



samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

AARNE HYPPÖLÄ

Liikuntasaumamateriaalin vaihtotyö ydinvoimalaitoksella

RAKENNUS- JA YHDYSKUNTATEKNIIKAN TUTKINTO-
OHJELMA
2022

Tekijä(t) Hyppölä, Aarne	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2022
	Sivumäärä 55	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi Liikuntasaumamateriaalin vaihtotyö ydinvoimalaitoksella		
Tutkinto-ohjelma Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma		
<p>Liikuntasauaman tarkoituksena on estää rasiusten siirtyminen rakenneosasta toiseen ja sallia liikuntasauaman molemmiin puolin olevien rakenteiden liikkeitä. Liikuntasaumaa käytetään betonirakenteissa hallitsemaan tai vaimentamaan rakenteissa tapahtuvaa painumaa, kuormitusten jakautumista, seismistä aktiivisuutta, dynaamisia värinöitä, lämpöliikkeitä sekä betonin virumaa ja kutistumaa. Liikuntasaumat on tyypillisesti toteutettu elastisella massalla, kumimateriaaleilla, liikuntasauomalaitteilla tai elastisen massan ja mekaanisten komponenttien yhdistelmä rakenteena.</p>		
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää oikeat menetelmät liikuntasauaman vaihtotyölle ydinvoimalaitoksella. Opinnäytetyö toteutettiin kirjallisia lähteitä analysoimalla, haastatteluilla ja ennakoitimenetelmillä. Lopputuloksena opinnäytetyössä selvitettiin ne menetelmät, joita tulee käyttää liikuntasauaman vaihtotyössä ydinvoimalaitoksilla. Ydinvoimalaitoksella korjaushankkeen suunnittelussa ja toteutuksessa on huomioitava tyypillisestä poikkeava työympäristö. Ydinvoimalaitosympäristössä tehtävät korjaushankkeet on suunniteltava niin että missään vaiheessa ydinvoimalaitoksen käyttöönotto ei häiriinny. Liikuntasauaman vaihtotyössä on huomioitava myös työstettävien materiaalien ominaisuudet ja niiden sisältämät vaaralliset ainesosat. Työskenneltäessä ydinvoimalaitoksella on korjaushankkeissa varauduttava myös säteilevään työympäristöön.</p>		
<p><u>Asiasanat</u> liikuntasauama, ydinvoimalaitos, säteilytyö, PCB, lyijy, säteily, polymeeri, silikon</p>		

Author(s) Hyppölä, Aarne	Type of Publication Bachelor's thesis	Date May 2022
	Number of pages 55	Language of publication: Finnish
Title of publication Replacing of the expansion joint materials in a nuclear power plant		
Degree programme Construction and civil engineering		
<p>The purpose of the expansion joint is to prevent the transfer of stresses from one structural part to another and to allow the movements of the structures on both sides of the expansion joint. Expansion joints are used in concrete structures to control or dampen slumping in structures, load distribution, seismic activity, dynamic vibrations, thermal movements, and creep straining and shrinkage of concrete. The movement joints are typically made with an elastic mass, rubber materials, movement joint devices or a combination of elastic mass and mechanical components.</p> <p>The purpose of the thesis was to find out the correct methods to use for the replacement work of an expansion joint at a nuclear power plant. The thesis was carried out by analyzing written sources, interviews and foresight methods. As a result of the thesis, the methods to be used in the replacement of the expansion joint at nuclear power plants were investigated. When working at the nuclear power plant, a different working environment must be taken into account in the planning of the repair project. Repair projects in the vicinity of a nuclear power plant must be planned in such a way that at no point is the operation of the nuclear power plant disrupted. The properties of the materials to be processed and the hazardous ingredients they contain must also be taken into account when replacing the expansion joint. When working in a nuclear power plant, projects must also prepare for radiant working environment.</p>		
<u>Key words</u> expansion joint, nuclear power plant, radiation work, PCB, lead, radiation, polymer, silicone		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	KÄYTETYT KÄSITTEET JA LYHENTEET	7
3	YLEISTÄ	9
3.1	Ydinvoimalaitos	9
3.2	Liikuntasauha	9
3.3	Liikuntasauhamassat	12
3.4	Pohjanauha	13
3.5	Pohjuste	13
3.6	Ydinvoimalaitosten tyypilliset liikuntasauhalliset rakenteet.....	14
4	LIIKUNTASAUMAN VAIHTO	17
5	TYÖSKENTELY YDINVOIMALAITOKSESSA.....	19
5.1	Turvallisuuskulttuuri	19
5.2	Valvonta-alue ja kenkäräja	20
5.3	Säteily ja säteilytyö.....	21
5.4	Säteilytyön lisäsuojavarusteet ja lisäkenkäräja	22
5.5	ALARA-periaate	23
5.6	Säteilyturvakeskus	24
5.7	Liikuntasauhan vaihtotyö säteilevissä kohteissa	24
5.8	Turvallisuustekniset käyttöehdot TTKE.....	24
6	PROJEKTIN KÄYNNISTÄMINEN JA PÄÄTÖKSENTEKO	26
6.1	Liikuntasauhamateriaalin vaihtotyön toteutuslaajuuden arviointi TVO:lla tehtävien muutosten kategorioiden mukaan	27
7	KORJAUSHANKKEEN LAITOKSELLE VIENTI.....	28
7.1	Projektiryhmä, projektipäällikkö ja muutostyövastaava	28
7.2	Hankinta	28
7.3	Työluvut.....	28
7.4	Säteilytyölupa ja pölyävän työn lupa	28
7.5	Palo-osastoivan rakenteen avaaminen ydinvoimalaitoksella	29
8	KORJAUSHANKKEEN VAATIMUKSET	30
8.1	Rakentaminen	30
8.2	Valvonta	30
8.3	Työn kulku.....	31
8.4	Työn laatu ja rakenteen vaatimukset	32
8.5	Käyttöikä ja määräaikaistarkastukset	34
9	VALMISTELEVAT TYÖT JA SUUNNITTELU	35

9.1	Tarveselvitys.....	35
9.2	Hankesuunnittelu	35
9.2.1	Haitta-ainearvio ja -tutkimus.....	36
9.2.2	Rakennussuunnittelu	36
9.2.3	Materiaalihankinnat.....	38
10	TYÖVAIHEET TOTEUTUKSELLE	39
10.1	Aloituskokous.....	39
10.2	Työmaan perustaminen	39
10.3	Aluesuunnitelma.....	40
10.4	Purkutyö	40
10.4.1	Purkutyöselostus.....	40
10.4.2	Haitta-aineettomien saumamassojen purku.....	41
10.4.3	PCB-yhdisteitä tai lyijyä sisältävien saumamassojen purku	41
10.5	Työskentely korkeasti säteilevissä tiloissa.....	42
10.6	Vaihtotyö.....	42
10.7	Avartaminen	43
10.8	Toteutusalueiden jakaminen.....	46
10.9	Tarkastukset	47
10.10	Työmaan sulkeminen ja luovutus.....	47
11	MÄÄRÄAIKAISTARKASTUKSET JA YLLÄPITO	48
11.1	Määräaikaistarkastukset	48
11.2	Ylläpito.....	48
11.3	Ennakkohuolto-ohjelman mukainen uusinta tulevaisuudessa.....	49
12	YHTEENVETO	50
	LÄHTEET.....	51
	LIITELUETTELO	53
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö toteutettiin Teollisuuden Voima Oyj:n toimeksiannosta ja se käsittelee toimintatapoja tilaajayrityksen näkökulmasta, kuitenkin opinnäytetyötä voi soveltaa muissakin kuin tilaajayrityksen ydinvoimalaitoksissa.

Teollisuuden Voima Oyj:n OL1 ja OL2 laitosesiköitä on käytetty noin neljäkymmentä vuotta. Sinä aikana määräaikaistarkastusten perusteella liikuntasaumamassoja on korjattu ja osittain uusittu. Nyt kaikki alkuperäiset massat ovat ylittäneet valmistajan perusteella käyttöiän. Tämä opinnäytetyö on osa kokonaisuutta, jossa suunnitellaan näiden saumojen uusinta OL1 ja OL2 laitosesiköillä.

Ydinvoimalaitoksen liikuntasaumat on toteutettu pääsääntöisesti elastisella massalla tai EPDM kumimateriaaleilla. Joissakin uusimmissa ydinvoimalaitoksissa liikuntasaumojä on toteutettu elastisen massan ja metallirakenteiden yhdistelmällä. Yksittäisissä kohteissa on käytössä liikuntasaumalaitteita. Tämä opinnäytetyö keskittyy ensimmäisenä mainittuun elastisella massalla toteutetun liikuntasauvan vaihtotyöhön. Vaatimus-, valmistelu-, suunnittelu- ja toteutuskuvausta voidaan kuitenkin käyttää soveltavin osin myös EPDM kumimateriaalisten saumojen, yhdistelmärakenteiden tai liikuntasaumalaitteiden vaihtotyössä.

Rajapintana opinnäytetyölle oli suunnitella korjaushankkeen toteutus, jossa ydinvoimalaitoksen luvanhaltija toimii rakennuttajana ja lainsäädännöllisenä päätoteuttajana. Liikuntasaumavaihdot tehdään ulkopuolisen urakoitsijan toimesta, joka toimii hankkeen pääurakoitsijana.

Teollisuuden Voima Oyj:lle luotiin tämän opinnäytetyön pohjalta työsuunnitteluohje. Työsuunnitteluohje sisältää yrityksen salassa pidettävää tietoa.

2 KÄYTETYT KÄSITTEET JA LYHENTEET

Adheesio	Kahden kappaleen välinen kiinnittyvyys.
Elastisuus	Määritelmä kappaleen ominaisuudelle, jolla se jännitettynä palaa alkuperäiseen muotoonsa.
Generaattori	Muuttaa mekaanista liike-energiaa sähkövirraksi.
KELPO	TVO:n poikkeamien ja muiden havaintojen käsittelyjärjestelmä.
Kopolymeeri	Molekyyli, jossa useat myös erilaiset pienet molekyylit ovat liittyneet toisiinsa kemiallisin sidoksin.
Kutistuma	Betonin kuivumisesta ja sementin reagoimisesta johtuva rakennetta pienentävä muodonmuutos
Lämpöliike	Aineen rakenneosien atomien, molekyylien tai ionien sisäinen liike-energia.
Monoliittinen	Yhtenäinen, saumaton.
MTV	Muutostyövastaava.
Polymeeri	Molekyyli, jossa useat samanlaiset pienet molekyylit ovat liittyneet toisiinsa kemiallisin sidoksin.
PP	Projektipäällikkö.

QC	Quality Control suom. laadunvalvonta.
RakMK	Suomen rakentamismääräyskokoelma.
Reaktorirakennus	Suojarakennuksen ympärillä, ulkoa päin näkyvä rakennus.
STUK	Säteilyturvakeskus.
Suojarakennus	Reaktoria ympäröivä kaasutiivis paineen kestävä rakennus.
Synergismi	Yhteisvaikutus, jotka vahvistavat toisiaan
TLTA	Turvallisuusluokitellut tarveaineet
Toimenpide-ehdotus	Ehdotus, jolla voidaan ilmaista TVO:lla parannuksia tai korjauksia koko laitoksella ja laitosalueella
TTKE	Turvallisuustekniset käyttöehdot.
TVO	Teollisuuden Voima Oyj.
Viruma	Ajan myötä tapahtuva muodonmuutos betonissa, ilmenee yleensä taipumana.

3 YLEISTÄ

3.1 Ydinvoimalaitos

Ydinvoimalaitos on sähköntuotantoon suunniteltu lämpövoimalaitos, jossa lämpö syntyy tavanomaisen polttoaineen (esim. hiili, maakaasu, turve) palamisen sijasta ydinreaktorissa tapahtuvassa uraaniatomien ytimen halkeamisreaktion eli fission seurauksena. Sopivissa olosuhteissa ytimien halkeamisen ketjureaktio pitää yllä itseään mahdollistaen hallitun lämmöntuotannon. (Säteilyturvakeskus (STUK), Miten ydinvoimalaitos toimii 8.2.2022.)

Ydinvoimalaitoksen reaktorissa fission tuloksesta syntyvällä lämpöenergialla tuotetaan höyryä, höyryä voidaan käyttää sähkön tai lämmön tuotantoon. Yleisimmin ydinvoimaa käytetään juuri sähköntuotantoon, jolloin höyryä käytetään turbiinin pyörittämiseen ja turbiini pyörittää generaattoria. Generaattori tuottaa sähköä. Ydinvoimalaitosta voidaan myös käyttää tuottamaan lämpöä muihin tarkoituksiin, kuten kaukolämpöön.

3.2 Liikuntasauama

Liikuntasauamalla voidaan estää haluttujen rasitusten siirtyminen rakenneosasta toiseen ja sallia liikuntasauaman molemmin puolin olevien rakenteiden liikkeitä. Tyypillisesti liikuntasauamaa käytetään betonirakenteissa betonin viruman, kutistuman ja lämpöliikkeiden hallintaan. (Betonía Oy. Elementtisuunnittelu. Liikuntasauamat 9.2.2022).

Liikuntasauamaa voidaan käyttää yllä mainittujen ilmiöiden lisäksi myös hallitsemaan tai vaimentamaan rakenteissa tapahtuvaa painumaa, kuormitusten jakautumista, seismistä aktiivisuutta ja dynaamisia värinöitä.

Dynaamisia värinöitä syntyy ydinvoimalaitoksilla erilaisten suojajärjestelmien käytöstä. TVO:lla on tutkittu dynaamisten värinöiden kulkeutumista liikuntasauaman yli suojarakennuksesta reaktorirakennukseen, dynaamisia värinöitä tapahtuu Olkiluoto 1 ja 2 laitosyksiköillä reaktorin alas puhalluksesta wetwelliin.



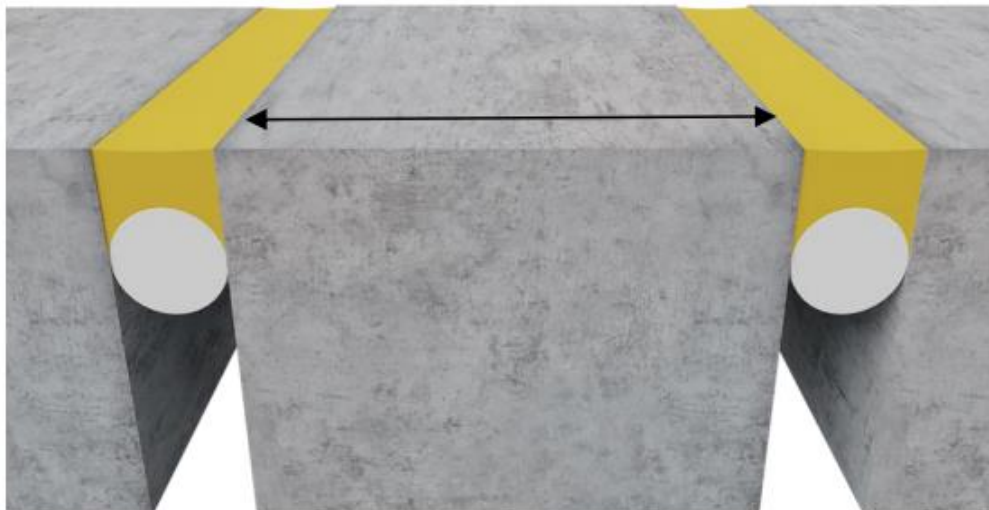
Kuva 1. Liikuntasauama kahden rakennuksen seinien välillä (Olkiluoto 2).

Sauman leveys on suunniteltava saumamassan liikeominaisuuksien mukaan. Optimaalinen saumamassan leveyden ja syvyyden suhde on noin 2:1 julkisivusaumoissa ja 1:0,8 laattasaumoissa. Sauman on oltava riittävän syvä, jotta pohjanauhalle ja saumamassalle on tilaa. Saumamassan syvyys määrittää saumamassan ja alustan rajapinnan kuormituksen. Jos saumamassan syvyys on liian suuri, se aiheuttaa merkittävää rajapinnan kuormitusta alhaisissa lämpötiloissa ja aiheuttaa lopulta tartunnan pettämisen. (Oy Sika Finland AB, Rakennussaumojen mitoitus. Suunnitteluohje (2021)).



Kuva 2. Liikuntasauva suojarakennuksen seinän ja reaktorirakennuksen lattian välillä (Olkiluoto 2).

Saumojen välinen etäisyys on otettava huomioon, koska rakennusmateriaaleilla on erilaiset lämpölaajenemiskertoimet. Mitä suurempi saumaväli, sitä suurempi liike on saumassa. (Oy Sika Finland AB, Rakennussaumojen mitoitus. Suunnitteluohje (2021)).



Kuva 3. Saumaväli. (Oy Sika Finland AB, Rakennussaumojen mitoitus. Suunniteluohje (2021)).

Ydinvoimalaitoksissa saumavälit ovat suuria. Suojarakennusta ja reaktorirakennusta ympäröi yleensä yksi liikuntasäama. Suojarakennus ja reaktorirakennus ovat tyypillisesti monoliittisiä rakennuksia niiden tiiveys ja kestävyysvaatimusten takia. Tästä syystä liikuntasäamaan kohdistuvat liikkeet ovat suuria, usein jopa >10 mm/a.

Tyypillisesti materiaalivalmistajat ilmoittavat sallituksi muodonmuutokseksi liikuntasäamamassoille liikevaraksi noin ± 25 % (ISO 9047) ja palautumaksi 70–90 % (ISO 7389). Liikuntasäamamassojen tyypilliset käytön aikaiset lämpötilakestot ovat -40 °C – $+70$ – 90 °C. Tämä tarkoittaa, että ydinvoimalaitoksessa niiden rakenteiden, joiden liikkeet ovat >10 mm/a liikuntasäamojen leveys tulisi olla vähintään 40–50 mm.

3.3 Liikuntasäamamassat

Saumasmassat koostuvat polymeerisestä sideaineesta sekä erilaisista täyte-, väri- ja lisäaineista. Sideaine voi myös olla eri polymeerien yhdistelmä eli kopolymeeri. (Rakennustieto Oy RT 28-10979 Elastiset saumasmassat (2009) Haettu 2.3.2022)

Suomessa käytössä on kolme erityyppistä saumasmassaa. Nämä massatyypit ovat polyuretaanimassa, silikonimassa ja hybridimassa. Polyuretaanimassat ovat yksikomponenttisiä, ilmankosteuden vaikutuksesta vulkanoituvia uretaaniryhmän $-NH-CO-O-$

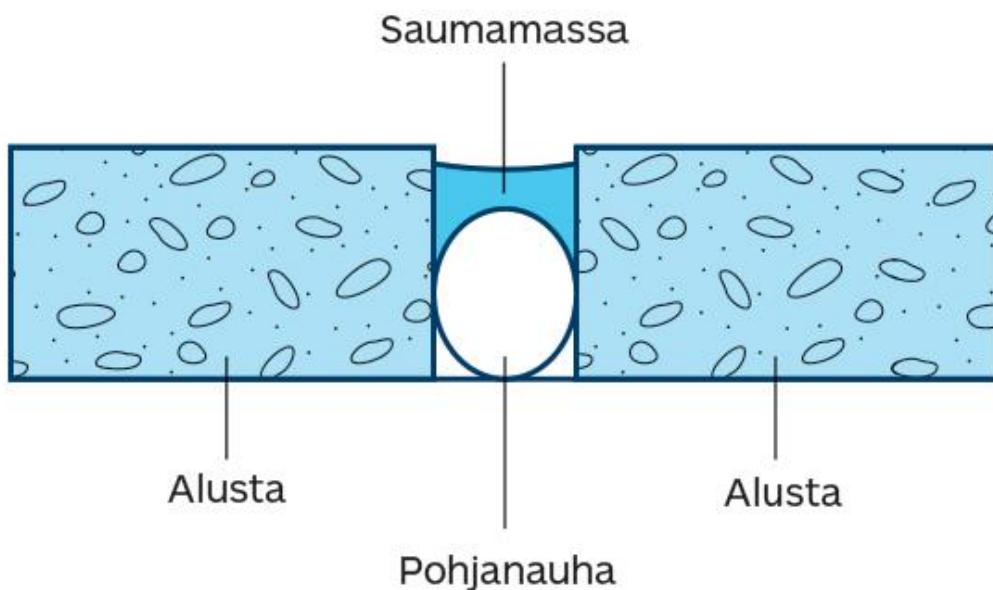
massoja. Silikonimassat ovat yksikomponenttisiä polysiloksaani $-R_2Si-O-SiR_2-$ massoja, jossa R on orgaaninen ryhmä. Hybridimassat ovat polyuretaani ja silikonimassojen seosmassoja.

3.4 Pohjanauha

Pohjanauhan tarkoitus on antaa saumaussmassalle oikea muoto. Pohjanauhaksi soveltuvat pyöreät umpisoluiset solumuovi- tai solukuminauhat, joihin saumaussmassa ei tartu kiinni. Nauhan tulee olla noin 20 % paksumpi kuin sauman leveys, koska nauhan on jäätävä tukevasti haluttuun syvyyteen. Elementeissä, joiden reunat on viistetty, nauhan asennussyvyys määräytyy viisteen pohjasta lukien. Nauhasta ei saa liueta väriaineita eikä se saa imeä vettä. Pohjanauhan vedenimukyky saa olla enintään 5 tilavuusprosenttia, kun sitä säilytetään +20 °C:een veteen upotettuna viikon ajan. (Rakennustieto Oy RT 82-10980 Kiviaineisten elementtijulkisivujen saumat (2009) Haettu 2.3.2022)

3.5 Pohjuste

Pohjusteen (primer) käytön tarkoituksena on parantaa saumaussmassan tartuntaa saumattaviin pintoihin. Pohjuste valitaan käytettävän saumaussmassan mukaan. Julkisivuelementtejä saumattaessa pohjustetta tulisi aina käyttää, ellei saumaussmassavalmistajan ohjeissa muuta todeta. (Rakennustieto Oy RT 82-10980 Kiviaineisten elementtijulkisivujen saumat (2009) Haettu 2.3.2022)



Kuva 4. Liikuntasauma (Oy Sika Finland AB, Saumamassat - hyvä tietää. (n.d))

3.6 Ydinvoimalaitosten tyypilliset liikuntasaumalliset rakenteet

Ydinvoimalaitokset ovat massiivisia yleensä betonirakenteisia rakennuskokonaisuuksia, jotka koostuvat eri käyttötarkoitusten rakennuksista. Rakennukset ovat tyypillisesti suuria monoliittisiä rakennuksia, jotka liittyvät toisiinsa liikuntasaumoilla. Tyypillisin liikuntasauman paikka ydinvoimalaitoksella on suojarakennuksen ja reaktori-rakennuksen välillä, jossa suojarakennus on vaihtelevien paine- ja lämpörasitusten alaisena. Suojarakennukseen kohdistuvat lämpöliikkeet ovat suurimmillaan ydinvoimalaitosten huoltoseisakeissa aikavälillä, jossa reaktori sammutetaan ja suojarakennus jäähtyy. Sekä kun reaktori käynnistetään huoltoseisakin jälkeen ja lämpötila suojarakennuksen sisäpuolella alkaa nousta. Painerasituksesta johtuvia muodonmuutoksia suojarakennukseen kohdistuu tiiveyskokeessa, jossa suojarakennus paineistetaan sisäpuolelta 3 baarin ylipaineeseen.

Rakennukset, etenkin suojarakennus, ovat tyypillisesti monoliittisiä niiden tiiveys- ja paineenkestovaatimusten takia. Muita ydinvoimalaitoksen massiivisia rakennuksia on toteutettu pienemmistä rakennuksista, koska niillä ei ole yhtä suuria paine- tai tiiveysvaatimuksia. Kuitenkin nämäkin rakennukset sisältävät liikuntasaumoja normaalien

rakenteiden vaatimusten mukaan viruman, kutistuman ja muiden rakenneosien liikkeiden hallitsemiseksi.

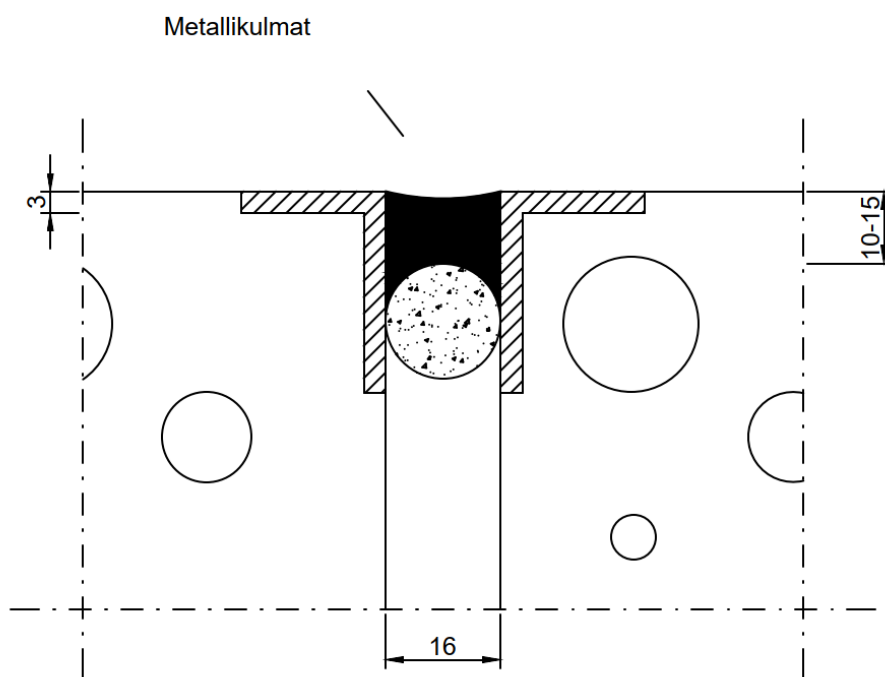


Kuva 5. Suojarakennuksen ja reaktorirakennuksen välinen liikuntasauma kuvattuna reaktorirakennuksen huoneessa (Olkiluoto 2).



Kuva 6. Reaktorirakennus vasemmalla ja suojarakennus oikealla (Olkiluoto 2).

Ydinvoimalaitoksissa massiivisia liikuntasaumallisia rakenteita ovat myös erilaiset vesiallasrakenteiden ja rakennusten kuten reaktorirakennuksen väliset saumat. Etenkin kiehutusvesireaktorillisissa ydinvoimalaitoksissa vesialtaita on tyypillisesti laitoksen reaktorihallissa, joka sijaitsee reaktorirakennuksessa, suojarakennuksen yläpuolella.



Kuva 7. Suojarakennuksen päällä olevien altaallisen rakenteen ja reaktorirakennuksen välisen sauman detalji.

4 LIIKUNTASAUMAN VAIHTO

Liikuntasaumoja tulee uusia tietyin aikaväleihin. Ikääntyessä saumamassat voivat menettää elastisuutensa, saumamassa on voinut irrota rakenneosista, saumassa itsessään on ikääntymisestä johtuvia halkeamia tai sauman pohjustus on epäonnistunut ja saumamassa irtoaa rakenneosista. Tyypillisesti liikuntasaumat vaurioituvat juuri ikääntymisen seurauksena.

Väitöstutkimuksessa (Per Gunnar Burströmin *Ageing and deformation properties of building joint sealants*, 1979) kuvataan rakentamisessa käytettävien orgaanisten materiaalien ikääntymistä ja muodonmuutoksia. Saumamassat kuuluvat näihin orgaanisiin materiaaleihin. Tutkimuksessa todetaan näiden materiaalien rasituksen johtuvan lämpöolosuhteista, kosteusrasituksesta, säteilystä ja kaasuista.

Rakennuksissa käytetyt orgaaniset materiaalit voidaan luokitella niiden käytön mukaan. Niihin kuuluvat mm. maalit, pinnoitteet, tiivistemassat ja kattomateriaalit. Normaalisti orgaaniset materiaalit sisältävät myös epäorgaanisia yhdisteitä, kuten pigmentteinä, mutta seoksen perusominaisuudet ovat peräisin orgaanisesta matriisista.

[– –]

Materiaaleille kohdistuvia rasitustekijöitä ovat lämpöolosuhteet, kosteus, säteily ja kaasut. Hyvin usein nämä tekijät yhdistyvät orgaanisen materiaalin hajoamisessa. Monissa tapauksissa näiden yhdistelmien kokonaisvaikutus voi olla voimakkaasti laajentunut (synergismi). Säättekijöiden vaikutus polymeerimateriaaleihin voidaan jakaa fyysikaalisiin ja kemiallisiin toimiin. Fysikaalinen vaikutus tarkoittaa prosessia, joka ei katkaise polymeerin primäärisiä (kovalenttisia) sidoksia. Näin ollen kemiallinen vaikutus tarkoittaa prosessia, joka rikkoo primäärisiä sidoksia. Tietenkin nämä molemmat toimet johtavat fyysisiin vaikutuksiin. esim. värjäntymiseen ja lisääntyneeseen haurastumiseen. Burström, P. G. (1979). *Ageing and deformation properties of building joint sealants* (Vol. 1002). Division of Building Materials. University of Lund.

Ydinvoimalaitoksessa liikuntasaumoilla on usein tarkempia vaatimuksia kuin asuinrakennuksissa. Näitä vaatimuksia voivat olla huoneiden välinen palo-osastointi, paineero-, säteily-, ilmatiiveys- tai vedenpitävyysvaatimus.

Saumatiivisteitä käytetään betonin liikkeelle alttiiden liitosten tilkitsemiseen ja tiivistämiseen, jotta saadaan aikaan kiinteä, joustava ja säätiivis tiiviste. Niitä voidaan käyttää parantamaan suojarakenteiden tiiviyyttä. Oikean vesisulku- ja/tai saumatiivisteiden valinnassa on otettava huomioon rakenteen tyyppi, liitostyyppi, sauman liike, ympäristöaltistus ja kemikaalien eristysvaatimukset. On myös harkittava menetelmiä vesisulun kiinnittämiseksi paikoilleen (sinkilät, tiivisteet jne.) sekä menetelmiä ultravioletti-altistuksen keston minimoimiselle rakentamisen aikana. (International Atomic Energy Agency (IAEA) Nuclear energy series NP-T 3.5 *Ageing Management of Concrete Structures in Nuclear Power Plants*. 3.4.3. *Waterstops, joint sealants and gaskets*. (2016) 25.2.2022)

5 TYÖSKENTELY YDINVOIMALAITOKSESSA

5.1 Turvallisuuskulttuuri

Ydinvoimalaitoksen käyttö on luvanvaraista. Ydinvoimalaitosta käyttävä taho on luvanvahaltija. Suomessa tällaisia tahoja ovat Teollisuuden Voima Oyj Olkiluodon ydinvoimalaitoksella sekä Fortum Oyj Loviisan ydinvoimalaitoksella.

Luvanvahaltijan velvollisuutena on huolehtia ydinenergian käytön turvallisuudesta. Tätä velvollisuutta ei voida siirtää toiselle. [– –] Luvanvahaltijan velvollisuutena on huolehtia sellaisista turva- ja valmiusjärjestelyistä ja muista ydinvahinkojen rajoittamiseksi tarpeellisista järjestelyistä, jotka eivät kuulu viranomaisille. Ydinenergilaki § 9.

Työskentely ydinvoimalaitoksissa on tarkkaan valvottua ja yleisesti muutostyöt ydinvoimalaitoksissa ovat luvanvaraisia. Suomalaisia ydinvoimalaitoksien luvanvahaltioita valvoo Säteilyturvakeskus. Muutostöissä suoritettavat työt on suunniteltava ja dokumentoitava tarkasti. Muutostöitä valvoo laitoksen luvanvahaltijan käyttäjäorganisaatio ja heitä valvoo Säteilyturvakeskus.

Lisäksi laitoksen luvanvahaltijalla on oltava omat asiantuntijaorganisaatiot eri tekniikan aloille, joita ydinvoimalaitoksessa on. Tällaisia organisaatioita ovat muun muassa laadunhallinta, luvitus, sähkötekniikka, voimalaitostekniikka, rakennustekniikka ja kunnossapito. Yhdessä nämä organisaatiot valvovat ydinvoimalaitoksen komponenteille ja rakenteille tehtäviä muutoksia. Valvonta pitää sisällään QC-tarkastuksia töiden eri vaiheissa materiaalien ja työtapojen osalta. Valvonnassa työvaiheet ja töiden lopputulokset hyväksytään luvanvahaltijoiden organisaatioiden ja STUK:n valvonnan päätöksellä.

5.2 Valvonta-alue ja kenkäraja

Ydinvoimalaitoksen sisätilat jaetaan valvottuun ja valvomattomaan alueeseen. Valvottu alue tarkoittaa aluetta, jossa työskentelevien henkilöiden kulkua ja säteilyaltistusta valvotaan.

Valvonta-alueelle siirtyessä henkilöt kulkevat kenkärajan läpi jossa, henkilökohtaiset vaatteet ja suojarusteet vaihdetaan laitosvaatteisiin ja -suojarusteisiin. Kenkärajalla valvonta-alueelle siirtyvä henkilö ottaa mukaansa myös elektronisen dosimetrin [9], joka kerää tietoa henkilöiden säteilykertymästä valvonta-alueella.



Kuva 8. Rados RTM860TS henkilömonitori (www.nusim.com haettu 4.4.2022)

Poistuessaan valvonta-alueelta henkilöt kulkevat saman kenkärajan kautta, jossa elektroninen dosimetri luetaan säteilyannostietojen keräysjärjestelmään. Poistuessa henkilöt mitataan kahdesti eri henkilömonitoreissa [8], monitorit mittaavat henkilön kontaminaation ja puhtaat henkilöt pääsevät monitoreista läpi. Monitorin hälyttäessä kontaminoituneet suojarusteet vaihdetaan puhtaisiin tai henkilö peseytyy.

Ensimmäiseen laitteeseen henkilö menee laitosvaatteet ja varusteet päällä, jonka jälkeen laitosvaatteet ja suojavarusteet jätetään niille erikseen tarkoitettuun pukuhuoneeseen. Toiseen mittaukseen henkilöt menevät ilman laitosvaatteita ja suojavarusteita, tämän mittauksen jälkeen henkilöt poistuvat pukuhuoneeseen ja voivat pukeutua henkilökohtaisiin vaatteisiinsa.



Kuva 9. Elektroninen dosimetri. (TVO 2022).

5.3 Säteily ja säteilytyö

Säteily jakautuu kahden tyyppiseen säteilyyn, ionisoivaan ja ionisoimattomaan säteilyyn. Ionisoivaa säteilyä lähtee radioaktiivisesta aineesta, jota ydinvoimalaitoskin käyttää polttonaineena. Ionisoivalla säteilyllä on niin paljon energiaa, että se pystyy irrottamaan kohteeksi joutuvasta aineesta sen atomien elektroneja tai rikkomaan aineen molekyyliä. Ionisoivalta säteilyltä on suojauduttava tarvittavilla toimenpiteillä kuten työn perusteellinen suunnittelu, henkilö- ja kohdesuojaimet ja työskentelyajan minimointi säteilevillä kohteilla.

Säteilytyö on työtä, jossa työntekijän säteilyaltistus voi ylittää jonkin väestölle säädettyistä annosrajoista. (Säteilyturvakeskus (STUK), Säteilyaltistuksen enimmäisarvojen soveltaminen ja säteilyannoksen laskentaperusteet, 8.8.2014).

5.4 Säteilytyön lisäsuojavarusteet ja lisäkenkäraja

Erityisen säteilevissä ympäristöissä työskenneltäessä on käytettävä lisäsuojavarusteita. Lisäsuojavarusteet puetaan lisäkenkärajoilla, joita asetetaan ydinvoimalaitoksen kohteisiin tarvittaessa. Tarvittavat suojavarusteet löytyvät lisäkenkärajoilta. Lisäkenkärajoilla ilmoitetaan kohteella tarvittavat suojavarusteet kenkärajan tunnustekortissa. Käytettäviä lisäsuojavarusteita ovat:

- Lisähaalari
- Hengityksensuojan
- Kengänsuojat
- Puuvillakäsineet
- Kumikäsineet
- Teipit haalarin käden- ja jalanteihin.



Kuva 10. Lisäsuojavarusteet erityisen säteilevään työhön. (TVO 2022).



Kuva 11. Lisäkenkäraja ydinvoimalaitoksella. (TVO 2022)

5.5 ALARA-periaate

ALARA-periaate tulee sanoista: "As low as reasonably achievable".

Säteilyn käytöstä aiheutuva säteilyaltistus on pidettävä niin pienenä kuin kohtuudella on mahdollista. (Säteilyturvakeskus (STUK), Terveyshaittojen ehkäiseminen säteily-suojelulla, 8.10.2020).

Työskenneltäessä säteilevässä ympäristössä on noudatettava ALARA-periaatetta. ALARA-periaatetta on helppo noudattaa, kun työn toteutus ja työvaiheet ovat hyvin suunniteltuja. Tämä tarkoittaa töiden valmistelua ennen kohteelle menemistä, suunnitelmien tarkkaa noudattamista ja työryhmän henkilömäärän minimoimista.

5.6 Säteilyturvakeskus

Säteilyturvakeskus (STUK) on sosiaali- ja terveysministeriön hallinnon alainen viranomainen, joka valvoo säteily- ja ydinturvallisuutta Suomessa. Sen tavoitteena on ihmisten, yhteiskunnan, ympäristön ja tulevien sukupolvien suojeleminen säteilyn haitallisilta vaikutuksilta. (Säteilyturvakeskus (STUK) n.d.)

5.7 Liikuntasauman vaihtotyö säteilevissä kohteissa

Säteilevissä tiloissa tehtävissä liikuntasaumojen uusinnoissa on käytettävä suojavarusteita. Suojavarusteiden vaatimukset on määritettävä kohteen säteilytyöluvuissa.

Säteilevissä kohteissa luvanhaltijan säteilysuojeluorganisaatio voi tehdä säteilylähteiden suojauksia ennen työn aloitusta. Tämä tarkoittaa, että säteilylähde suojataan tai peitetään säteilyä estävällä tai vaimentavalla elementillä.

Kontaminoituneissa tiloissa luvanhaltijan säteilysuojeluorganisaatio voi suorittaa kohteen dekontaminoinnin ennen työn aloitusta. Tämä tarkoittaa kohteen siivoamista säteilevästä materiaalista.

5.8 Turvallisuustekniset käyttöehdot TTKE

Turvallisuustekniset käyttöehdot esittävät ne tekniset ja hallinnolliset vaatimukset, joilla varmistetaan laitoksen suunnitteluperusteiden ja turvallisuusanalyysien mukainen käyttö, ne vaatimukset, joilla varmistetaan turvallisuuden kannalta tärkeiden järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden toimintakyky, sekä ne rajoitukset, joita on noudatettava laitteiden vioituessa. (Säteilyturvakeskus (STUK) Määritelmät n.d.)

Turvallisuusteknisille käyttöehdoille on esitetty seuraavat vaatimukset ja ohjeet:

- Turvallisuustekniset käyttöehdot eli TTKE on laadittava siten, että ydinvoimalaitosta käytetään turvallisuusselosteessa esitettyjen suunnitteluperusteiden mukaisesti.

- TTKE on laadittava siten, että poikkeuksellisten vikatilanteiden yhteydessä TTKE:n kirjaimellinen noudattaminen ei johda turvallisuuden kannalta merkittävästi huonompaan tilanteeseen.
- TTKE:n on oltava laitousyksikkökohtainen. TTKE:n tekstin on oltava selkeää ja yksikäsitteistä, ja käytetyt erikoistermit on määriteltävä.
- TTKE:ssa on esitettävä ne vaatimukset, joiden avulla järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden käyttökuntoisuus määritellään.

(Säteilyturvakeskus (STUK) YVL A.6 15.6.2019)

TTKE ehdoista on mahdollista poiketa, jos ydinvoimalaitoksella on tehtävä muutoksia tai korjauksia laitteille tai rakenteille, joilla on TTKE-ehtoja. Tällaisia ehtoja voivat olla esimerkiksi huonetilan ilmatiiveysvaatimus ydinvoimalaitoksen eri käyttötiloissa. Jos TTKE-ehdollisessa tilassa on esimerkiksi liikuntasäilytys ja kyseinen liikuntasäilytys tullaan uusimaan, on luvanhaltijan haettava STUK:lta lupa TTKE-ehdoista poikkeamiseen työn ajaksi.

6 PROJEKTIN KÄYNNISTÄMINEN JA PÄÄTÖKSENTEKO

TVO:lla ydinvoimalaitoksella tehtävät laitosmuutokset ja työt jaetaan yleensä kahteen eri ryhmään. Nämä ryhmät ovat muutostyö ja projekti. Jako ryhmien välillä tapahtuu toteutettavan työn laajuuden, kustannusten ja vaikutusten mukaan.

Muutostyöt käynnistetään TVO:lla aina laatimalla "toimenpide-ehdotus" (jatkossa TE) muutostöidenhallinta järjestelmään (MUHA). TE kohdistetaan MUHA-järjestelmässä mahdollisimman hyvin koskettamaan ehdotusalueen asiantuntijaryhmiä. Asiantuntijaryhmiä TVO:lla ohjaa ja valvoo Tekniikan Ohjausryhmä, jossa kokoontuu eri tekniikan organisaatioiden päänsinöörit ja yksiköiden päälliköt sekä heidän esihenkilönsä. TE:n voi tehdä kuka tahansa henkilö, joka työskentelee TVO-konsernissa. TE on tekijän näkemys tehtävästä muutoksesta.

TE:n käsittelyprosessi alkaa, kun henkilö havaitsee muutostarpeen ja kirjaa sen MUHA-tietojärjestelmään. TE esikäsitellään sille kohdistetun asiantuntijaryhmän kesken, mikäli TE:n kohdistus on riittämätön voi käsittelijäryhmä nimetä TE:lle lisää käsittelijöitä, jotta kaikki koskettavat asiantuntijaryhmät pääsevät käsittelemään TE:tä. Esikäsitely tehdään TE:lle ennen sen muutostyökokousta. Esikäsittelevään asiantuntijaryhmään kuuluu TVO:lla yleensä Tekniikan Ohjausryhmän jäsen, joka toimii tulevan muutostyökokouksen puheenjohtajana. Esikäsittelevään ryhmään kuuluu myös puheenjohtajaa tukevia sidosryhmiä kuten tekniikan alaa koskeva päänsinööri sekä kunnossapidon edustajia. Esikäsitelyssä arvioidaan, että TE on riittävän hyvin laadittu, jotta se voidaan ottaa käsittelyyn muutostyökokoukseen.

Muutostyökokouksessa TVO:lla ovat edustettuina omaisuuden hallinta-, suunnittelun ohjaus-, päänsinöörit-, ydinturvallisuussuunnittelu-, ydinturvallisuus-, projektit-, laitokselle vienti-, kunnossapito-, käytön tuki-, laitemuutokset- ja toiminnan ohjausorganisaatiot.

Muutostyökokouksessa päätetään, jatketaanko TE:tä. Jatkopäätöksen saanut TE muuttuu tällöin muutostyöksi tai projektiksi. Muutostyökokouksen päätös on laitosmuutosprojektille P-1 päätös ja muutostyölle P1 sekä P-0 päätös.

Lisäksi TVO:lla on käytössä vikailmoitusalausta, jonne voidaan ilmoittaa vikaantuneista laitteista, rakenteista tai järjestelmistä, vikailmoitukset voidaan joko korjata suoraan ilman suurempaa käsittelyä tai niistä tehdään TE.

Myönteisen päätöksen saatuaan muutostyölle tehdään esisuunnitelma, joka käsittelee kyseessä olevaa työtä tarkasti. Esisuunnitelmassa kuvataan yleisten asioiden lisäksi muutostyön riskit, vaatimusmäärittelyn ja muutostyön vaatimat resurssit sekä koko toteutuksen kustannukset.

Riippuen toteutettavan työn kustannuksista se käsitellään luvanhaltijan eri organisaatioissa. TVO:lla pienemmät työt voidaan toteuttaa pelkällä muutostyökokouksen päätöksellä, sitä suuremmat tekniikan ohjausryhmän päätöksellä ja kustannuksiltaan merkittävät työt käsitellään investointeina laitossomistajan hallituksessa.

P0 ja P1 päätösesityksissä työ voidaan myös hylätä tai työlle voidaan vaatia lisää suunnittelua ja tutkimuksia. Jos työlle vaaditaan lisää suunnittelua tai tutkimusta, työ esitellään täydennettynä taas käsittelevässä ryhmässä, jossa tehdään vaiheiden mukaiset päätökset.

6.1 Liikuntasaumamateriaalin vaihtotyön toteutuslaajuuden arviointi TVO:lla tehtävien muutosten kategorioiden mukaan

Liikuntasauvoja on yleisesti ydinvoimalaitoksissa useita ja saumat ovat pitkiä. Yleisesti voidaan todeta, että liikuntasauvojen uusintatyöt ovat tyypillisesti isoja investointiprojekteja. Tässä opinnäytetyössä liikuntasauoman vaihtotyöstä käytetään nimitystä "korjaushanke".

7 KORJAUSHANKKEEN LAITOKSELLE VIENTI

7.1 Projektiryhmä, projektipäällikkö ja muutostyövastaava

Korjaushankkeelle perustetaan projektiryhmä, jossa on yleensä projektipäällikkö. Projektipäällikkö hoitaa eri organisaatioiden väliset kokoukset ja yhteistyöt. Korjaushankkeelle määrätään myös muutostyövastaava, muutostyövastaava on yleensä korjaushanketta koskevan kohteen asiantuntija/järjestelmävastaava.

7.2 Hankinta

Ydinvoimalaitoksen luvanhaltijan määrittämä projektiryhmä selvittää ja suunnittelee yleisesti tehtävän korjaushankkeen. Suunnitelmista selviää toteutus yleisesti, urakoitsijan vaatimukset ja mahdolliset erityiset työt. Projektiryhmä yhdessä hankintaorganisaation kanssa suunnittelee muutostyön urakkamuodon ja kustannusrakenteet. Hankintaorganisaatio kontaktoi ja kilpailuttaa urakoitsijavaihtoehdot.

7.3 Työluvut

TVO:lla muutostöissä ja projekteissa hanketta koskeva tekniikan alan organisaatio laatii toteutuksesta työtilauksen työtilausjärjestelmään. Projektiryhmä määrittää muutostyölle tai projektille koordinoivan työnjohtajan, jonka tehtäviin kuuluu työvaiheiden ja työilupien laadinta työtilaukselle.

7.4 Säteilytyöluja ja pölyävän työn lupa

Koordinoiva työnjohtaja suunnittelee työtilausjärjestelmään ne työvaiheet, jotka vaativat säteilytyölupia. Säteilytyölupia työlle voi laatia myös säteilysuojelija tai vuoropäällikkö. Pölyäviin töihin on koordinoivan työnjohtajan haettava pölyävän työn luvan ydinvoimalaitoksen valvovalta organisaatiolta, TVO:lla tämä organisaatio on laitospalokunta.

7.5 Palo-osastoivan rakenteen avaaminen ydinvoimalaitoksella

Avattaessa palo-osastoivien rakenteiden liikuntasauvoja on avaamiseen haettava luvat ydinvoimalaitoksen valvovalta organisaatiolta, TVO:lla tämä organisaatio on laitospalokunta. Avaamisessa on noudatettava palo-osastoivan rakenteen avaamiseen laadittua erillistä ohjetta.

8 KORJAUSHANKKEEN VAATIMUKSET

8.1 Rakentaminen

Ydinvoimalaitoksilla rakenteiden liikkeet voivat olla jopa 10 mm vuodessa. Liikunta-
saumojen toimivuus on siis hyvin tärkeää. Ydinvoimalaitoksissa rakenteiden liikkeitä
seurataan vuositasolla tarkasti.

Rakenteiden liikkeitä voidaan seurata erilaisten mittalaittejärjestelmien avulla. TVO:lla
tällaisia mittalaittejärjestelmiä on useita, kuten reaktorirakennuksen ja suojarakennuk-
sen liikkeitä mittaavat mittakellot. Mittakellot luetaan aina tiettyinä aikaväleinä ja nii-
den arvoista voidaan luoda käyttötilanteista johtuvien liikkeiden pohjalta dataa. Li-
säksi TVO:lla on käytössä Telependulum mittausjärjestelmä, joka ottaa optisia mit-
tauksia pendulumvaijerista, vaijeri kulkee suojarakennuksen ulkokuoressa sylinteri-
koordinaatiston x-, y- ja z-suuntaan. Järjestelmä pystyy luomaan sähköisen mallinnuk-
sen suojarakennuksen liikkeistä eri käyttötiloissa.

8.2 Valvonta

Ydinlaitoksen rakennustöiden valvonnasta työmaalla vastaavalla henkilöllä tulee olla
vaativan tai poikkeuksellisen vaativan luokan vastaavan työnjohtajan tai -valvojan pä-
tevyys. Korjaus- ja muutosrakentamisessa, jolla ei ole vaikutusta rakennuksen rungon
stabiliteettiin, tiiviyteen, palo-osastointiin ja laitekokonaisuuden kestävyYTEEN, riittää,
että rakennustyön valvonnasta työmaalla vastaavalla on rakenteiden toteutusluokan
mukainen työnjohtajan tai valvojan pätevyys. (Säteilyturvakeskus (STUK) YLV E.6
19.6.2020)

Turvallisuusluokkaan 2 kuuluvien rakenteiden ja rakennusten töiden valvojana toimi-
valla henkilöllä tulee olla vähintään tehtävään soveltuva poikkeuksellisen vaativan
luokan työnjohtajan tai valvojan pätevyys. (Säteilyturvakeskus (STUK) YLV E.6
19.6.2020)

Turvallisuusluokkaan 3 kuuluvien rakenteiden ja rakennusten töiden valvojana toimivalla henkilöllä tulee olla vähintään tehtävään soveltuva vaativan luokan työnjohtajan tai valvojan pätevyys. (Säteilyturvakeskus (STUK) YLV E.6 19.6.2020)

Turvallisuusluokkiin 2 ja 3 kuuluvien rakenteiden ja rakennusten korjaus- ja muutostöissä, joilla ei ole vaikutusta rakennuksen rungon stabiiliteettiin, tiiviyyteen, palo-osastointiin ja laitekokonaisuuden kestävyteen, on töiden valvojana toimivalla henkilöllä oltava vähintään tehtävään soveltuva vastaavien RakMK:n mukaisten rakenteiden vaativuusluokan työnjohtajan tai valvojan pätevyys. (Säteilyturvakeskus (STUK) YLV E.6 19.6.2020)

Urakoitsija nimeää korjaushankkeelle pätevän työnjohtajan, joka soveltuu suorittamaan ja valvomaan ydinvoimalaitoksessa toteutettavaa korjaushanketta.

Luvanhaltija laatii tarvittaessa omasta valvontaorganisaatiostaan ja urakoitsijan organisaatiosta organisaatioselvityksen STUK:lle.

8.3 Työn kulku

Työn kulkua raportoi ja valvoo ensimmäisenä pääurakoitsijan työnjohtaja. Työnjohtajan tulee valvonnassa ja raportoinnissa hyödyntää tämän työn liitteenä olevaa liikuntasaumojen tarkastuspöytäkirjaa (Liite 1). Pääurakoitsijan työnjohtajan tehtävänä on kutsua työkohteelle tarkastukseen luvanhaltijan asiantuntijaorganisaation tarkastaja ja STUK tarkastaja tarkastuspöytäkirjassa määritettyjen työvaiheiden mukaisesti.

Pääurakoitsijan on pidettävä koko urakan ajan YSE 1998 mukaista työmaapäiväkirjaa. Työmaapäiväkirjaan kirjataan seuraavat asiat:

Työmaapäiväkirja ja siihen tehtävät huomautukset:

1. Ellei toisin sovita, työmaan johtovelvollisuuksista vastaavan urakoitsijan on huolehdittava, että työmaalla pidetään työmaapäiväkirjaa, johon päivittäin merkitään työtä koskevat tiedot ja tapahtumat.

2. Päiväkirjaan on pyydetty merkittävä tilaajan, viranomaisen ja kenen tahansa työmaan urakoitsijan, asiantuntijan tai tavarantoimittajan esittämä työmaata koskeva huomautus.
3. Työmaapäiväkirjan pitäjän on kuittauksella tai muulla tavalla osoitettava, että jollekin muulle osapuolelle päiväkirjassa osoitettu huomautus on saatettu tämän tiedoksi.
4. Työmaapäiväkirja on esitettävä työmaan valvojalle, joka kuittauksellaan osoittaa saaneensa sen tiedoksi.
5. Mikäli asiasta erikseen sovitaan, myös muut sopijapuolet ovat velvollisia pitämään työmaapäiväkirjaa.

(Rakennustieto Oy RT 16-10660 Rakennusurakan yleiset sopimusehdot YSE 1998 (2016) Haettu 2.5.2022).

8.4 Työn laatu ja rakenteen vaatimukset

Liikuntasauman leveyttä on arvioitava saumakohtaisesti ja sauman uusimisessa on tärkeä käyttää oikean kokoista pohjanauhaa. Lisäksi on huomioitava sauman riittävä paksuus leveyteen nähden.

Jos liikuntasauma on liian pieni (rakenneosat ovat liikkuneet) < 10 mm, tulee sauma avartaa timanttisahaamalla. Avartamisessa saumaa levennetään timanttisahaamalla kiinniolevat rakenteet auki ja lopuksi sauma viimeistellään kulmahiomakoneella ns. viistotekniikalla. Jolloin rakenneosien väliin täytettävä liikuntasauma (kts. kuva 4). Avartamisessa on huomioitava betoniterästen peitepaksuuden pieneneminen ja avarrettavista kohteista on konsultoitava rakennesuunnittelijaa.

Mikäli sauma on puutteellinen suhteessa saumassa tapahtuvaan liikkeeseen, saumassa ei pysty mukautumaan siinä tapahtuviin muodonmuutoksiin. (Suomen Betoniyhdistys ry. (By 41. Betonirakenteiden korjausohjeet (2016) 24.2.2022)

Ydinvoimalaitoksissa on omia erinäisiä vaatimuksia huoneilla ja rakenteilla. Tällaisia vaatimuksia ovat:

- Palo-osastovaatimukset
- Ilmatiiveysvaatimukset
- Vesitiiveysvaatimus
- Säteilyn rajaaminen
- Paineen kesto

Nämä vaatimukset voivat olla yksittäisiä mutta joissain kohteissa voi huoneella tai rakenteella olla kaikki edellä mainitut vaatimukset. Tällaisissa huoneissa tai rakenteissa voi olla liikuntasauvoja. Saumojen sopivuus vaatimusten täyttämiseksi on tarvittaessa varmenettava ja testattava. Varmennus alkaa jo saumojen suunniteltaessa ja toimivuus tulee todentaa erilaisilla testeillä.

Ydinvoimalaitoksessa liikuntasauvoille toteutettavia tiiveystestejä voidaan toteuttaa esimerkiksi ilmanpainetesteillä, joissa liikuntasaumallisiin tiloihin muodostetaan ylipainetta seuraten paineen kehitystä koko testin ajan. Jos paineen kehityksessä tai kestossa ilmenee poikkeamia, yritetään vuotokohtaa paikallistaa esimerkiksi saippualliuoksella. Saippualliuosta suihkutetaan arvioituun vuotokohtaan, jonka taakse muodostetaan ylipaine, vuotokohta päästää ilmaa läpi muodostaen saippuakuplia vuotokohtaan.

Toisinaan ydinvoimalaitoksilla tehdään menetelmäkokeita (MOCK-UP) työn onnistumisen varmistamiseksi. Menetelmäkokeita on syytä tehdä myös liikuntasauumarakenteista, jotta varmistetaan onnistunut lopputuote.

Saumuksessa käytettävät materiaalit tulee olla CE-hyväksytyjä. Kemikaaleille annetaan erilaisia vaatimuksia laitoksen luvanhaltijasta riippuen. TVO:lla käytettävät kemikaalit ml. saumamassat tulevat olla TLTA hyväksytyjä. Tämä tarkoittaa, että TVO:n kemiaan erikoistunut organisaatio arvioi ja antaa luvan laitoksella käytettävistä kemikaaleista sen soveltuvuudesta riippuen.

8.5 Käyttöikä ja määräaikaistarkastukset

Julkisivurakentamisessa liikuntasauvojen tyypillinen käyttöikä on kohteesta ja suunnitelmista riippuen 10–20 vuotta. Ydinvoimalaitoksissa liikuntasauvoissa tulee tavoitella 20 vuoden käyttöikää. Tämä tarkoittaa saumauksen suunnittelua niin että käyttöikään vaikuttavat asennusvirheet minimoidaan.

Käyttöikään vaikuttavista asennusvirheistä yleisin on riittämätön pohjatyö sauman tartuntapinnoilla. Sauman asennustyössä tulee kiinnittää erityistä huomioita puretun sauman pintojen puhdistamiseen. Tartuntapinnoilta tulee poistaa kaikki vanha saumamassa, pöly ja rasvat. Puhdistettu tartuntapinta tulee valmistella pohjusteella huolellisesti maksimaalisen tartunnan varmistamiseksi.

Ydinvoimalaitoksien rakenteita tarkastellaan tyypillisesti vuosittain toteutettavilla määräaikaistarkastuksilla. Uusituille liikuntasauvoille on myös suunniteltava tarkastusohjelma ydinvoimalaitoksille tai saumat tulee sisällyttää ydinvoimalaitoksella jo tehtäviin rakenteiden määräaikaistarkastuksiin.

9 VALMISTELEVAT TYÖT JA SUUNNITTELU

9.1 Tarveselvitys

Uusittavat saumat on arvioitava kohteella tehtävillä kuntokartoituksilla. Selvästi vaurioituneen sauman erottaa silmämääräisellä tutkimisella esimerkiksi silloin kun sauma on irronnut rakenneosista. Tarvittaessa saumalle on myös mahdollista tehdä kuntotutkimuksia irrottamalla saumasta näytteitä ja tutkimalla näytteistä saumamateriaalin kimmoisuutta, tiheyttä ja veto- sekä puristuslujuutta.



Kuva 12. Rakenteesta irronnut liikuntasauva.

9.2 Hankesuunnittelu

Hankesuunnitelman perusteena on toteutusalueen laajuus, työjärjestys ja eri kohteiden työtapojen selventäminen. Korjaussuunnitelma laaditaan erillisenä asiakirjana. Suomen Betoniyhdistys ry:n ohjeessa: by 41 Betonirakenteiden korjausohjeet (2016) on kattava listaus siitä mitä korjaussuunnitelman tulisi sisältää.

Korjaussuunnitelman tulisi sisältää:

- Saumojen uusimisen laajuus tai kriteerit vaurioituneeksi luokiteltavien kohtien määrittelemiseksi
- saumojen leventämistarve ja käytettävät menetelmät
- saumapintojen puhdistusmenetelmät
- työjärjestyksen määritteleminen
- työtapoja ja jätehuoltoa koskevat vaatimukset siinä tapauksessa, että vanha saumamassa sisältää PCB:tä tai lyijyä
- käytettävät saumaustuotteet
- erikoissaumojen työtavat
- mahdollinen sauman päälle maalaaminen tai pinnoittaminen
- vaatimukset työolosuhteille
- taustatilan tuuletuksen varmistaminen
- tuuletuskoteloiden tai -putkien asennusperiaatteet
- sauman muoto ja paksuus

(Suomen Betoniyhdistys ry. (By 41. Betonirakenteiden korjausohjeet (2016) 24.2.2022)

9.2.1 Haitta-ainearvio ja -tutkimus

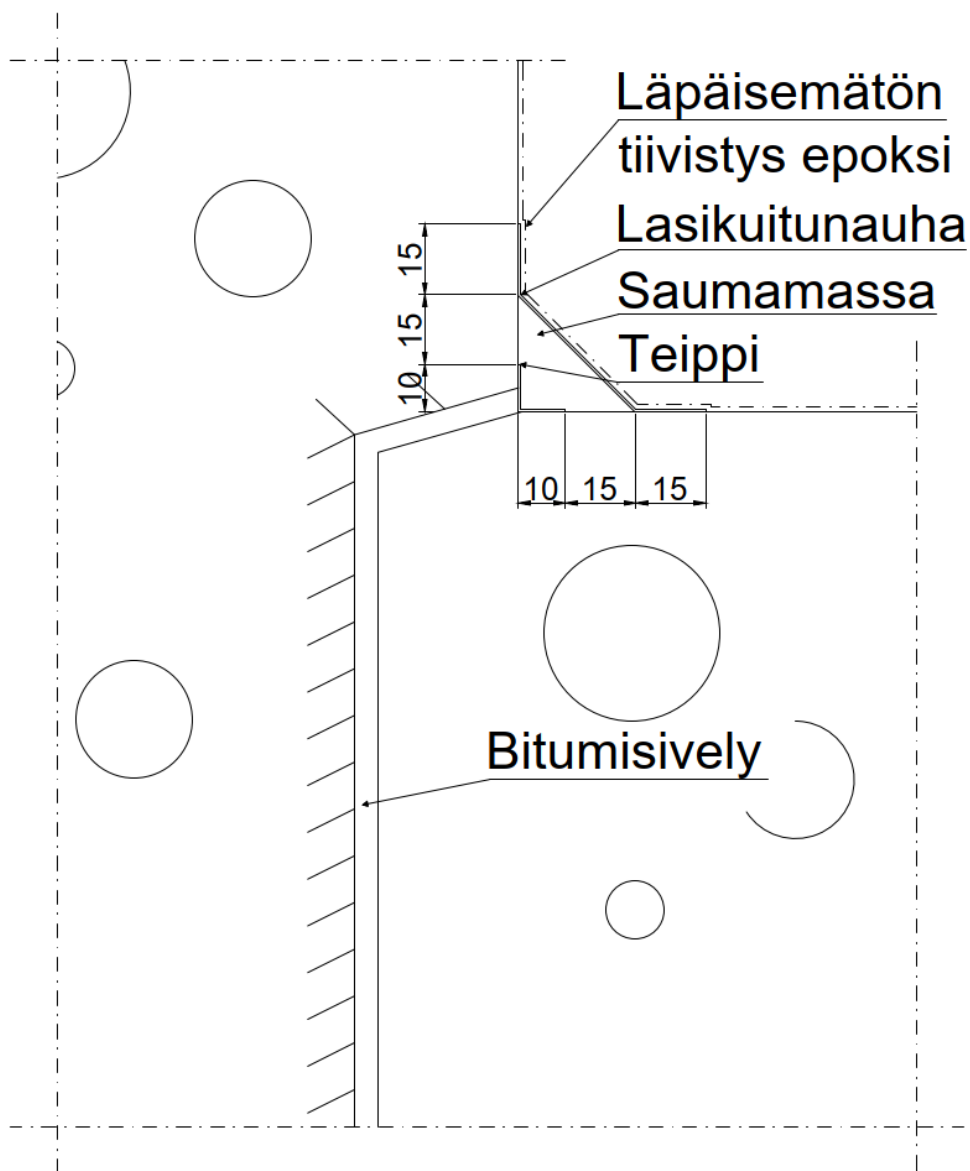
Haitta-ainetutkimuksella varmistetaan työkohteen turvallisuus ja varmistetaan työtavat vaihtotyön turvalliseen toteutukseen. Liikuntasaumamassoissa on käytetty lyijyä sekä PCB-yhdisteitä vielä 1980-luvulle asti. Saumoista tulee ottaa haitta-ainetutkimukseen tarvittavat näytteet ennen työn aloitusta, näytteiden otto tulee toteuttaa niin että oletetaan saumamassojen sisältävän haitta-aineita. Tämä tarkoittaa kohteen riittävää suojausta, näytteen ottajan henkilökohtaisia suojaimia ja kohteen riittävää siivoamista näytteenoton jälkeen. Näytteet on toimitettava asiantuntevalle tarkastuslaitokselle, joka tekee näytteille haitta-ainetutkimuksen.

9.2.2 Rakennussuunnittelu

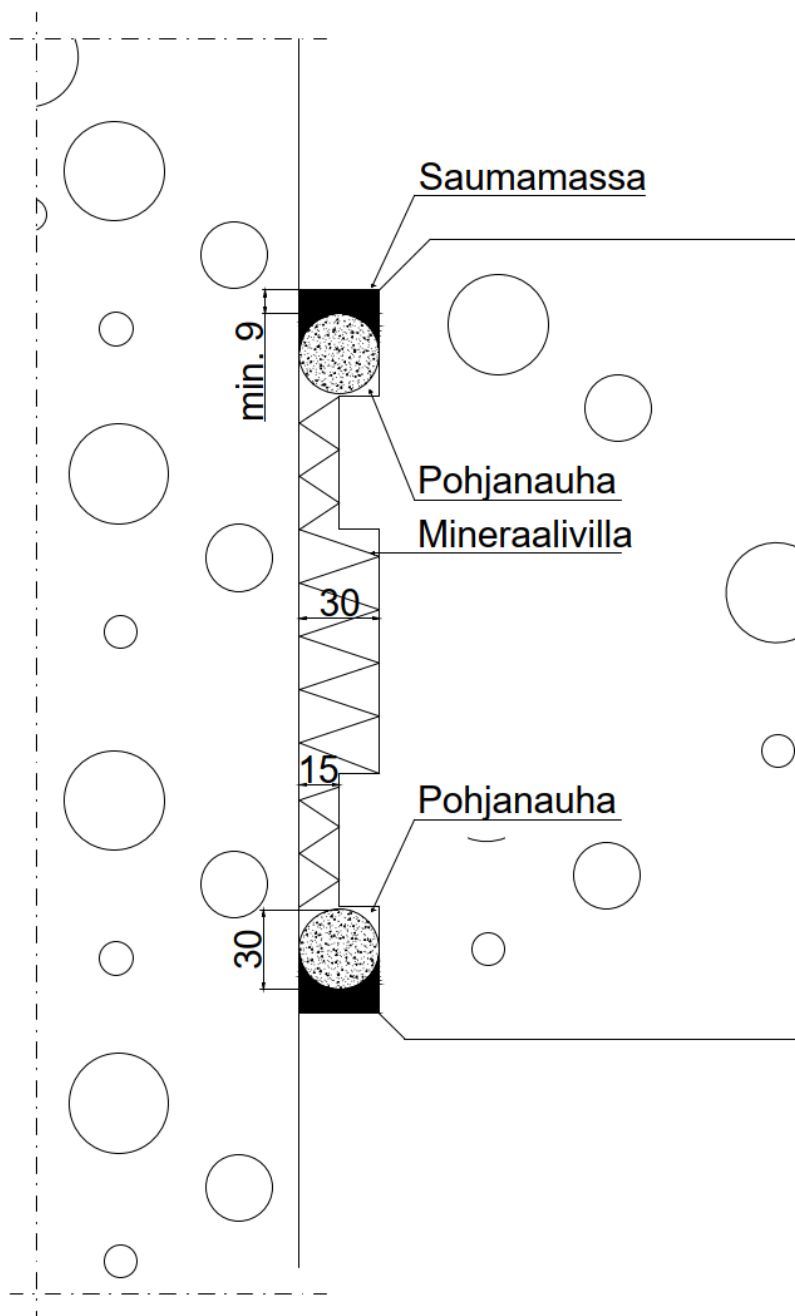
Rakennussuunnittelussa työkohteelle tehdään tarkat suunnitelmat työmaan perustamisesta, työn toteutuksesta ja työn raportoinnista. Rakennussuunnittelu sisältää myös

työkohteen rakennesuunnittelun, jossa työlle laaditaan piirustukset, laskelmat ja asennussuunnitelmat. Projektioorganisaation tulee hakea työlle tarvittavat luvat.

Koska ydinvoimalaitoksessa liikuntasaumallisilla rakenteilla voi olla erilaisia vaatimuksia on rakennussuunnittelussa tärkeä varmistaa uusittavan sauman soveltuvuus eri kohteisiin.



Kuva 13. Seinän ja laatan välinen epoksilla vesieristetty liikuntasauga



Kuva 14. Seinän ja laatan välinen liikuntasauha.

9.2.3 Materiaalihankinnat

Korjaushankkeessa käytettävät materiaalit tulee hyväksyttää käytettäväksi ydinvoimalaitoksella. Hankesuunnittelussa on huomioitava materiaalien hyväksyntään ja luvittamiseen kuluva aika. Hankesuunnittelussa määritetään tekekö rakennuttaja (luvanhaltija) vai pääurakoitsija tarvittavat materiaalihankinnat.

10 TYÖVAIHEET TOTEUTUKSELLE

10.1 Aloituskokous

Mikäli työ vaatii rakennuslupaa, on järjestettävä rakennustyölle aloituskokous. Aloituskokouksessa on läsnä rakennuttaja, pääurakoitsija ja kunnan rakennusvalvontaviranomainen.

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että aloituskokous pidetään ennen rakennustyön aloittamista. Aloituskokouksessa on oltava läsnä ainakin rakennusvalvontaviranomaisen edustaja, rakennushankkeeseen ryhtyvä tai tämän edustaja, rakennuksen pääsuunnittelija sekä vastaava työnjohtaja. (MRL 121 § 17.1.2014).

TVO:n nykykäytännön mukaan kaikille muutostöille ja projekteille tulee järjestää aloituskokous.

10.2 Työmaan perustaminen

Työmaa tulee perustaa ydinvoimalaitokseen niin että toteuttajalle on varattu laitoksen tiloihin oma tukityötila. Tässä tilassa toteuttaja säilyttää työvälineitä, materiaaleja ja suojarusteita. Tilassa on oltava myös mahdollisuus säilyttää ja tarkastella työsuunnitelmia. Tukityötilassa ei tule säilyttää kaikkia työssä käytettäviä materiaaleja, materiaaleja tulee täydentää työn edetessä. Materiaalien osalta tukityötilassa on oltava materiaalien tarvittavat säilytysratkaisut kuten kemikaalikaapit ja valuma-altaat. Tukityötilasta on löydettävä tiedot säilytettävistä materiaaleista, niiden määrästä ja materiaalien käyttöturvallisuustiedotteet. Tukityötila tulee sijoittaa niin että kulku työkohteille on joustavaa.

Toteuttajalle on varattava alue purkujätteen hetkelliselle varastoinnille ja jatkokäsittelyyn. Jätteiden varastointipaikan tulisi sijaita tiloissa, joissa jätteen säteilyolosmittaus on mahdollisimman helppoa. Ydinvoimalaitoksilla syntyvä jäte tulee mitata säteilytasojen osalta, mitattu jäte toimitetaan jatkokäsittelyyn säteilytason mukaan joko

normaalina jätteenä tai aktiivisena jätteenä. Aktiivinen jäte loppusijoitetaan sille erikseen varattuihin loppusijoitustiloihin. Jätteiden varastointipaikan tulee sijaita helposti saavutettavassa paikassa jätteen kuljetusta varten.

10.3 Aluesuunnitelma

Aluesuunnittelulla tarkoitetaan työmaa-alueen tarkkaa suunnittelemista. Tämä suunnitelma sisältää työkohteen toteutuspaikan, jätteiden lajittelupaikan, kulkureitit, sosiaali- ja taukotilat, suojarusteiden sijainnit, ensiaputarvikkeiden sijainnit sekä alkusammutuskaluston sijainnit. Lisäksi aluesuunnitelmasta tulee löytyä kulkureitit työmaalla sekä materiaalien ja hankintojen sijoittelu työmaa-alueella.

10.4 Purkutyö

Purkutyö on suoritettava suunnitellusti ja noudattaen käytössä olevia määräyksiä ja ohjeita. Purkutyön kokonaisvaltainen hallinta on erittäin tärkeää työskennellessä ydinvoimalaitoksella. Ydinvoimalaitoksilla kiinnitetään erityistä huomiota irto-osiin (FME: Foreign Material Exclusion) ja niiden hallintaan. Irto-osat voivat pahimmillaan päätyä ydinvoimalaitoksen prosessiin, jossa ne voivat aiheuttaa merkittävää vahinkoa laitteille ja rakenteille. TVO:lla on käytössä Granite-riskienhallintaohjelma, jolla ydinvoimalaitoksella toteutettavat muutostyöt arvioidaan. Liikuntasauaman vaihtotyöt arvioidaan myös Granite-riskienhallintaohjelmalla.

10.4.1 Purkutyöselostus

Purettaville saumoille tehdään rakennussuunnittelijan laatima purkutyöselostus, josta selviää saumakohtainen purkujärjestys, purettava alue, työjärjestys, väliaikaiset tuenat, jätteiden käsittely, suojaimet eri kohteille sekä purettavan sauman erityiset vaatimukset. Erityistä huomiota tulee kohdistaa palo-osastointirajojen oikea-aikaiseen purkamiseen (kts. kohta 7.6).

10.4.2 Haitta-aineettomien saumamassojen purku

Purkutyössä on käytettävä CE-merkittyjä suojakypärää, silmänsuojaimia, suojavaate-tusta, turvajalkineita ja käsiensuojaimia. Meluavissa töissä käytetään CE-merkittyjä kuulonsuojaimia.

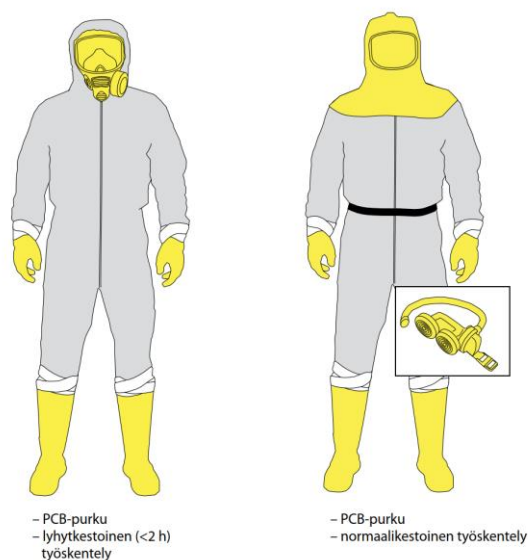
Pölyävissä työvaiheissa on käytettävä laitteissa kohdepoistoa. Irtoava materiaali kerätään heti jäteastioihin ja astiat suljetaan tiiviisti.

10.4.3 PCB-yhdisteitä tai lyijyä sisältävien saumamassojen purku

Purettavan sauman ympäristö on suojattava niin että purkutyöstä aiheutuvat jätteet ja pöly eivät pääse kulkeutumaan muualle laitospäristöön. Suojavarusteille ja niiden vaihtamiseen on varattava tilaa purettavalla kohteella, niin että purkujätteitä ei kulkeudu työtä suorittavien henkilöiden iholle tai hengitysilmaan suojarusteita riisuttaessa tai käyttämättömien suojarusteiden likaantuessa purkutöistä aiheutuvasta jätteestä.

Pölyävissä työvaiheissa on käytettävä laitteissa kohdepoistoa. Irtoava materiaali kerätään heti jäteastioihin ja astiat suljetaan tiiviisti.

Henkilökohtainen suojarustus



Kuva 13. PCB-purkujen suojarusteet työn kestosta riippuen. (Rakennustieto Oy Ratu 82-0382 PCB:tä tai lyijyä sisältävien saumamassojen purku (2011) Haettu 28.3.2022).

Purkutöiden aikana käytetään A3/P3 tai A3/P2-luokan suodattimella varustettua moottoroitua koko- tai puolinaamaria tai eristävää naamaria esiintyvistä terveydelle vaarallisista aineista riippuen. P3-suodatinta käytettäessä on yleensä tarve myös kasvojen ihon ja silmien suojaamiseen, jolloin käytetään kokonaamaria tai koko kasvojen alueen suojaavaa moottoroitua hengityksensuojainta. (Rakennustieto Oy Ratu 82-0382 PCB:tä tai lyijyä sisältävien saumamassojen purku (2011) Haettu 28.3.2022).

PCB-yhdisteiden purkamisessa suojapukeutuminen käsittää vähintään: kertakäyttöiset pölyä läpäisemättömät suojahaalarit, joissa ei ole taskuja eikä pölyä kerääviä taitteita, kertakäyttöiset suojakäsineet, jotka eivät läpäise pölyä ja PCB- ja lyijy-yhdisteitä esim. butyylikumikäsineet ja sileäpintaiset kumisaappaat. (Rakennustieto Oy Ratu 82-0382 PCB:tä tai lyijyä sisältävien saumamassojen purku (2011) Haettu 28.3.2022).

10.5 Työskentely korkeasti säteilevissä tiloissa

Korkeasti säteilevissä tiloissa on purku- ja asennustöissä suojauduttava tarvittavalla tavalla. Työryhmän on aina työn alkaessa pyydettävä säteilysuojelu arvioimaan työkohteella olevat säteilylähteet. Säteilysuojelu järjestää työkohteelle tarvittavat säteily-suojat, kenkärajan ja suojarusteet.

Purettaessa lyijyä ja PCB-yhdisteitä sisältäviä saumoja on suojarustuksen sovellettava molempia ulkoisia hättatekijöitä kohtaan. Purkutöiden päättyessä kohde on siivottava PCB-yhdisteitä ja lyijyä sisältävistä materiaaleista sekä säteilysuojaukseen ja PCB-yhdisteisiin ja lyijyyn käytetyt varusteet vaihdettava puhtaisiin suojarusteisiin. Uuden sauman asennus tapahtuu uusilla puhtailla säteilynsuojeluvälineillä.

10.6 Vaihtotyö

Tyypillisesti betonirakenteiden liikuntasaumaa uusittaessa vanha sauma puretaan rakenneseosten välistä puukolla, kulmahiomakoneella tai porakoneella. Purettaessa

saumasta poistetaan sauma-aineet ja pohjanauha (saumanauha). Purkutyöstä aiheutuvat lohkeamat paikataan rakenteeseen sopivalla paikkausaineella. Joskus uusittavan sauman rakenneosat ovat liian lähellä toisiaan (liikuntasauma on ummessa tai sauma on liian kapea rakenteiden liikkeisiin), tällöin sauma avarretaan esimerkiksi kulmahiomakoneella. Avartamiselle tulee olla rakennesuunnittelijan lupa ja tarvittavat suunnitelmat.

Ennen uutta saumausta purettu sauma puhdistetaan ja mahdollisten paikkauksien tulee antaa kuivua riittävästi. Uuden sauman asennus aloitetaan mahdollisen lämmöneristeen asentamisella, jonka jälkeen saumaan asennetaan pohjanauha. Pohjanauhan asentamisen jälkeen saumaan asennetaan mahdolliset tuuletusputket.

Eristeen ja pohjanauhan asentamisen jälkeen saumaan levitetään saumamassan pohjuste. Pohjustetta pyritään levittämään saumattavien rakenneosien pinnoille niin että pohjustetta ei levitetä pohjanauhan tai rakenneosan ulkokuoren päälle. Pohjusteen annetaan kuivua sille annettujen ohjeiden mukaan. Jos pohjuste asennetaan ennen pohjanauhaa, on pohjusteen annettava kuivua ennen pohjanauhan asennusta.

Saumaus tapahtuu pursottamalla saumamassaa pohjustettuun saumaan. Saumauksessa on varmistettava riittävä tartunta molempiin rakenneosiin.

10.7 Avartaminen

Jos saumat ovat ummessa, tällöin saumoja tulee avartaa. Etenkin suurten monoliittisten rakennusten liikuntasaumoissa saumat voivat olla niin kiinni, että saumat on avarrettava sahaamalla rakenteet irti toisistaan. Sahaaminen tehdään tällöin timanttisahaamalla.

Avarrettavaa saumaa on tutkittava esimerkiksi endoskoopilla ja todettava ne alueet, joilta osin sauma on ummessa. Rakenne- ja työsuunnitelmat laaditaan niiltä kohdilta, joilta todetaan sauman olevan kiinni. Suunnitelmissa on kiinnitettävä erityisesti huomiota sahauksessa mahdollisesti vaurioituviin betoniteräksiin, mikäli mahdollista betoniteräksien katkaisua on vältettävä.

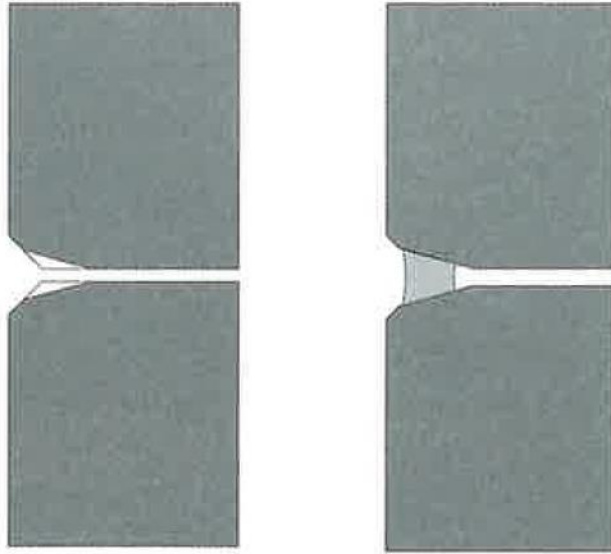
Julkisivuelementtien saumoja avarretaan yleensä viistetekniikalla, jolloin elementin reunoilta saumaraon ulkoreunasta poistetaan betonia. Viistetekniikka on kuitenkin riittämätön suurien monoliittisten rakennusten liikuntasaumoissa, joissa liikuntasaumat ovat menneet yhteen muualtakin kuin sauman reunoilta. Viistetekniikkaa tulee kuitenkin hyödyntää suurten monoliittisten rakennusten liikuntasaumoissa niin että timanttisahattu sauma viimeistellään viisteellä siistin ja helposti toteutettavan sauman mahdollistamiseksi.

Jos avartamisessa ilmenee tarve katkoa betoniteräksiä, on katkaisusta tehtävä riittävät rakennesuunnitelmat. Avarrustyölle on haettava pölyävän työn lupa. Jos katkaisutyö aiheuttaa merkittävää lämpöä ja/tai kipinöitä, on katkaisutyölle haettava myös tulityölupaa.

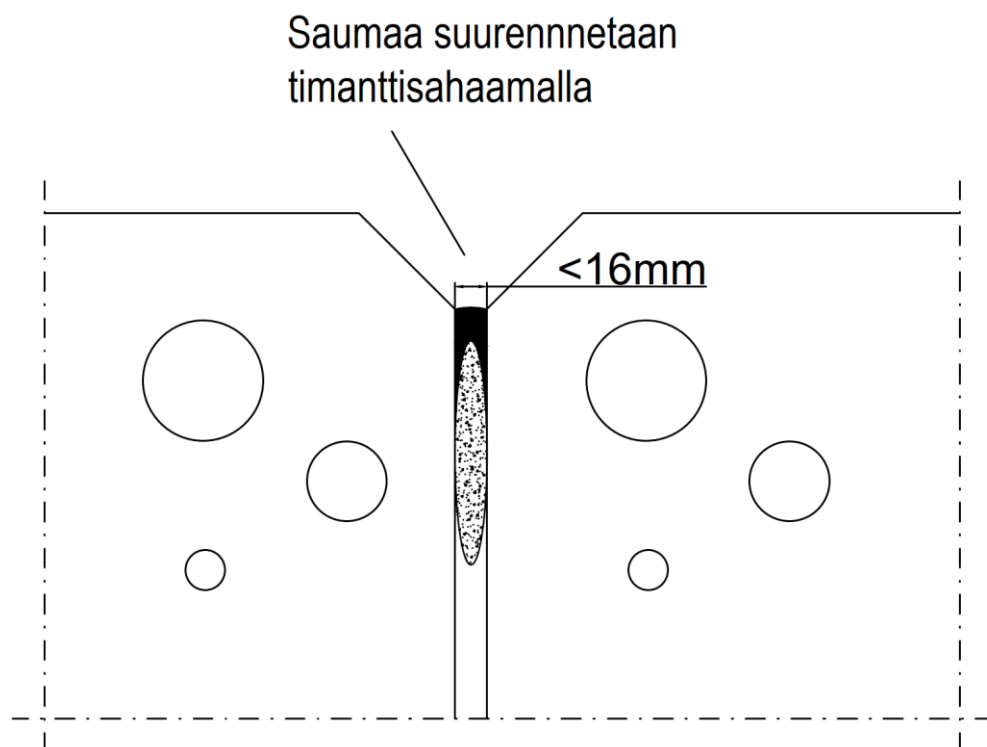
Saumojen leventämisessä on suositeltavaa käyttää ns. viistetekniikkaa, jossa betonia poistetaan lähinnä saumaraon ulkoreunasta. Sauman leveys mitataan tällöin levennyksen keskeltä. (Suomen Betoniyhdistys ry. (By 41. Betonirakenteiden korjausohjeet (2016) 24.2.2022)

Elementin leveys	Sauman vähimmäisleveys
< 4 m	8 mm
6 m	12 mm
8 m	16 mm

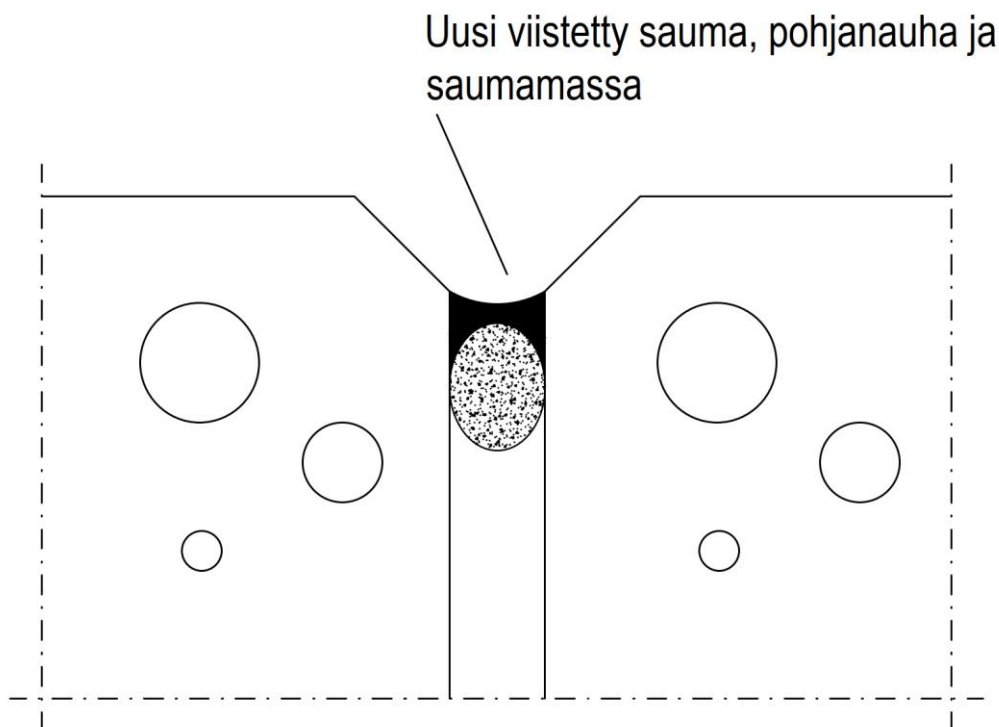
Taulukko 1. Korjausrakentamisessa sovellettavat julkisivuelementtien vähimmäis-saumaleveydet. (Suomen Betoniyhdistys ry. BY41 Betonirakenteiden korjausohjeet. 8. Saumausten uusiminen s. 60. 2016 Haettu 28.2.2022.)



Kuva 14. Saumojen avartamisen periaate ns. viistetekniikkaa käytettäessä (Suomen Betoniyhdistys ry. BY41 Betonirakenteiden korjausohjeet. 8. Saumausten uusiminen s. 60. 2016 Haettu 28.2.2022.)



Kuva 15. Sauma ennen avartamista.



Kuva 16. Avarrettu viistetty sauma.

Ydinvoimalaitoksen liikuntasaumalliset rakenteet ovat merkittävästi suurempia kuin julkisivuelementit. Taulukossa 1 esitettyjä vähimmäisleveyksiä voidaankin soveltaa suurimman vähimmäisleveyden osalta, joka on 16 mm (elementin koko >8 m). Ydinvoimalaitoksen normaalitilan liikuntasaumot ovat usein ~20–30 mm, jolloin absoluuttisena vähimmäisleveytenä voidaan pitää esimerkiksi taulukon arvoa 16 mm ja kaikki tätä pienemmät liikuntasaumot ydinvoimalaitoksessa tulisi avartaa.

10.8 Toteutusalueiden jakaminen

Korjaushankkeen toteutusalueet tulee jakaa työkohteiden vaatimusten mukaisesti. Jakaminen tulisi toteuttaa periaatteella, joka edesauttaa työryhmien valmistelutöitä, suojuksia ja kokonaisuuden hallintaa. Tämä tarkoittaa käytännössä esimerkiksi toteutusalueiden jakamisen niiden tilojen välillä, joilla on eri säteilyarvoja. Tällöin säteilemättömissä tiloissa työskennellään eri toteutusajankohtana kuin säteilevissä tiloissa, jolloin työkohteen valmistelut ja suojuukset eivät muutu toteutusjakson aikana. Toteutusalueiden jakamisen lähtökohtana voi kuitenkin olla muukin periaate, kuten vaatimukset sauman rakenteessa tai saumalle tehtävät korjaustyöt kuten avartaminen. Tai ydinvoimalaitokselle tyypillisten normaalin käyttötoiminnan, ennakkohuoltojen,

tarkastusten ja turvatoimintojen varmistaminen niin että edellä mainitut toimet eivät häiriinny meneillään olevasta korjaushankkeesta.

Ydinvoimalaitoksissa korjaushankkeiden jakaminen toteutusalueisiin on tyypillistä laitosten suuren koon ja projektien hallittavuuden takia. Toteutusalueisiin jakaminen helpottaa myös luvanhaltijan ja eri viranomaisten valvontatyötä, sillä toteutusalueet on aikataulutettu selkeästi.

10.9 Tarkastukset

Liikuntasaumaa uusittaessa saumalle ja työmaalle tulee kohdistaa erilaisia tarkastuksia työn laadun ja onnistuneen sauman varmistamiseksi. Tarkastuksia tulee tehdä työkohteella mm., kun todetaan työsuunnitelmien ja piirustusten kelpoisuus kohteeseen, purkutyön valmistumisesta, pohjusteen asennuksen jälkeen, kun saumaus aloitetaan ja kun työkohde on valmis.

Ydinvoimalaitoksen liikuntasaumausainnoissa tarkastuksia suorittaa luvanhaltijan asiantuntijaorganisaatio ja STUK. Liikuntasauamamassan uusinnalle tehty tarkastuspöytäkirja TVO :lle (Liite 1), jota tulee hyödyntää liikuntasaumojen uusinnassa ydinvoimalaitoksella.

10.10 Työmaan sulkeminen ja luovutus

Ennen työmaan sulkemista ja luovutusta pääurakoitsijan on varmennettava työsuunnitelmista ja toteutuneiden liikuntasaumausintojen tarkastuspöytäkirjoista (liikuntasauman tarkastuspöytäkirja (Liite 1)) korjaushankkeen toteutusalueen valmistuminen. Pääurakoitsija luovuttaa korjaushankkeen lopussa päätoteuttajalle työmaapäiväkirjat ja liikuntasaumojen tarkastuspöytäkirjat.

Päätoteuttaja kutsuu tarvittaessa viranomaiset heidän vaatimilleen loppukatselmuksille ja -tarkastuksille. Pääurakoitsija ja luvanhaltija (päätoteuttaja) sopivat keskenään työmaan luovutuksen ajankohdasta.

11 MÄÄRÄAIKAISTARKASTUKSET JA YLLÄPITO

11.1 Määräaikaistarkastukset

Uusituille liikuntasaumoille tulee määrittää määräaikaistarkastusohjelma, jonka pohjalta liikuntasaumoja tullaan tarkastamaan tietyllä aikavälillä. Määräaikaistarkastusten tulee täyttää saumamateriaalin valmistajan vaatimukset ja valmistajan ohjeet on sisällytettävä määräaikaistarkastusohjelman ohjeisiin. TVO:lla on käytössä ennakkohuoltojärjestelmä (ENKKU), jonka kautta eri töille ja tarkastuksille määritetään ennakkohuolto ja tarkastusohjelmat. TVO:lla uusittaville liikuntasaumoille luodaan määräaikaistarkastukset ENKKU-ohjelmaan.

Polymeerikomponenttien ominaisuuksia ja ikääntymistä ydinvoimalaitoksilla on tutkittu Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n ja RISE Research Institutes of Sweden AB toimesta SAFIR projektissa. SAFIR projektissa on mukana useita pohjoismaisia ydinvoimayhtiöitä ja projekti on rahoitettu ydinvoimayhtiöiden maksamasta Ydinjätehuoltorahastosta. SAFIR projektissa polymeerien ominaisuuksia tutkitaan SAMPO (Safety criteria and improved ageing management research for polymer components exposed to thermal radiative environments) projektilla, jossa VTT ja RISE tutkivat ydinvoimayhtiöiltä saamiaan polymeerikomponentteja ja tekevät päätelmät niiden ominaisuuksista ydinvoimalaitoksilla. Näiden tutkimusten pohjalta saaduista ominaisuuksista TVO:n tulee kehittää määräaikaistarkastusohjelmiin tarvittavat testit ja menetelmät.

11.2 Ylläpito

Uusittuja liikuntasaumoja tulee ylläpitää ja valvoa ennakkohuolto-ohjelman mukaisesti huoneittain. Ylläpito tapahtuu saumamassan valmistajan ohjeiden mukaan, nämä ohjeet käsittävät määräaikaistarkastuksia kuten vetokokeita, saumojen puhtaanapitoa ja mahdollisia ongelmakohtien uusintaa.

11.3 Ennakkohuolto-ohjelman mukainen uusinta tulevaisuudessa

Liikuntasauvoja tulee uusia tulevaisuudessa määräaikaistarkastuksissa havaittujen puutteiden ilmetessä. Uusinnat on pyrittävä tekemään välittömästi ongelman havaitsemisen jälkeen, jotta vältetään suurelta samanaikaisesti toteutettavalta uusimistyöltä. Uusimistyö voidaan sisällyttää ennakkohuolto-ohjelmaan.

12YHTEENVETO

Ydinvoimalaitoksella korjaushankkeen suunnittelussa ja toteutuksessa on huomioitava tyypillisestä poikkeava työympäristö. Ydinvoimalaitosympäristössä tehtävät korjaushankkeet onkin suunniteltava niin että ydinvoimalaitoksen käyttötoiminta ei häiriinny missään tilanteessa. Suuret korjaushankkeet onkin jaoteltava omiin toteutusalueisiin ja toteutusalueissa on tarkastettava ja määritettävä juuri kyseistä aluetta koskevat vaatimukset ja ohjeet.

Ydinvoimalaitosympäristössä liikuntasaumamateriaalin vaihtotyössä luvanhaltijan ja pääurakoitsijan on koordinoitava ja suunniteltava työnsä poiketen esimerkiksi asuin-kiinteistöjen liikuntasaumamateriaalien uusinnasta. Itse liikuntasaumamat ja niissä käytettävät materiaalit voivat suurimmilta osin olla samanlaisia asuinrakentamisessa ja ydinvoimalaitoksissa. Kuitenkin työympäristön poikkeavuus ja ydinvoimalaitosten korkea turvallisuuskulttuuri tekevät työn toteutuksesta kokonaisuuden, jossa hankesuunnittelun tärkeys korostuu.

Yksityiskohtaisen ja perusteellisen hankesuunnittelun lisäksi liikuntasaumamateriaalien vaihtotyössä korostuu vaihtotyön aikainen valvonta, jolla voidaan mahdollistaa toimiva liikuntasaura tiloihin, joissa korjaus ja uusintatyöt ovat haasteellisia. Valvontatyön tärkeyttä tulee painottaa hankkeeseen ryhtyvälle pääurakoitsijalle. Uusintatyön jälkeen on suunniteltava kattavat huolto- ja määräaikaistarkastusohjeet ydinvoimalaitoksen luvanhaltijalle, jonka velvollisuus on valvoa ja ylläpitää liikuntasauvoja.

LÄHTEET

- Säteilyturvakeskus (STUK). *Miten ydinvoimalaitos toimii*, 8.7.2015. Haettu 8.2.2022. <https://www.stuk.fi/aiheet/ydinvoimalaitokset/miten-ydinvoimalaitos-toimii>
- Säteilyturvakeskus (STUK) ST 7.2. *Säteilyaltistuksen enimmäisarvojen soveltaminen ja säteilyannoksen laskemisen perusteet*, 8.8.2014. Haettu 11.2.2022. <https://www.stuklex.fi/fi/ohje/ST7-2>
- Säteilyturvakeskus (STUK). *Mitä säteily on?*, 18.12.2019. Haettu 11.2.2022. <https://www.stuk.fi/aiheet/mita-sateily-on>
- Säteilyturvakeskus (STUK) YVL A.6 *Ydinlaitoksen käyttötoiminta* 15.6.2019. Haettu 21.2.2022. <https://www.stuklex.fi/fi/ohje/YVLA-6>
- Säteilyturvakeskus (STUK) YLV E.6 *Ydinlaitoksen rakennukset ja rakenteet*, 19.6.2020. Haettu 21.2.2022. <https://www.stuklex.fi/fi/ohje/YVLE-6>
- Säteilyturvakeskus (STUK) *Terveyshaittojen ehkäiseminen säteilysuojelulla* 8.10.2020. <https://www.stuk.fi/aiheet/mita-sateily-on/terveyshaittojen-ehkaiseminen-sateilysuojelulla>
- International Atomic Energy Agency (IAEA) Nuclear energy series NP-T 3.5 *Ageing Management of Concrete Structures in Nuclear Power Plants* 2016. Haettu 25.2.2022 https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1654_web.pdf
- Burström, P. G. (1979). *Ageing and deformation properties of building joint sealants* (Vol. 1002). Division of Building Materials. University of Lund. Haettu 25.2.2022
- Rakennustieto Oy RT 82-10980 Kiviaineisten elementtijulkisivujen saumat 2009. Haettu 2.3.2022
- Rakennustieto Oy RT 28-10979 Elastiset saumamassat 2009. Haettu 2.3.2022
- Rakennustieto Oy RT 16-10660 Rakennusurakan yleiset sopimusehdot YSE 1998 (2016). Haettu 2.5.2022
- Rakennustieto Oy Ratu 82-0382 PCB:tä tai lyijyä sisältävien saumamassojen purku (2011) Haettu 28.3.2022.
- Oy Sika Finland AB, Saumamassat - hyvä tietää. (n.d) Haettu 3.3.2022 <https://www.casco.eu/fi/saumamassat-hyva-tietaa/>
- Suomen Betoniyhdistys ry. BY41 Betonirakenteiden korjausohjeet. 2016 Haettu 28.2.2022.
- Teollisuuden Voima Oyj. Kuivalainen J. Laitosmuutosten käynnistäminen, priorisointi, aikataulutaminen ja PTS:n laatiminen TVO:lla 2021. Haettu 4.4.2022.

Teollisuuden Voima Oyj. Leppänen A. Raitanen A. Laitosmuutosten priorisoinnin menettelytapakuvaus 2021. Haettu 4.4.2022.

Oy Sika Finland AB, Rakennussaumojen mitoitus. Suunnitteluohje (2021).
<https://fin.sika.com/content/dam/dms/fi01/q/SUUNNITTELU%20OSA%202%20Rakennussaumojen%20mitoitus%202022-02%20V1%20FI.pdf> Rakennussaumojen mitoitus (sika.com)

Teollisuuden Voima Oyj. Pykilä J.-P. Muutostöiden suunnittelu Olkiluodon ydinvoimalaitoksilla, TVO konserni 2020. Haettu 5.5.2022.


Betonia Oy. Elementtisuunnittelu. *Liikuntasaumat*. Haettu 9.2.2022 <https://www.elementtisuunnittelu.fi/liitokset/liitosten-toiminta/liikuntasaumat>

Ydinenergialaki 990/1987. Annettu Helsingissä 11.12.1987.

Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999. Annettu Helsingissä 5.2.1999

LIITELUETTELO

Liite 1 Liikuntasaunan tarkastuspöytäkirja TVO (Aarne Hyppölä 2022)

	LIIKUNTASAUMAN TARKASTUSPÖYTÄKIRJA				
	Muutostyö:	Muutostyövastaava/ osaprojektin hoitaja:	Työmääräin:	Huonetila:	
Sauman sijainti (seinä/katto):	Huoneen turvallisuusluokka:	Rakennuksen/rakenteen urvallisuusluokka:	OL1 <input type="checkbox"/> KPA <input type="checkbox"/>	OL2 <input type="checkbox"/> VLJ <input type="checkbox"/>	Muu <input type="checkbox"/>

Asennusyritys:	Työnjohtaja:	Asentajat:
----------------	--------------	------------

	Työnjohtaja tarve kuitt. +pvm	TVO / TC tarve kuitt. +pvm	STUK tarve kuitt. +pvm	Huomio
Rakennesuunnitelman mukaisuus				
Saumamassan ja nauhan tuotehyväksyntätiedot	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Purkusuunnitelma ja rakennesuunnitelma kohteella	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	H (TVO)
Asennuksen aloitusvalmius				
Asennusohjeet ja tuotekohtaiset pöytäkirjapohjat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Asentajien koulutus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Asennustyökalut	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Asennuspaikat merkitty	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Sauma purettu purkusuunnitelman mukaisesti	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Sauma puhdistettu (lika, rasva, irtoava materiaali)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Asennuskohde siivottu vanhasta materiaalista	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Aloitusvalmius todettu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	W (TVO)
Pohjanauha ja pohjuste				
Pohjanauha asennettu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Pohjuste asennettu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Pohjuste todettu kuivaksi (hyvät tartuntaolosuhteet)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Sauman aloituksen hyväksyntä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	H (TVO/TC) **
Saumaus				
Asennussyvyys oikein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Saumamassan tasoitus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Tuotekohtaiset pöytäkirjat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Asennus hyväksytty	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	H (TVO/TC) W (STUK) ***

H=Hold Point

W=Witness Poi

 ei tarvetta tarve

Huomautus

Hyväksyntä		
Työnjohtaja	TVO (TC, KU)	STUK
__ / __ 20__	__ / __ 20__	__ / __ 20__

Lisätiedot

Suunnitteluvaiheessa tulee määrittää mitä tarkastuksia ja kenen toimesta saumaukselle tulee suorittaa.

H=Hold Point - Pakollinen tarkastuskohta. Asennusta ei saa jatkaa ennen vastuuhenkilöiden tarkastusmerkintää.

W=Witness Point - Vastuuhenkilölle on ilmoitettava tarkastusajankohdasta.

**Työnjohtaja kutsuu TVO:n tarkastukseen. Tarkastus on valinnainen TVO:lle.

***TVO/TC tarkastaa saumauksen asennuksen. TVO/TC kutsuu STUK:en asennustarkastukseen. Tarkastus on valinnainen STUK:lle.