnitella sellaiset edellytykset ja olosuhteet, että säteilyn alaisena tehtävien työvaiheiden määrä jää vähäiseksi ja kestoltaan lyhyeksi. Rakenteiden ja järjestelmien suunnittelussa on otettava huomioon mahdollisuus nii-

den purkamiseen korjaustöiden ja laitoksen käytöstäpoiston yhteydessä.

Säteilyvalvontaa varten loppusijoituslaitoksen käytettävissä tulee olla

- henkilökohtaiseen annosvalvontaan tarvittava laitteisto
- kiinteitä ja siirrettäviä ulkoisen annosnopeuden mittausrakenteita
- ilmassa, järjestelmissä tai pinnoilla olevien radioaktiivisten aineiden mittausrakenteita
- asianmukaiset laboratoriotilat ja -laitteet näytteiden analysointia varten.

Säteilyvalvonnassa tulee käyttää hälyttäviä mittalaitteita siten, ettei kukaan altistu tietämättään merkittävälle säteilyannoksille loppusijoituslaitoksen käyttötilanteissa.

Loppusijoituslaitoksen säteilynsuojelujärjestelyjen suunnittelussa on noudatettava ohjeita YVL 7.9 ja YVL 7.18 soveltuvin osin. Säteilyvalvontajärjestelmiä ja -laitteita koskee ohje YVL 7.11.

3.2 Radioaktiivisten aineiden vapautumisen rajoittaminen

VNp:n 478/1999 17 §:n mukaan *radioaktiivisten aineiden vapautuminen loppusijoituslaitokseen käytetyn ydinpolttoaineen käsittelyn yhteydessä on rajoitettava vähäiseksi. Vapautuneet kiinteät, nestemäiset ja ilmassa olevat hiukkasmaiset radioaktiiviset aineet on otettava talteen ja käsiteltävä radioaktiivisena jätteenä.*

Loppusijoituslaitoksen käyttötoimet sekä sen rakenteet ja järjestelmät on suunniteltava siten, että radioaktiivisten aineiden vapautuminen laitoistiloihin ja ympäristöön estetään tai sitä rajoitetaan kaikin käytännöllisin keinoin. Laitoksella on oltava järjestelmät, joilla voidaan ottaa talteen käsittelytiloihin vapautuneet radioaktiiviset aineet, puhdistaa pinnat niille levinneistä radioaktiivisista aineista sekä käsitellä ja pakata kertyneet radioaktiiviset jätteet asianmukaisesti.

Sellaisissa laitoksen tiloissa, joiden ilmatilaan voi joutua merkittäviä määriä radioaktiivisia aineita, tulee olla ilmastointi- ja suodatusjärjestelmät, joiden tehtävä on

- vähentää radioaktiivisten aineiden pitoisuuksia näissä tiloissa
- estää radioaktiivisten aineiden leviäminen muihin laitostiloihin
- rajoittaa radioaktiivisten aineiden pääsyä ympäristöön.

Näiden ilmastointi- ja suodatusjärjestelmien tulee voida toimia suunnitellulla tehollaan myös odotettavissa olevan käyttöhäiriön tai oletetun onnettomuuden tapahduttua.

Loppusijoituslaitosten ilmastointijärjestelmien suunnittelussa on noudatettava ohjetta YVL 5.6 soveltuvien osin.

3.3 Säteilyturvallisuuden valvonta

VNp:n 478/1999 18 §:n mukaan *loppusijoituslaitoksen käytön säteilyturvallisuutta koskevien vaatimusten täytyminen on varmistettava jatkuvien tai säännönmukaisien mittauksin. Valvonta on kohdistettava erityisesti laitoksen mahdollisiin päästöreitteihin sekä laitoksen ympäristöön.*

Radioaktiivisten aineiden mahdollisten päästöreittien valvomiseksi tulee suunnitella järjestelmät, jotka mittaavat ja tallentavat tiedot ympäristöön pääsevien radioaktiivisten aineiden määrästä. Päästöjä on voitava valvoa myös odotettavissa olevan käyttöhäiriön tai oletetun onnettomuuden sattuessa. Eri päästöreiteille tulee määrittää rajat, joiden ylittyessä käynnistetään toimenpiteet päästöjen rajoittamiseksi.

Loppusijoituslaitoksen ympäristössä tulee olla ulkoisen säteilyn mittausasemia ja meteorologisia mittauslaitteita radioaktiivisten aineiden päästöjen leviämisen arviointia varten. Loppusijoituslaitoksen lähiympäristöön mahdollisesti päässeiden radioaktiivisten aineiden toteamiseksi on oltava ympäristönäytteiden mittausohjelma.

Ohjeissa YVL 7.5, YVL 7.6 ja YVL 7.7 esitetään yksityiskohtaisia vaatimuksia meteorologisista mittauksista, päästöjen mittaamisesta ja ympäristön säteilytarkkailusta, ja ne koskevat soveltuvien osin myös loppusijoituslaitosta.

3.4 Turvallisuusluokitus

VNp:n 478/1999 13 §:n mukaan *loppusijoituslaitoksen järjestelmät, rakenteet ja laitteet on luokiteltava sen perusteella, mikä merkitys niillä on loppusijoituslaitoksen käytön turvallisuuden ja pitkäaikaisturvallisuuden kannalta. Kultakin järjestelmästä, rakenteelta ja laitteelta edellytettävän laadun sekä sen todentamiseksi tarvittavien tarkastusten ja testausten on oltava riittävät kyseisen kohteen turvallisuusmerkitykseen nähden.*

Loppusijoituslaitoksen käytön turvallisuuden kannalta merkityksellisiä luokiteltavia järjestelmiä, rakenteita ja järjestelmiä ovat ainakin

- käytettyä polttoainetta sisältävien säiliöiden käsittelyjärjestelmät
- käytettyjen polttoainepölyjen käsittelykammiot ja -laitteistot sekä niiden ohjausjärjestelmät
- jätekapselin käsittelyjärjestelmät ja niiden ohjausjärjestelmät
- muut merkittäviä määriä radioaktiivisia aineita sisältävät järjestelmät
- palontorjuntajärjestelmät turvallisuuden kannalta merkittävässä osastoissa
- valvonta-alueiden ilmastointi- ja suodatusjärjestelmät
- säteilymittausjärjestelmät.

Pitkäaikaisturvallisuuden kannalta merkityksellisiä luokiteltavia järjestelmiä, rakenteita ja laitteita ovat

- jätekapseli ja sen käsittelylaitteistot
- loppusijoitettua jätekapselia ympäröivä täyteaine.

Loppusijoituslaitoksen turvallisuusluokituksessa on noudatettava ohjetta YVL 2.1 soveltuvien osin. Nosto- ja siirtolaitteiden suunnittelussa on

noudatettava ohjetta YVL 5.8. Automaatiojärjestelmien suunnittelussa on noudatettava ohjetta YVL 5.5 ja sähköjärjestelmien suunnittelussa ohjetta YVL 5.2 soveltuvin osin.

3.5 Turvallisuuustoimintojen varmistaminen

VNp:n 478/1999 14 §:n mukaan *loppusijoituslaitoksessa on varmistettava toiminnot, jotka ovat tärkeitä polttoaineriippujen sekä jätekapselien eheyden säilymisen, päästöjen ehkäisemisen ja laitoksen henkilöstön säteilyturvallisuuden kannalta.*

Yksittäisvikaantumisen varalta varmistettavia loppusijoituslaitoksen turvallisuusjärjestelmiä ovat

- käytettyjen polttoaineriippujen ylikuumenemisen estojärjestelmät
- onnettomuuden seurantaan ja hallintaan tarvittavat säteilymittausjärjestelmät sekä polttoaineriippujen käsittelytilan säteilymittausjärjestelmä
- alipaine- ja suodatusjärjestelmät tiloissa, joiden ilmatilaan voi vapautua suuria määriä radioaktiivisia aineita
- radioaktiivisten aineiden päästöjen mittausjärjestelmät
- paloilmoitin- ja sammutusjärjestelmät alueilla, joissa tulipalo voisi aiheuttaa merkittävän radioaktiivisten aineiden vapautumisen laitteistoihin tai ympäristöön.

Käytettyjen polttoaineriippujen käsittelyjärjestelmät on suunniteltava niin, ettei yksittäisen laitteen vikaantumisen seurauksena voi aiheutua putoamisonnettomuutta tai muuta onnettomuutta, jossa käytettyjä polttoaineriippuja voisi vaurioitua pahoin. Käytettyä polttoainetta sisältävien siirtosäiliöiden ja jätekapselien käsittelyjärjestelmät on suunniteltava niin, ettei yksittäisen laitteen vikaantumisen seurauksena voi aiheutua putoamisonnettomuutta tai muuta onnettomuutta, jossa siirtosäiliöstä tai jätekapselistä voisi vapautua merkittävästi radioaktiivisia aineita. Näiden käsittelyjärjestelmien käyttövoiman menetyksen seurauksena ei saa aiheutua säteilyvaarallista tilannetta.

Loppusijoituslaitoksen turvallisuuustoimintojen varmistamisessa on noudatettava ohjetta YVL 2.7 soveltuvin osin.

3.6 Kriittisyysonnettomuuden estäminen

VNp:n 478/1999 19 §:n mukaan *rakenteellisin ratkaisuin on estettävä sellaisten polttoaineriippujen muodostuminen, jotka synnyttävät hallitsemattoman neutronien ylläpitämän fissioiden ketjureaktion.*

Käytettyjen polttoaineriippujen siirtosäiliöt, varastotilat ja käsittelylaitteet sekä jätekapselit on suunniteltava siten, ettei kriittisiä polttoaineriippuja muodostu missään käyttötilanteessa, mukaan luettuna odotettavissa olevat käyttöhäiriöt ja oletetut onnettomuudet.

Loppusijoitettujen jätekapselien tulee säilyttää alikriittisyytensä myös pitkällä aikavälillä sellaisissa tilanteissa, joissa kapseli on menettänyt tiiviytensä ja kokenut mekaanisia tai korroosiosta aiheutuvia muodonmuutoksia. Kriittisyyslaskelmissa on polttoaineen väkevöintiaste, palama, efektiivisen kasvutekijän turvamarginaali ja muut oletukset valittava siten, että varmuus kriittisyysturvallisuudesta on erittäin hyvä.

3.7 Palo- ja räjähdysvaaran ehkäiseminen

VNp:n 478/1999 20 §:n mukaan *loppusijoituslaitos on suunniteltava siten, että tulipalon todennäköisyys on pieni ja tulipalon seuraukset turvallisuuden kannalta vähäisiä.*

Loppusijoituslaitos on suunniteltava siten, että estetään luotettavasti räjähdykset, jotka voisivat vaarantaa polttoaineriippujen, jätekapselien tai radioaktiivisia aineita sisältävien laitteiden tai tilojen eheyden.

Loppusijoituslaitoksen paloturvallisuussuunnitelun tavoitteena tulee olla

- palojen syttymisen estäminen
- palojen nopea havaitseminen ja sammuttaminen

- palojen leviämisen estäminen sellaisiin tiloihin, joissa se voisi vaarantaa käytetyn polttoaineen käsittelyn tai varastoinnin turvallisuuden
- räjähdysvaaran minimointi.

Loppusijoituslaitoksessa tulipalon ja räjähdysten ehkäisemisen tulee perustua ensisijaisesti tilasuunnitteluun ja palotekniseen osastointiin, jonka tulee täyttää vähintään paloluokkavaatimus EI 60. Käytettävien materiaalien tulee olla pääsääntöisesti palamattomia ja kuumuutta kestäviä. Turvallisuuden kannalta tärkeisiin paloteknisiin osastoihin tai niiden välittömään läheisyyteen ei tule sijoittaa tarpeettomasti materiaaleja tai laitteita, jotka lisääisivät palokuormaa tai aiheuttaisivat syttymis- ja räjähdysvaaraa. Tilat, joissa on huomattavia palokuormakeskittymiä, on eroteltava omiksi paloteknisiksi osastoikseen.

Loppusijoituslaitos tulee varustaa automaattisella paloilmoitinjärjestelmällä, ja se tulee suunnitella siten, että palo voidaan paikantaa riittäväällä tarkkuudella. Lisäksi laitoksen tilat tulee tarvittaessa varustaa kohteeseen soveltuvalla sammutusjärjestelmällä ja operatiiviseen palontorjuntaan soveltuvalla alkusammutuskalustolla. Paloilmoitin- ja sammutusjärjestelmien tulee toimia tehokkaasti myös odotettavissa olevan käyttöhäiriön tai oletetun onnettomuuden satuessa.

Paloturvallisuusjärjestelyjen suunnittelussa on noudatettava ohjetta YVL 4.3 soveltuvin osin.

3.8 Ulkoisten tapahtumien huomioon ottaminen

VNp:n 478/1999 21 §:n mukaan *loppusijoituslaitoksen suunnittelussa on otettava huomioon mahdollisina pidettävistä luonnonilmiöistä ja muista laitoksen ulkopuolisista tapahtumista aiheutuvat vaikutukset.*

Huomioon otettavia luonnonilmiöitä ovat ainakin salamanisku, maanjäristys, myrskytuuli, tulva sekä poikkeuksellinen ulkoilman lämpötila. Muita huomioon otettavia laitoksen ulkopuolisia tapahtumia ovat ainakin sähkömagneettinen

häiriö, lentokoneen törmäys, maastopalo ja räjähdys.

Loppusijoituslaitoksen maanpäällisen osan suunnittelussa on noudatettava ohjeissa YVL 4.1 ja YVL 4.2 esitettyjä rakentamista koskevia ja ohjeissa YVL 2.6 esitettyjä maanjäristystä koskevia vaatimuksia soveltuvin osin.

3.9 Ydinmateriaalivalvonta

VNp:n 478/1999 23 §:n mukaan *loppusijoituslaitoksen suunnittelu, rakentaminen, käyttö ja sulkeminen on toteutettava siten, että ydinmateriaaliin kohdistuva valvonta voidaan järjestää sitä koskevien vaatimusten mukaisesti.*

Loppusijoituslaitoksen suunnittelussa tulee ottaa huomioon ydinmateriaalivalvonnan järjestäminen. Ydinmateriaalin kulkureitit, puskurivarastot, käsittelyprosessit ja valvonta on suunniteltava siten, että ydinainetiedon jatkuvuus voidaan varmistaa joka vaiheessa. Myös materiaallivirtojen valvonta maanalaisiin tiloihin ja ulos niistä tulee olla mahdollista. Polttoaineniippujen ja jättekapselien tulee olla yksilöllisesti tunnistettavissa.

Kaikkien polttoaineniippujen ydinainetiedot tulee olla mahdollista todentaa ainetta rikkomatomin menetelmin ilmoitettujen tietojen oikeellisuuden ja täydellisyyden varmistamiseksi. Ydinainetietojen kattava varmentaminen voidaan tehdä joko kapselointilaitoksella tai ennen polttoaineniippujen siirtoa sinne. Jälkimmäisessä tapauksessa on polttoaineniiput yksilöitävä luotettavasti kapselointilaitoksella ja varmistuttava ydinainetiedon aukottomasta jatkuvuudesta sekä siitä, ettei polttoainesäiliöitä avata siirtojen aikana. Jos valvontatiedon jatkuvuus menetetään, ydinainetiedot on todennettava uudelleen.

Loppusijoituslaitoksen ydinmateriaalivalvonnalla varmistetaan myös, ettei laitoksessa, erityisesti sen maanalaisissa tiloissa, ole suunnittelutietoihin sisältymättömiä tiloja, materiaaleja tai toimintoja, ja että polttoaineniiput ja jättekapselit säilyvät ilmoitetuissa paikoissa laitoksen käytön ja sen sulkemisen jälkeen.

Ydinmateriaalivalvonnan mittauksilla saatavia tietoja nippujen nuklidikoostumuksista voidaan myös käyttää hyväksi varmentamaan, että jättekapselien alikriittisyyttä ja lämmönkehitystä koskevat rajoitukset toteutuvat. Radioaktiivisten aineiden päästömittauksia ja ympäristövalvontaa voidaan käyttää myös sen varmistamiseen, ettei loppusijoituslaitoksella ole ilmoittamatonta toimintaa.

Loppusijoituslaitoksen ydinmateriaalien kirjanpito- ja raportointijärjestelmän suunnittelussa on noudatettava ohjeiden YVL 6.1, YVL 6.9 ja YVL 6.10 vaatimuksia soveltuvin osin. Euroopan komission asetuksen 3227/76/Euratom mukaiset tekniset perustiedot on toimitettava Säteilyturvakeskukselle ja Euroopan komissiolle vähintään 200 päivää ennen loppusijoituslaitoksen rakentamisen aloittamista.

3.10 Erityisvaatimukset maanalaisille tiloille

VNp:n 478/1999 24–25 §:ien mukaan *suunnitellussa loppusijoitusyvytydessä on oltava riittävän suuria ja ehyitä kalliotilavuuksia, jotka soveltuvat loppusijoitustilojen rakentamiseen. Loppusijoitustilojen suunnittelua varten ja turvallisuusarvioissa tarvittavien lähtötietojen hankkimiseksi on suunnitellun loppusijoituspaikan kallioperän ominaisuudet selvitettävä suunnitellussa loppusijoitusyvytydessä tehtävin tutkimuksin.*

Maanalaisten tilojen sijoittelu, louhinta, rakentaminen ja sulkeminen on toteutettava siten, että kallioperä parhaalla tavalla säilyttää pitkäaikaisturvallisuuden kannalta tärkeät ominaisuudet.

Loppusijoitustilojen ja muiden maanalaisten tilojen rakentamisen ja käytön aikana on toteutettava geologinen tutkimus-, testaus- ja valvontaohjelma, jolla varmistetaan louhittavien tilojen soveltuvuus loppusijoitukseen ja määritetään turvallisuuden kannalta tärkeät kallioperän ominaisuudet. Tähän ohjelmaan tulee sisältyä ainakin

- louhittaviksi suunniteltujen kalliolohkojen ominaisuuksien selvittämistä

- kallion jännitysten, muodonmuutosten ja siirtymien tarkkailua
- kallioperän kivilajien ja rakovyöhykkeiden kartoitusta
- kallioperän hydrogeologista seuranta ja pohjaveden laadun tarkkailua
- havainnointia jätteiden lämmönkehityksen aiheuttamista vaikutuksista kalliiossa.

Maanalaisten tilojen sijoittelua on varauduttava muuttamaan, mikäli suunniteltuja tiloja ympäröivän kallion laatu osoittautuu merkittävästi suunnitteluperusteita epäedullisemmaksi.

Pitkäaikaisturvallisuuden kannalta edullisten kallioperän ominaisuuksien säilyttämiseksi on otettava huomioon, että

- käytettävien louhintamenetelmien yhtenä valintaperusteena on rajoittaa louhintahäiriöitä loppusijoitustiloja ympäröivässä kalliossa
- kallioperä on lujitettava ja tiivistettävä siten, ettei loppusijoitustiloihin kulkeudu merkittävästi vapautumisesteiden toimintakyvyn kannalta haitallisia aineksia
- orgaanisten ja hapettavien aineiden kulkeutuminen loppusijoitustiloihin on minimoitava
- loppusijoitustilat on täytettävä ja suljettava heti, kun se on mahdollista loppusijoitustoimien ja niihin liittyvien valvontatoimien kannalta.

VNp:n 478/1999 26 §:n mukaan *maanalaisten tilojen laajennustöitä ei saa tehdä jo loppusijoitustiloissa olevien jättekapselien läheisyydessä, ja muutoinkin toiminnot loppusijoituslaitoksessa on suunniteltava niin, että jättekapselien vioittuminen on tehokkaasti estetty. Maanalaisissa tiloissa tehtäviin louhinta- ja rakennustöihin liittyviä maa-ainesten siirtoja tai niihin verrattavia muita laajamittaisia siirtotoimenpiteitä ei saa tehdä tiloissa, joita saatetaan samanaikaisesti käyttää jättekapselien siirtoihin.*

Loppusijoituslaitoksen laajennustyöt tai muut laajamittaisia siirtoja edellyttävät toimet eivät saa vaarantaa loppusijoituksen turvallisuutta. Sen vuoksi loppusijoituslaitoksen tilaratkaisu on suunniteltava siten, että loppusijoitustoiminta sekä louheen, täyteaineiden ja suurten konei-

den siirrot on riittävästi erotettu toisistaan. Louhintatöistä aiheutuvat kallion sortumat tai siirrokset niissä tiloissa, joihin on sijoitettu tai ollaan sijoittamassa jätekapseleita, on estettävä pitämällä nämä tilat riittävän etäällä louhintatöiden kohteena olevista tiloista.

Jätekapseli on siirrettävä kapselointilaitoksesta loppusijoituspaikkaansa ja täyteaine asetettava kapselin ympärille siten, ettei kapseli vaurioidu mekaanisesti sen pitkäaikaiskestävyyden vaarantavalla tavalla.

4 Turvallisuusvaatimusten täyttymisen osoittaminen

VNp:n 478/1999 27 §:n mukaan *silloin, kun loppusijoituslaitoksen käyttöä koskevien turvallisuusvaatimusten täytyminen ei ole suoraan todennettavissa, se on osoitettava kokeellisin tai laskennallisista menetelmistä tai näiden menetelmien yhdistelmällä. Laskennalliset menetelmät tulee valita siten, että todellinen riski tai haitta on suurella varmuudella pienempi kuin laskennallisten menetelmien antamat tulokset. Laskennallisten menetelmien on oltava luotettavia ja hyvin kelpoistettuja tarkasteltavien tapahtumien käsittelyyn.*

Loppusijoituslaitoksen häiriötöntä käyttöä koskevien turvallisuusvaatimusten täytyminen on osoitettava analyysin ja todennettava laitoksen koekäytön yhteydessä. Myös käyttöhäiriöiden ja onnettomuuksien varalle suunniteltujen turvajärjestelmien toimivuus on mahdollisuuksien mukaan todennettava koekäytön yhteydessä. Koekäyttöä koskee ohje YVL 2.5 soveltuvin osin.

Odotettavissa olevia käyttöhäiriöitä ja oletettuja onnettomuuksia koskevien turvallisuusmääräysten täytyminen on osoitettava sellaisin analyysin, jotka luonteeltaan ja vakavuudeltaan kattavat erityyppiset häiriöt ja onnettomuudet, joita voi esiintyä loppusijoituslaitoksella. Näiden tapahtumien edustavuuden kannalta on

myös olennaista, että kunkin turvajärjestelmän tehtävää ja mitoitusta eniten rajoittavat tapahtumat analysoidaan.

Säteilyturvallisuusvaatimusten täytyminen osoitetaan ensisijaisesti deterministisellä turvallisuusanalyysillä. Tällainen analyysi on esitettävä periaatepäätöshakemuksen, alustavan turvallisuusselosteen ja lopullisen turvallisuusselosteen yhteydessä. Sen lisäksi loppusijoituslaitoksen käytön turvallisuuteen vaikuttavia tekniisiä ratkaisuja sekä tarkasteltavien häiriö- ja onnettomuustilanteiden valintaa on perusteltava todennäköisyyspohjaisella turvallisuusanalyysillä. Ydinenergia-asetuksen 36 §:n mukaan todennäköisyyspohjaisen analyysin tulee sisältyä siihen aineistoon, joka toimitetaan Säteilyturvakeskukselle käyttö lupaa haettaessa. Rakentamislupahakemuksen yhteydessä toimitettavaan alustavaan turvallisuusselosteeseen on sisällytettävä suunnitteluvaiheen todennäköisyyspohjainen turvallisuusanalyysi, jossa arvioidaan merkittävimpien häiriöiden todennäköisyyksiä sekä aiheutuvia radioaktiivisten aineiden päästöjä ja työntekijöiden säteilyannoksia.

Odotettavissa olevien käyttöhäiriöiden mahdollisina aiheutumissyinä on tarkasteltava ainakin

- pahoin vuotavan tai mekaanisesti heikentyneen polttoainepinon käsittelyä
- laitevikaa tai virhetoimintaa, jolla voi olla turvallisuusmerkitystä
- radioaktiivisten aineiden käsittelyjärjestelmän tai turvajärjestelmän tehonmenetystä
- tulipaloa turvallisuuden kannalta merkityksellisessä kohteessa
- odottamatonta vesivuotoa tai tulvaa loppusijoituslaitoksissa.

Oletettujen onnettomuuksien mahdollisina aiheutumissyinä on tarkasteltava ainakin

- käytetyn polttoainepinon, niitä sisältävän säiliön tai jätekapselin putoamista tai muuta käsittelyvahinkoa, jonka seurauksena polttoainetta rikkoontuu pahoin
- tärkeän turvallisuusjärjestelmän toimintakyvyn olennaista heikentymistä
- käytetyn ydinpolttoaineen huomattavaa ylikuumentumista

- räjähdystä tai tunnelin sortumaa loppusijoitus-tilassa
- merkittävää vauriota aiheuttavaa ulkoista tapahtumaa, kuten huomattavaa maanjäristystä tai lentokoneen törmäystä.

Loppusijoituslaitoksen käytön turvallisuuden analysoinnissa käytettävistä menetelmistä tulee esittää kuvaus, josta selviää menetelmien yleiset periaatteet, fysikaaliset mallit, numeeriset laskentamenetelmät ja laskentaparametrien perustana oleva kokeellinen aineisto. Analysointimenetelmien tulee olla riittävän hyvin kelpoistettuja kyseisten tapahtumien käsittelyyn. Fysi-

kaaliset mallit voidaan kelpoistaa joko osailmiöitä koskevien kokeiden perusteella tai käyttämällä hyväksi aiemmin kelpoistettuja malleja. Numeeriset laskentamenetelmät voidaan kelpoistaa vertailulaskelmin.

Parametriarvot, jotka vaikuttavat olennaisesti turvallisuusanalyysien lopputulokseen, tulee valita todennäköisten vaihtelualueidensa reunalta siten, että lopputulosta voidaan pitää hyvällä varmuudella todellista säteilyaltistusta tai muuta haittaa yliarvioivana. Analyysitulosten herkkyys turvallisuuden kannalta olennaisten parametriarvojen vaihtelulle tulee myös osoittaa.