

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
Teknillinen tiedekunta
Energiatekniikan koulutusohjelma

Joel Sistonen

Ydinvoimalaitoksen rakentamisen aikainen viranomaistoiminta ja –vaatimukset

Diplomityö

2012

126 sivua, 17 kuvaa ja 10 taulukkoa

Tarkastajat: Professori Riitta Kyrki-Rajamäki
Diplomi-insinööri Kai Karlén

Hakusanat: Ydinvoimalaitos, viranomainen, riskienhallinta, rakentaminen
Keywords: Nuclear power plant, authorities, risk management, construction

Tässä diplomityössä on käsitelty ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessin aikaista viranomaistoimintaa, viranomaisten vaatimuksia sekä rakentamiseen liittyvää riskienhallintaa julkisesti saatavissa olevan materiaalin pohjalta. Ensin on käyty läpi johdannon ja tavoitteiden lisäksi ydinvoiman historiaa ja nykyhetkeä Suomessa. Tämän jälkeen työssä on käsitelty riskienhallintaa sekä siihen liittyvää yleistä teoriaa. Teoria toimii lisätukena viranomaisvaatimusten tarkastelussa sekä niiden toimien ymmärtämisessä. Ennen viranomaisvaatimuksia on tarkasteltu kuitenkin itse viranomaisia, niiden välisiä kytköksiä sekä sitä, mitkä eri viranomaiset vaikuttavat ydinvoimalaitoksen rakentamiseen. Tässä osiossa on tarkasteltu myös politiikan vaikutusta viranomaistoimintaan. Viranomaisten toimintaa ja vaatimuksia käsittelevässä osiossa on käyty läpi yleisesti ydinvoimalaitokseen liittyviin toimituksiin kuuluvat vaatimukset sekä yksityiskohtaisempia vaatimuksia aihealueittain. Tässä osiossa on myös käsitelty esimerkkejä Olkiluoto 3 –projektissa tehdyistä havainnoista ja toteutuneista riskeistä. Tämän jälkeen työssä on tehty tarvittavat johtopäätökset tutkimuskysymyksiin läpikäydyn materiaalin pohjalta. Johtopäätöksissä on myös käsitelty ydinvoimalaitokseen liittyvään toimitukseen sisältyviä riskejä sekä niiden hallintaa. Viranomaistyöstä korostuivat läpikäydyssä materiaalissa erityisesti suomalaisen viranomaistoiminnan tinkimättömyys ja korkea vaatimustaso. Tärkeimmiksi seikoiksi työssä nousivat ydinvoimalaitoksen rakentamiseen olennaisena osana kuuluva korkea turvallisuuskulttuuri sekä sen seurauksena yritysten toimivat johtamisjärjestelmät. Lisäksi hyvin tehty esi- ja perussuunnittelu helpottavat projektin eri osa-alueita. Huomioimalla nämä kolme seikkaa pystytään ydinvoimalaitoksen rakentamisen ja käytön aikaisia riskejä hallitsemaan tehokkaimmalla tavalla.

ABSTRACT

Lappeenranta University of Technology
Faculty of Technology
Degree Programme in Energy Technology

Joel Sistonen

Authority work and authority demands during the construction project of nuclear power plant

Master's Thesis

2012

126 pages, 17 figures and 10 tables

Examiners: Professor, D. Sc. (Tech) Riitta Kyrki-Rajamäki
M. Sc. (Tech) Kai Karlén

Keywords: Nuclear power plant, authority, risk management, construction

In this Master's Thesis the main focus is in the process of public authority work, authority requirements and construction related risk management during nuclear power plant construction. The work is based on public access material. First part of the thesis reports about the nuclear power history and the present moment in Finland. As a theoretical part the thesis deals with general theory of risk management. Risk management theory is supporting in authority requirements examination and understanding of their actions. Before the authority requirements have been considered, however, Finnish authorities, the links between them and their effect to nuclear power plant construction have been examined. This section considers also the impact of policy and government activities to authority work. The section that examines authority work and their requirements first deals with topics generally related to the nuclear power plant and after that the detailed requirements by topics. In this section there are also examples of the Olkiluoto 3 project experiences and realized risks. Hence, the necessary conclusions are made on the basis of the thesis material. The conclusion section also deals with the nuclear power plant delivery risks and management of them. Material used in thesis highlights the high level and safety aiming authority work in Finland. The most important conclusions of the thesis were the points of the demand of high safety culture and functional management systems in the companies. Also well-made pre- and basic design gives a great advantage in every part of building project. Taking into account these things is the way to control the nuclear power plant construction risks with the best effectiveness.

ALKUSANAT

Aluksi haluan kiittää Sweco PM:ää mahdollisuudesta tehdä diplomityöni yritykseen, sekä työhöni saamasta mielenkiintoisesta aiheesta. Haluan myös kiittää koko Sweco PM:n henkilöstöä mukavasta työilmapiiristä sekä saamastani tuesta työn tekoon. Suuri kiitos kuuluu erityisesti Kai Karlénille, joka ohjasi työtäni, tarkasti sen Sweco PM:n puolelta ja antoi rakentavaa palautetta sekä hyviä vinkkejä työn tekemisen aikana. Lisäksi haluan kiittää myös Jyrki Keinästä, joka antoi tärkeitä kehittämissuhteita työn teoriaosaan liittyen.

Kiitokset kuuluvat myös professori Riitta Kyrki-Rajamäelle työni tarkastamisesta sekä koko koulun henkilökunnalle antoisista opiskeluvuosista.

Työn tekemisen varrella sain hyödyllistä palautetta ja rakentavia vinkkejä useilta tahoilta. Haluan näistä tahoista kiittää erityisesti Säteilyturvakeskusta, Kalevi Erosta sekä Hannu Nissistä siitä vaivasta, jota jaksoitte nähdä diplomityöni eteen.

Haluan kiittää myös kaikkia opiskelukavereitani hauskoista ajoista sekä tarvittavasta tuesta, mitä olen vuosien aikana teiltä saanut. Erityiskiitokset kuuluvat Jarnolle - ilman Jarnon apua ja neuvontaa olisin tuskin koskaan selvinnyt fuksimatikoista.

Lisäksi haluan kiittää perhettäni tuesta, neuvoista sekä opiskelua tukevista työmahdollisuuksista koko koulu-urani ajalta. Viimeisimpänä, muttei vähäisimpänä haluan kiittää kihlattuani Niinaa kaikesta siitä tuesta ja kannustuksesta, mitä olen saanut kaikille tavoitteille.

Helsingissä 18.10.2012

Joel Sistonen

SISÄLLYSLUETTELO

KÄYTETYT LYHENTEET	3
1. JOHDANTO	5
1.1 Työn tavoitteet ja tutkimuskysymykset.....	6
1.2 Työn rakenne	7
1.3 Työn rajaus	9
1.4 Ydinvoiman historia Suomessa	9
1.5 Ydinvoiman nykytilanne ja lähitulevaisuuden projektit Suomessa	11
1.5.1 TVO:n Olkiluoto 3 –projekti	13
1.5.2 Fennovoiman Hanhikivi 1 – projekti.....	16
1.5.3 TVO:n Olkiluoto 4 – projekti	17
2. RISKIENHALLINTA	19
2.1 Riskienhallinnan teoriaa.....	19
2.1.1 Riskin ja riskienhallinnan määritelmä	20
2.1.2 Riskien tunnistaminen ja analysointi	21
2.1.3 Riskienhallinnan toimenpiteet	25
2.2 Yleistä viranomaistoiminnasta ja riskienhallinnasta ydinvoimalaitosprojektissa	26
3. VIRANOMAISTEN SEKÄ MUIDEN PÄÄTTÄVIEN TAHOJEN VASTUUT JA TOIMINTA.....	28
3.1 Viranomaistoiminta Suomessa.....	28
3.2 Kansainvälinen viranomaistoiminta ja muu yhteistyö	33
4. VIRANOMAISTEN YLEISET VAATIMUKSET YDINVOIMALAITOKSEN RAKENTAMISEN AIKANA	38
4.1 Yleistä viranomaistoiminnasta ja –vaatimuksista	38
4.2 Ohjeet ja standardit.....	42
4.3 Turvallisuusluokitukset	44
4.4 Turvallisuuskulttuuri	48
4.5 Johtamisjärjestelmä sekä laadunhallintajärjestelmä	50

4.6	Dokumentointi.....	56
4.7	Suunnittelu.....	59
4.7.1	Yleistä ydinvoimalaitoksen suunnittelusta	60
4.7.2	Yleiset vaatimukset suunnittelulle	61
4.7.3	Säteilyn ja säteilysojelman vaatimukset suunnittelulle	62
4.7.4	Aikataulutus ja organisaatiot suunnittelussa.....	64
4.8	Erityyppiset hyväksynät ja sertifiointit.....	68
5.	VIRANOMAISTEN TEKNISET VAATIMUKSET YDINVOIMALAITOKSEN RAKENTAMISEN AIKANA	72
5.1	Rakennustekniset rakenteet	72
5.1.1	Betonirakenteet	73
5.1.2	Paloturvallisuusrakenteet ja –vaatimukset.....	81
5.1.3	Teräsrakenteet.....	85
5.2	Sähköistys ja automaatio	89
5.2.1	Automaation vaatimukset	89
5.2.2	Sähköjärjestelmien ja sähköistyksen vaatimukset	93
5.2.3	Esimerkit viranomaistoiminnasta sekä –vaatimuksista	96
5.3	Muut ydinvoimalaitokseen liittyvät rakenteet, järjestelmät sekä asennustoiminta	97
5.3.1	Ilmastointijärjestelmä.....	98
5.3.2	Painesäiliöt ja –putkistot.....	100
5.3.3	Pumput ja venttiilit.....	108
5.3.4	Rakennus- ja asennustoiminta työmaalla.....	110
6.	JOHTOPÄÄTÖKSET JA ESITETYT TOIMENPITEET	112
7.	YHTEENVETO.....	118
	LÄHTEET.....	120

KÄYTETYT LYHENTEET

ALARA	As Low As Reasonably Available
CE	Conformité Européene
ELY	Elinkeino, Liikenne ja Ympäristö
EMC	Electromagnetic Compatibility
ENSREG	European Nuclear Safety Regulators Group
EPR	European Pressurized water Reactor
EU	Euroopan Unioni
EYT	Ei ydinteknistä merkitystä
IAEA	International Atomic Energy Agency
INES	International Nuclear Event Scale
ISO	International Organisation for Standardization
IVO	Imatran Voima
LO	Loviisa
MW	Megawatti
NEA	Nuclear Energy Agency
OECD	Organisation for Economic Cooperation and Development
OL	Olkiluoto
PM	Project Management
SAHARA	Safety As High As Reasonably Available

STUK	Säteilyturvakeskus
TEM	Työ- ja elinkeinoministeriö
TVO	Teollisuuden Voima Oyj
TWh	Terawattitunti
VTT	Teknologian tutkimuskeskus VTT
WENRA	Western Europe Nuclear Regulators Association
YK	Yhdistyneet Kansakunnat
YVA	Ympäristövaikutusten arviointi
YVL	Ydinvoimalaitos

1. JOHDANTO

Tässä diplomityössä käsitellään ydinvoimalaitoksen rakennusprosessin aikaista viranomais-toimintaa sekä viranomaisten vaatimuksia rakentamisen aikana. Työssä tutustutaan sekä eri viranomaistahoihin ja heidän vaatimuksiinsa yksittäisen laitetoimittajan tai urakoitsijan kannalta että eri rakennusvaiheiden aikana tarvittaviin viranomaistarkastuksiin. Tarkasteltavana ovat sekä kansainväliset että kotimaiset viranomaismääräykset ja erityyppiset standardit, lait ja ohjeistukset. Lisäksi työssä pyritään tuomaan esille riskienhallintaa, mahdollisia ratkaisuja ja oikeita toimenpiteitä helpottamaan yhteistyötä viranomaisten sekä muiden tahojen kanssa. Työssä käydään läpi myös muita ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessin aikaisia haasteita ja tuodaan esille toimenpiteitä, joilla laitostoimittaja ja alihankkijat pystyisivät tekemään työnsä mahdollisimman onnistuneesti.

Ydinvoimalaittoimituksen vaatimukset yrityksille ovat kovat ja laatutaso on oltava korkea. Lisäksi erityyppiset hyväksyntäprosessit voivat olla pitkäkestoisia, eritoten mahdollisten puutteiden vuoksi, koska hyväksyviä tahoja on useita. Tämä aiheuttaa riskejä toimitusaikataululle. Mahdollisista turvallisuusriskeistä ja suurista keskeytyskustannuksista johtuen tarkka laadunvalvonta ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessin aikana koskee koko tuotantoketjua suunnittelusta valmistuksen kautta asennukseen. Laadunvalvonnan ja koko ydinvoimalaitosprojektin tausta-ajatuksena onkin ”safety and quality have higher priority than costs and schedule”, eli turvallisuudella ja laadulla on suurempi merkitys kuin hinnalla ja aikataululla (Shoji, 2012, s.16). Korkealla laatutasolla pyritään maksimoimaan laitoksen turvallisuus ja koko prosessin aikaisella laadunvalvonnalla pyritään huomaamaan riskit sekä mahdolliset laatu-poikkeamat mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Tämä pienentää sekä urakoitsijoiden, laitostoimittajan että luvanhaltijan lopullisia kustannuksia.

Työssä pyritään tuomaan esille tarvittavia toimenpiteitä, jotta onnistuneet toimitukset ja urakointi ydinvoimalaitokselle olisivat mahdollisia ja aikataulu- sekä toimitusriskit ydinvoimalalle saataisiin mahdollisimman pieniksi. Lisäksi työssä käsitellään ydinvoimalaitok-

sen luvanhaltijalle asetettuja sekä luvanhaltijan antamia vaatimuksia rakennusprosessin aikana. Luvanhaltija on se taho, joka loppujen lopuksi kantaa vastuun ydinvoimaloiden toiminnasta ja niiden vaatimuksenmukaisuudesta. Suomessa valvovana viranomaisena toimii Säteilyturvakeskus, eli STUK, jonka kautta käytännössä kaikki ydinturvallisuuden kanssa tekemisissä olevat osa-alueet tulee hyväksyttää. Sisäisen laadunvalvonnan lisäksi alihankkijoihin liittyvää laadunvalvontaa hoitavat myös luvanhaltija ja laitostoimittaja. STUK voi myös käyttää esimerkiksi erilaisten menetelmäkokeiden ja muiden laadunvarmistustoimenpiteiden hyväksyntöihin hyväksymiään ulkopuolisia tarkastuslaitoksia.

Tämän diplomityön teettäjänä on Sweco PM (Project Management), joka on osa kansainvälistä Sweco-konsernia. Sweco PM työllistää tällä hetkellä noin 100 henkilöä ja sen liiketoimintafokuksena on projektinjohto-, rakennuttamis- ja asiantuntijapalveluiden tarjoaminen asiakkailleen. Sweco PM:n liikevaihto vuonna 2011 oli yhteensä noin 10 miljoonaa euroa. Sweco työllistää Suomessa yhteensä 1600 henkilöä ja se on yksi voimakkaimmin kasvavista asiantuntijayhtiöistä Suomessa. Kansainvälisesti Swecolla työskentelee yhteensä noin 7600 henkilöä ja koko konsernin liikevaihto on noin 760 miljoonaa euroa (2011). Sweco on vuonna 1889 perustettu ruotsalainen yritys ja se on listautunut Tukholman pörsssiin. Tällä hetkellä sillä on toimeksiantoja noin 80 eri maassa ja pysyvää henkilöstöä 12 eri maassa. (Sweco PM, 2012)

1.1 Työn tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Tämän työn tavoitteena on antaa yleiskuva viranomaistoiminnasta ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessin aikana sekä selvittää viranomaisten vaatimukset eri osa-alueille. Teoriaosana työssä on riskienhallinnan teoria ja saatuja tuloksia tarkastellaan riskienhallinnan teorian kautta. Työn tulisi helpottaa tiedonsaantia mahdollisista viranomaisvaatimuksista ja auttaa sekä alihankkijoita että laitostoimittajaa vähentämään riskejä ja väärinymmärryksiä eri toimituksiin liittyvillä osa-alueilla. Tähän diplomityöhön kerätyn materiaalin tulisi myös auttaa urakoitsijoita ja laitostoimittajaa saavuttamaan riittävä ymmärrys tarvittavasta laatu-
tasosta niin suunnittelussa, valmistuksessa, asennuksessa kuin dokumentoinnissakin. Lisäk-

si työssä annetaan käytännön vinkkejä onnistuneisiin toimituksiin. Työssä käsitellään asioita sekä kronologisessa rakentamisjärjestyksessä että aihealueittain. Työn tutkimuskysymyksiksi voi tavoitteiden pohjalta nostaa seuraavat kysymykset:

- Mitkä ovat tärkeimmät seikat ydinvoimalaitoksen rakentamisen aikaisessa viranomaistoiminnassa ja –vaatimuksissa?
- Kuinka viranomaisvaatimukseen voi varautua etukäteen ja kuinka vaatimukset tulee huomioida projektin aikana?
- Millaisia riskejä sisältyy ydinvoimalaitokseen liittyviin toimituksiin?
- Kuinka näihin riskeihin voi varautua?

1.2 Työn rakenne

Aluksi työssä luodaan lyhyt katsaus ydinvoiman historiaan Suomessa. Tällä pyritään antamaan pohjakuvaa siitä, mitkä seikat vaikuttavat Suomessa ydinvoimaloiden vaatimuksiin, turvallisuuskäytäntöihin sekä eri viranomaisten ja valtiovallan rooliin ydinvoimaloissa. Tämän jälkeen tarkastellaan ydinvoiman tämänhetkistä tilaa, tällä hetkellä Olkiluotoon rakenteilla olevaa voimalaitosta sekä kahta seuraavaa projektia, joihin eduskunta on hyväksynyt valtioneuvoston puoltavan periaatepäätöksen 1.7.2010 (Eduskunta, 2010). Tarkoituksena on selvittää OL3:n rakennusprosessin aikana esiin tulleita poikkeamia ja huomioita, jotta niitä vastaavia riskejä pystyttäisiin vähentämään tulevaisuudessa. Olkiluoto 3 toimiikin referenssiprojektina useissa diplomityön esimerkeissä. Tulevista projekteista tarkastellaan niiden tilaa ja tulevia toimenpiteitä ennen kuin projektit ovat valmiita.

Teoriaosana käsitellään riskienhallintaa sekä siihen liittyvää teoriaa. Riskienhallinnan teoriapohjan avulla työssä pyritään löytämään suurimmat riskit ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessissa sekä vertaamaan niitä viranomaisten vaatimuksiin rakentamisprosessin aikana. Lisäksi teoriaosassa tuodaan esille riskienhallinnan ensisijaiset toimintamenetelmät, riskien kuvaus sekä organisaation riskienhallintaperiaatteet. Teorian pohjana on projektei-

hin ja yritystoimintaan liittyvä riskienhallinta, joka soveltuu myös hyvin tämän työn tavoitteisiin.

Teoriaosan jälkeen työssä käsitellään eri viranomaistahoja ja niiden rooleja ydinvoimalan rakentamisprosessin aikana. Kyseisessä kappaleessa käsitellään myös valtiovallan vaikutukset sekä kansainväliset, Suomen viranomaistoimintaan vaikuttavat säädökset sekä sopimukset. Lisäksi pyritään tuomaan myös esille eri viranomaisten välistä vastuunjako ydinvoimalan rakentamisprosessin aikana.

Viranomaisten toimintaan liittyen työssä käsitellään eri lakeja ja vaatimuksia, joita ydinvoimalan rakentamisprosessiin kohdistuu. Tarkoituksena on tuoda esille koko rakentamisprosessin aikaiset vaatimukset eri vaativuustasoilla oleville rakenteille ja tuotteille. Tähän kuuluvat esimerkiksi vaatimukset erityyppisille tyyppihyväksynnöille, suunnittelulle, esivalmistelulle ja auditoinneille, prosessin aikaiselle dokumentaatiolle, valmistukselle, asennukselle sekä loppuhyväksynnöille. Tavoitteena on antaa työkaluja siihen, että toimitus- ja rakennusprojektit etenisivät sujuvasti viranomaisvaatimukset ja korkea laatutaso huomioon. Tässä vaiheessa työtä keskitytään enemmän kuitenkin vaatimusten kuin oikeiden toimien tarkasteluun. Käytetyt tiedot pohjautuvat pääasiassa STUKin YVL-ohjeisiin, joissa on kerrottu perusvaatimukset ydinvoimaloiden rakennusprosessin eri osa-alueille. Lisäksi työssä tuodaan osa-alueittain esiin myös esimerkkejä tämänhetkisen rakennusprojektin tuomista kokemuksista. Tavoitteena on tuoda esille valvovien viranomaisten ja muiden tahojen vaatimukset ja käytössä olevat standardit, lait ja asetukset ydinvoimalaitoksen rakennusprosessin aikana.

Tämän jälkeen työssä käsitellään viranomaisvaatimuksista esille nousseita tärkeitä ja yleisiä vaatimuksia sekä niihin tarvittavia ratkaisuja. Tähän tulevat työn tulokset sekä niistä tehtävät johtopäätökset. Johtopäätöksissä pyritään tuomaan esille vastaukset tutkimuskysymyksiin. Tulosten tarkastelu toteutetaan osaltaan riskienhallinnan avulla, sillä viranomaisten vaatimusten sekä esimerkkiprojektissa tapahtuneiden poikkeamien vuoksi vaatimukset on helppo tuoda riskeinä esille. Tavoitteena tässä kappaleessa on antaa ohjeita ydinvoima-

hankkeen onnistuneelle läpiviemiselle niin alihankkijoille kuin laitostoimittajallekin. Ohjeina toimivat havaittujen riskien minimoimiseksi tehtävät toimenpiteet, joilla riskejä pystytään vähentämään ydinvoimalaitokseen liittyvissä toimituksissa tai urakoinnissa. Tavoitteiden saavuttamiseksi tässä kappaleessa haastatellaan asiantuntijoita, joilla on kokemusta ydinvoimalaitoksen viranomaisprosessista ja sen tuomista vaatimuksista. Lisäksi kappaleessa kootaan työn tekemisen aikana esille tulleet tärkeät asiat sekä työhön liittyvät johtopäätökset yhteen. Tämän jälkeen työssä tehdään yhteenveto, jossa kuvataan työn onnistuminen sekä tehdyt vaiheet.

1.3 Työn raja

Tavoitteena työssä on keskittyä ydinvoimalaitoksen rakentamisen aikaiseen vaatimustasoon sekä valvontaan. Työssä on tarkoitus tuoda esille tarvittavaa tietoa ydinvoimalaitoksiin liittyvistä toimituksista sekä riskienhallinnasta ydinvoimalaitostoimituksissa. Teoriaosuus keskittyy nimenomaan tähän riskienhallinnan teoriaan. Työn näkökulmana on pyritty pitämään enemmän laitostoimittajan sekä alihankkijoiden näkökulmat, joille työn on tarkoitus selvittää mahdollisia riskejä sekä vaatimuksia. Tästä syystä työssä keskitytään enemmän rakentamiseen ja laitetoimituksiin liittyviin vaatimuksiin kuin ydintekniikkaan. Tähän vaikuttaa myös se, että primääripiiri ja siihen liittyvät tiedot ovat pääsääntöisesti laitostoimittajan hallussa ja STUK arvioi näiden ominaisuudet tapauskohtaisesti. Työn pohjana on käytetty yleisesti saatavilla olevaa materiaalia ja työn johtopäätökset on tehty tämän materiaalin pohjalta.

1.4 Ydinvoiman historia Suomessa

Suomessa on jo 1950-luvulta saakka ollut kiinnostusta ydinvoimaa kohtaan energiantuotantomuotona. Koska ydinvoimalla tuotetun sähkön kustannustehokkuus puolsi ydinvoimaloiden rakentamista, vuonna 1969 allekirjoitettiin sopimus neuvostoliittolaisten reaktoreiden hankkimisesta valtion omistamalle Imatran Voimalle, joka tällä hetkellä tunnetaan Fortum Oyj:nä. (Vuorisjärvi, 2008) Loviisan ensimmäinen ydinvoimayksikkö käynnistettiin vuon-

na 1977 (LO1) ja toinen 1980 (LO2). Loviisan yksiköihin painevesireaktorit ja muut pääkomponentit tilattiin Neuvostoliitosta, suojarakennus jäälahduttamiseen tehtiin Westinghousen lisenssillä ja esimerkiksi valvontajärjestelmän valmisti Nokia. Reaktorit ovat tyypiltään VVER-440, jossa luku 440 tarkoittaa nettosähkötehoa megawatteina. Fortumin mukaan Loviisan kotimaisuusaste oli noin 50 % ja projektissa on yhdistetty sekä itäistä että läntistä osaamista. (Fortum, 2012; Nokia, 2007)

Vuonna 1969 perustettiin Teollisuuden Voima, jonka tavoitteena on tuottaa sähköä omistajilleen omakustannushintaan. Päätös noin 600 MW:n ydinvoimalan rakentamisesta tehtiin vuonna 1970 ja tämän seurauksena Olkiluotoon Eurajoelle rakennettiin TVO:n, toimesta kaksi reaktoria. Olkiluoto 1 otettiin käyttöön 1978 ja Olkiluoto 2 1980. Laitosyksiköiden nettosähkötehot ovat tällä hetkellä noin 880 MW, ja reaktoriyksiköt TVO:lle toimitti ruotsalainen AB Asea Atom, joka tunnetaan nykyisin nimellä Westinghouse Electric Sweden AB. Reaktorit ovat tyypiltään kiehutusvesireaktoreita. (TVOa, TVOb)

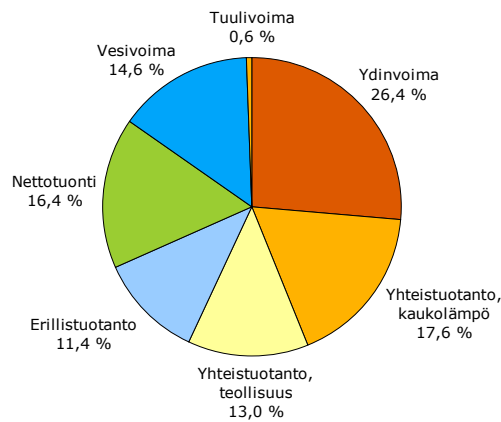
Rakentamisen jälkeen Suomen ydinvoimalaitoksia on huollettu ja modernisoitu siten, että kaikki laitokset vastaavat tämän päivän turvallisuus- sekä muita vaatimuksia. Hyvänä esimerkkinä tällaisesta päivityksestä on Loviisassa käynnissä oleva automaation päivityshanke, jossa analogiset järjestelmät vaihdetaan digitaalisiin. Tämä uudistus ”kattaa Loviisa 1:n ja Loviisa 2:n automaatiojärjestelmät mukaan lukien valvomot ja koulutussimulaattorin. Uudistusprojekti kestää vuoteen 2014.” (Fortum, s. 16) Kaikissa olemassa olevissa suomalaislaitoksissa on lisäksi päivitysten yhteydessä suoritettu hallittua tehonnostoa reaktoreissa sekä nettosähkötehon nostoa muita järjestelmiä parantamalla. Tästä esimerkkeinä toimivat sekä Loviisan kummankin reaktorin tehonnoston ansiosta nettosähkötehon nousu alkuperäisestä 440 MW:n lukemasta noin 10 % vuonna 1998 että viimeisimpänä TVO:n Olkiluodon kumpaankin laitokseen turbiinien parantamisella tekemät 20 MW:n tehonkorotukset vuonna 2010 ja 2011. (Fortum, 2012; Energiategollisuus Ry). STUK valvoo uudistuksia ja päivittää määräyksiä ydinvoimalaitoksen turvallisuuden ja muun kehittämisen edistämiseksi. STUKin valvonnan ja vaatimusten uusimisen perusteena on Valtioneuvoston sittemmin uusitun päätöksen mukainen ohje: ” Turvallisuuden edelleen parantamiseksi on toteutettava

sellaiset toimenpiteet, joita käyttökokemukset ja turvallisuustutkimukset sekä tieteen ja tekniikan kehittyminen huomioon ottaen voidaan pitää perusteltuina.” (VNp 395/1991, 27 §), jota STUK siteeraa esimerkiksi YVL-ohjeen 1.1 – osiossa ”Soveltamissäännöt”.

Viidennen ydinvoimalan tie Suomessa on ollut pitkä. Alun perin viides reaktori on ollut suunnitteilla jo 1970-luvulta saakka. Reaktorin rakennuslupaa odotettiin vuonna 1986, mutta Tshernobylin ydinonnettomuus muutti poliittisen ilmapiirin niin paljon negatiivisemmaksi ydinvoimaa kohtaan, että viidennestä reaktorista tehtiin tällöin kielteinen päätös. Seuraavan kerran viidennestä reaktorista äänestettiin laman keskellä vuonna 1993. Tällöin hanke kuitenkin kaatui äänin 107 - 90. Äänestyksessä hankkeen yhdeksi merkittäväksi kaatumissyiksi on yleisesti epäilty liian kovaa lobbausta erityisesti työmarkkinajärjestöjen sekä Perusvoiman osalta. Perusvoima oli jo vuonna 1986 perustettu IVO:n ja TVO:n yhteisyritys viidennen ydinvoimalan saamiseksi. Hanke tuli kuitenkin jälleen esille ja vuonna 2002 Suomen viides kaupalliseen käyttöön tuleva ydinreaktori sai valtioneuvostolta periaateluvan, jonka eduskunta hyväksyi. Luvanhaltijaksi tälle viidennelle ydinvoimalaitokselle tuli TVO ja sen sijoituspaikaksi tuli Olkiluoto. Tätä projektia käsitellään enemmän seuraavassa luvussa. (Hylkilä, 2003, s. 44 - 45; Sandberg, 2004, s. 20 - 21; Vuorisjärvi, 2008)

1.5 Ydinvoiman nykytilanne ja lähitulevaisuuden projektit Suomessa

Ydinvoimalla on tällä hetkellä merkittävä sija energiantuotantomuotona Suomessa. EU:n tiukentuvat hiilidioksidipäästövaatimukset ja päästökauppa ovat saaneet aikaan sen, että kiinnostus ydinvoimaa kohtaan on jälleen lisääntynyt. Hiilidioksidipäästöissä Suomi on sitoutunut vähentämään laskennallisia hiilidioksidipäästöjä 20 % vuoteen 2020 mennessä vuoden 1990 tasosta, mikä luo paineita käyttää enemmän hiilidioksidipäästöttömiä energiantuotantoratkaisuja. Tämän vuoksi esimerkiksi biopolttoaineet ja ydinvoima ovat olleet esillä päätöksenteossa viime aikoina. Suomen sähkönhankinnassa ydinvoiman osuus on tällä hetkellä yli neljännes, tarkemmat osuudet sähkön hankinnasta käyvät esille kuvasta 1.



Kuva 1. Sähkön hankinta Suomessa 2011 (84,4 TWh) (Energiateollisuus Ry, 2012, s. 5)

Lisäksi ydinvoiman lisärakentamista puoltaa kuvassa 1. esillä olevan sähkön nettotuonnin määrä. Esimerkkivuotena 2009 Suomeen tuotiin Venäjältä sähköä hieman alle 12 TWh (Energiateollisuus Ry, 2012, s. 11). Samana vuonna Venäjällä tuotetusta sähköstä ydinsähkön osuus oli 18,4 %, joten Venäjältä on siis laskennallisesti tuotu 2009 noin 2,2 TWh ydinsähköä Suomeen (Finpro, 2010, s. 27). Julkisuudessa ja politiikassa ydinvoiman lisärakentamista onkin osaltaan perusteltu juuri Venäjältä tulevan ydinsähkön nettotuonnin vähentämisellä. Koska ydinvoimalaitoksen rakentaminen ja käyttöönotto lupaproseduureineen on pitkä prosessi, alkaa myös Loviisan ydinvoimaloiden käyttöluopien umpeutuminen vuonna 2027 ja 2030 tuoda lisäpainetta ydinvoiman lisärakentamiseen.

Periaatelupahakemuksen uusista laitoksista jätti kolme toimijaa vuosina 2008 ja 2009; vanhat ydinlaitosten luvan haltijat TVO ja Fortum sekä uusi toimija, Fennovoima Oy. Fortumin hakemuksessa uusi yksikkö olisi tullut Loviisaan, TVO:n hakemuksessa Olkiluotoon ja Fennovoimalla oli vielä lopullinen sijoituspaikka voimalaitokselle avoinna. Eduskunta myönsi periaateluvan valtioneuvoston periaatepäätöksen mukaisesti 1.7.2010 kahdelle toimijalle, eli TVO:lle ja Fennovoimalle. Fennovoiman luvassa keskustelua herätti se, että ydinjätteen loppusijoitukselle ei vielä ollut selkeää suunnitelmaa. (Eduskunta, 2010)

1.5.1 TVO:n Olkiluoto 3 –projekti

Jo aikaisemmin tässä työssä mainittu, TVO:n omistama, Suomen viides kaupalliseen käyttöön tarkoitettu ydinreaktori tulee Eurajoen Olkiluotoon. Rakennusprojekti on aloitettu vuonna 2005 ja pääurakan rakentamisesta sai ranskalais-saksalainen Areva NP:n ja Siemens AG:n konsortio. Arevan ja Siemensin vastuulla on kaikki rakentaminen pois lukien louhintatyöt ja osa tukitoiminnoista. Lupaprosesseista vastaa pääasiallisesti luvanhaltija eli TVO. Valmistuessaan reaktorin nettosähköteho tulee olemaan noin 1600 MW kokonaisyhötysuhteella 37 %, mikä tarkoittaa sitä, että se tulee olemaan yksi maailman tehokkaimista ydinreaktoreista, ellei jopa tehokkain. Laitoksen tyyppi on EPR eli eurooppalainen painevesireaktori. (TVO c)

Turvallisuuteen on tässä uudessa laitoksessa kiinnitetty paljon huomiota. STUKin verkkosivujen mukaan ”Uudelle ydinvoimalaitokselle on asetettu yleiseksi turvallisuustavoitteeksi, että sen aiheuttamat riskit ympäristön väestölle ovat olennaisesti vähäisemmät kuin ne riskit, jotka aiheutuvat nykyisin käytössä olevista laitoksista.” (STUK, 2010) Tämä on nostanut vaatimustasoa turvallisuuspuolella sekä laitostoimittajalla että luvanhaltijalla. Tästäkin laitoksessa on sovellettu rinnakkais-, erottelu- ja erilaisuusperiaatteita, joilla varmistetaan tärkeimpien turvallisuusjärjestelmien toimivuus. Näiden periaatteiden mukaisesti järjestelmien on toimittava yksittäisen laitteen tai järjestelmän osan vikaantuessa. Lisäksi järjestelmien rinnakkaiset osat eivät saa vikaantua samasta ulkoisesta syystä ja rinnakkaisten järjestelmien toimintaperiaatteiden tulee olla mahdollisimman erilaisia. Suurimpina turvallisuusparannuksia käytössä oleviin laitoksiin verrattuna OL3:ssa ovat sulaneen reaktorisydämen sieppausjärjestelmä sekä lentokoneen törmäyksen kestävä reaktorirakennuksen ulkokuori. Sulaneen reaktorisydämen sieppausjärjestelmästä reaktorin paineastian läpi tullut sydänsula kulkeutuu erityiselle jäähdytysalueelle, jossa se saadaan jähmeään tilaan paremmin hallittavaksi. Tällainen reaktorisydämen sulamisonnettomuus on kuitenkin erittäin epätodennäköinen. (TVO c; VNp 1991/395, 18 §)

Olkiluodon kolmas ydinvoimalaitos on kuitenkin ollut haastava projekti. Alkuperäisen aikataulun mukaan reaktorin olisi pitänyt olla käytössä jo vuoden 2009 aikana, mutta erityyppiset viivästymiset ovat varjostaneet OL3:n rakennusprojektia. Projektin aikana tulleet viivästymiset ja merkittävät poikkeamat, vaikutus valmistumisajankohtaan ja niiden syyt on kerätty havainnollistamisen helpottamiseksi taulukkoon 1. Taulukon avulla on tarkoitus tuoda esille eri työvaiheiden laatu- ja muut poikkeamat sekä niiden vaikutus aikatauluun.

Taulukko 1. OL3:n viivästyminen ja siihen johtaneet syyt (TVO d)

Ilmoitusaika	Uusi valmistumisaika	Syy
1/2006	2009	Reaktorirakennus & suuret komponentit myöhässä johtuen viiveistä suunnittelussa & poikkeamista valmistuksessa
2/2006	2009	Betonintuotannossa laatu poikkeamia, betoniaseman työt pysäytetty selvityksen ajaksi
4/2006	2009	Myöhässä 8-9 kk, syyt mainittu edellä
7/2006	2010	Yksityiskohtaisten piirustusten viivästyminen, betoniaseman pysäytys
12/2006	2010-2011	Rakennustöiden arvioitua pidempi kesto
3/2007	2010-2011	Pääkiertoputkistojen uudelleenvalu
8/2007	2010-2011	Turvallisuusvaatimusten huomioon ottaminen rakentamisessa
9/2007	2010-2011	Suojarakennuksen teräsvuorauksen sauman korjaustyö
6/2009	2010-2011	Hitsausvirheitä pääkiertoputkissa, päivitys lujuuslaskuihin
10/2010	2013	Rakennustöiden arvioitua pidempi kesto, viivästyminen automaatiojärjestelmän suunnittelussa
10/2011	2014	Lisäviive automaatiojärjestelmän suunnittelussa, reaktorijärjestelmän sähköjärjestelmien & putkistojen asennuksen odotettua pidempi kesto

Taulukon 1 tiedot on kerätty TVO:n rakennusprojektin aikana ilmestyneistä arkistojulkaisuista. Kuten taulukosta huomataan, on rakennustöiden kesto ollut monelta osin arvioitua pidempi. Lisäksi suunnitelmien myöhästyminen ja poikkeamat laadussa tai laadunvarmistuksessa ovat johtaneet viivästyksiin. Suunnitelmien keskeneräisyys töiden alkaessa on vaikuttanut suuresti OL 3 –projektin koko aikatauluun ja sitä kautta myös kustannuksiin.

Olkiluoto 3 - rakennusprojektin alkuvaiheessa STUK antoi sekä luvanhaltijalle että laitostoimittajalle huomautuksen myös turvallisuuskulttuuriin liittyvistä puutteista. Suomalaiseen ydinvoimarakentamiseen liittyvän turvallisuuskulttuurin korkean vaatimustason huomioon ottamisen puute on ollut yksi merkittävimpiä seikkoja, joka on vaikuttanut Areva-Siemens – konsortion puolelta projektin viivästymiseen. Turvallisuuskulttuurin puutteen tiedettiin vaikuttavan myös aikatauluun; STUK totesi jo vuonna 2006 raportissaan, että ”Havaitut ongelmat ovat haitanneet hankkeen hallittua etenemistä ja mahdollisesti lisännet hankkeen myöhempiin vaiheisiin kohdistuvia aikataulupaineita.” (2006 a, s. 3) Tämän huomion sisältö on tullut projektin edetessä valitettavan todeksi, kuten esimerkiksi taulukosta 1 voi päätellä. Kyseistä STUKin raporttia tullaan käyttämään referenssinä ja esimerkkinä myös seuraavissa kappaleissa. Projektissa on kuitenkin monta muutakin seikkaa, jotka ovat vaikuttaneet negatiivisesti aikatauluun. Projektin aikatauluun on vaikuttanut esimerkiksi se, että Euroopassa ei ole pitkään aikaan ollut vastaavatyypistä ydinvoimalaitoksen rakennusprojektia. Lisäksi OL3 on tämän EPR-laitostyyppin pilottilaitos, sekä Arevan ensimmäinen projekti, jossa sen vastuualueeseen kuuluu koko reaktorirakennuksen toimitus, ei pelkästään ydintekniset osat. Näistä syistä johtuen kokeneen henkilökunnan saatavuus laitostoimittajalla on huonompi, mikä on varmasti vaikuttanut aikataulun lisäksi myös laatuun. Tämän diplomityön tekemisen aikana selvisi, että OL3 tulee myöhästymään vielä lisää. Tällä hetkellä valmistumisajankohdasta ilmoitetaan vain, että laitos ei tule olemaan valmis sähkön tuotantoon vielä vuonna 2014. Syitä viivästymiseen ovat odotettua hitaammat asennustyöt sekä edelleen vaivaava automaation suunnittelun viivästyminen. (Nevalainen, Välikangas & Nissinen, 2012; TVO e)

Vaikka Olkiluoto 3:n rakennusprojekti on ollut haastava ja siinä on ilmennyt poikkeamia, on vaiheet voitu tehdä kuitenkin turvallisesti ja lopullisesta laadusta tinkimättä. Tästä johtuen OL3 on erinomainen esimerkkiprojekti tämän diplomityön tavoitteisiin liittyen. Olkiluoto 3:sta saatujen kokemusten ja esimerkkien perusteella seuraavat kaksi uutta ydinvoimalaa pystytään toivottavasti rakentamaan ilman vastaavanlaisia aikataulun viivästyksiä, eivätkä tämän projektin aikana toteutuneet riskit enää uusiudu.

1.5.2 Fennovoiman Hanhikivi 1 – projekti

Toisen uuden laitoksen periaateluvan sai tällä alalla uusi toimija, Fennovoima. Fennovoiman tavoitteena on Mankala-periaatteen mukaisesti tuottaa omakustannehintaista sähköä omistajilleen. Uutena yrityksenä alalle tulo aiheuttaa Fennovoimalle tiettyjä haasteita sekä rakennusprosessin että ydinvoimalaitoksen käytön aikana. STUK edellyttää, että Fennovoimalla on riittävä määrä resursseja sekä riittävän toimiva laadunhallintaorganisaatio jo rakennusprosessin alussa. Suomen rajalliset resurssit ydinvoimapuolen osaajista ovat eräs pullonkauloista tässä tavoitteessa. Fennovoima on kuitenkin sitoutunut rekrytoimaan ja kouluttamaan henkilöstöä vaadittavalla tavalla. Lisäksi Fennovoimalla on käytettävissään osaomistaja E.ON:in ydinvoimaosaaminen, mikä osaltaan helpottaa osaajapulaa. (STUK, 2009 a)

Fennovoiman laitoksen sijoituspaikaksi valikoitui Pohjois-Pohjanmaan Pyhäjoella sijaitseva Hanhikivi. Mahdollisia reaktorityyppejä on ollut periaatelupahakemuksen aikana kolme, joista vaihtoehdot on sittemmin karsittu kahteen. Tällä hetkellä kilpailussa ovat mukana Toshiba-Westinghousen toimittama ABWR (Advanced Boiling Water Reactor) - kiehutusvesireaktori, jonka sähköteho on noin 1600 MWe, ja Arevan toimittama EPR-tyyppinen painevesireaktori, teholtaan noin 1700 MWe. Arevan toimittama reaktori on perustyyppiltään vastaava kuin tällä hetkellä rakenteilla oleva OL3:n reaktori. Kummassakin reaktorityypissä on pitänyt ottaa huomioon Suomen tämänhetkiset turvallisuusmääräykset sekä Fennovoiman vaatimuksesta mahdollisuus käyttää voimalaitosta myös kaukolämmön tuotantoon. Kummankin reaktorityypin suunnitelmat ovat kohtuullisen valmiit, mikä helpottaa ja nopeuttaa projektin valmistumista. (Fennovoima; STUK, 2009 b)

Fennovoima on sitoutunut valitsemaan lopullisen urakoitsijan hankkeelle vuosina 2012 - 2013. Tavoiteaikataulu projektille on, että sähköntuotanto voisi alkaa vuonna 2020. Tarkempi kuvaus projektin aikataulusta on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Hanhikivi 1 – projektin tavoiteaikataulu (Kallio, 2012)

Varsinainen rakennusprosessi on ajettavissa seuraaviin osa-alueisiin: laitospaikan valmistelu, louhinta ja maanrakennus, tuki- ja apurakennukset, voimalaitosrakentaminen sekä käyttöönotto. Projektissa ollaan tällä hetkellä tekemässä tarvittavaa esiselvitystyötä, tutkimuksia sekä oheis- ja tukitoimintoja Hanhikiven alueella. Lopullinen aikataulu on myös riippuvainen laitostoimittajasta, joten se tulee vielä tarkentumaan laitostoimittajavalinnan yhteydessä. (Kallio, 2012)

1.5.3 TVO:n Olkiluoto 4 – projekti

TVO:n neljäs ydinreaktori rakennetaan Eurajoen Olkiluotoon, missä sijaitsevat myös yhtiön kaksi käytössä olevaa ja yksi rakenteilla oleva reaktori. Olkiluoto oli sijoituspaikkana helppo, koska sinne on jo sijoitettu iso osa tarvittavia aputoimia sekä infrastruktuuria ydinvoimalaitokselle, sekä alue oli jo kaavoitettuna ydinvoiman tuotannolle. Tavoitteena on aloittaa sähkön tuotanto uudella reaktorilla 2010-luvun lopulla. TVO:lla on tässä projektissa lisäksi etuna valmiit käytetyn polttoaineen loppusijoitussuunnitelmat sekä tällä hetkellä OL3:n rakennusprojektissa työskentelevä kokenut henkilöstö. Yritys pystyy myös käyttämään OL4:ssä hyödyksi muita OL3-projektista saatuja oppeja. Laitoksen elinkaari rakentamisprosessineen on soveltuvalta osin vastaava kuin Fennovoiman projektissa, tosin erityyppisten analyysien määrä laitospaikasta on pienempi, koska Olkiluodossa on tehty tarvittavia ympäristöön liittyviä tutkimuksia jo 1970-luvulta asti.

TVO ei ole vielä ratkaissut laitostoimittajaa kohteelle. Periaatelupavaiheessa käsittelyssä olleita laitostoimittajia oli viisi. Periaatevaiheen laitostoimittajat reaktorityyppineen on esitetty taulukossa 2. Kaikki nämä laitostoimittajat ovat mukana myös hankkeen tarjouskilpailussa. (TVO, 2012; STUK, 2009 c, s. 4 – 7)

Taulukko 2. Laitostoimittajat OL4-projektiin periaatelupavaiheessa (STUK, 2009 d, s. 3)

Laitos	Toimittaja	Tyyppi	Lämpöteho	Sähköteho
ABWR	Toshiba-Westinghouse	Kiehutusvesireaktori	4300 MWt	n. 1600 MWe
ESBWR	GE-Hitachi	Kiehutusvesireaktori	4500 MWt	n. 1600 MWe
APR1400	Korean Hydro & Nuclear Power	Painevesireaktori	4000 MWt	n. 1400 MWe
EU-APWR	Mitsubishi Heavy Industry	Painevesireaktori	4450 MWt	n. 1700 MWe
EPR	Areva	Painevesireaktori	4590 MWt	n. 1700 MWe

2. RISKIENHALLINTA

Tässä kappaleessa käsitellään riskienhallinnan teoriaa ja sitä, millaisen pohjan riskienhallinnan teoria antaa tässä työssä tehtävälle tutkimukselle viranomaisvaatimuksista. Riskienhallinnan käsittelyssä on keskitytty pääsääntöisesti projektitoimintaan liittyvään riskienhallintaan, sekä soveltuvin osin yritystoimintaan liittyvään riskienhallintaan. Näitä kahta teoriapohjaa yhdistämällä saadaan kattava kuvaus riskienhallinnasta sekä siihen liittyvästä toiminnasta. Tiedostamaton ja tiedostettu riskienhallinta on osana käytännössä kaikessa liiketoiminnassa. Riskienhallinnan avulla pyritään tuomaan esiin sellaiset asiat, mitkä voivat vaikuttaa negatiivisesti aiottujen toimien onnistumiseen, miten toimia riskien toteutuksessa ja kuinka ne pystytään arvioimaan ennalta ja välttämään. Riskienhallintaa joudutaan soveltamaan monella eri alalla, minkä vuoksi tästä löytyy monia tarkkoja, mutta pelkästään yhteisen alaan liittyviä sovelluksia. Riskienhallinta on myös erittäin olennainen osa koko ydinvoimalaitoksen turvallisuutta ja siihen liittyviä toimintoja. Tämän vuoksi erityyppiset riskianalyysit sekä niiden pohjalta toteutettava riskienhallinta kuuluvat myös monen ydinvoimalaitoskomponentin suunnitteluvaiheisiin.

2.1 Riskienhallinnan teoriaa

Riskienhallintaa on tutkittu eri aloihin liittyen jo pitkään. Erilaisten riskien ja niiden välttämisen vuoksi on markkinoilla monia erilaisia yrityksiä, jotka tarjoavat erityyppisiä riskienhallinnan palveluita aina vakuuttamisesta konsultointiin. Riskienhallinta on jo viety ohjeellisenä myös kansainväliselle standarditasolle. Standardit ISO 31000:2009 Risk management – Principles and guidelines sekä ISO 31010:2009 Risk management – Risk assessment techniques kuvaavat yleisellä tasolla riskienhallinnan vaatimuksia ja toimenpiteitä eri yrityksille. Projektinhallinnan puolella riskienhallintaa on käsitelty osana projektienhallinnan kirjallisuutta ja riskienhallinta liittyy olennaisena osana nykypäivän projektitoimintaan. (SFS)

2.1.1 Riskin ja riskienhallinnan määritelmä

Kirjallisuudessa riskiä terminä on määritelty monella eri tavalla. Koska riskin voi ymmärtää erityyppisenä lähtötiedoista tai kokemuksesta riippuen, on yksittäistä selitystä hankala antaa. Grose kuvailee kuitenkin kattavasti riskiä seuraavalla tavalla: ”riski sisältää vaarat, uhkat, mahdollisuudet menetyksiin, asteen tai todennäköisyyden tietyille menetykselle altistumiselle, kuten myös alltiuden loukkaantumisille, vahingoille, menetyksille tai kivulle.” (1987, s. 24). Riskiin ja sen kokemiseen liittyvät myös Juvosen et al. mielestä ”tapahtumaan liittyvä epävarmuus, tapahtumaan liittyvät odotukset sekä tapahtuman laajuus ja vakavuus.” (2005, s. 7).

Riskienhallinta on Juvosen et al. mukaan ”riskien tunnistamista ja arvioimista, päätösten tekemistä sekä päätösten toimeenpanoa.” (2005, s. 18) Tavoitteena on siis etukäteen tunnistaa riskit, poistaa niitä tai pyrkiä varautumaan niihin ja niiden seurauksiin. Kerznerin mukaan riskienhallintaan liittyy myös ”riskienhallintastrategioiden kehittäminen ja riskien seuranta muutosten havaitsemiseksi” (2006, s. 711). Riskienhallinnasta yrityksissä on tehty erityyppisiä prosessikuvauksia, joiden perusteita käsitellään seuraavissa kappaleissa. Yrityksen riskienhallintaa on Suominen kuvannut seuraavasti: ”Riskienhallinta on liikkeenjohdollinen prosessi, jonka avulla yritys pyrkii minimoimaan riskeistä aiheutuvat menetykset ja toimimaan mahdollisimman edullisesti.” (2003, s. 9) Riskienhallinnan tulee siis olla osana yrityksen johtamista, joten sen integrointi esimerkiksi johtamisjärjestelmään tai muuhun toiminnanohjaukseen on suositeltavaa. Tällöin riskienhallinnasta on mahdollista saada hyvä ja toistettava toimintatapa osana koko yrityksen toimintakulttuuria ja riskienhallinta on osana sekä yrityksen ulkoisissa kuin sisäisissäkin projekteissa. Riskienhallinnasta koituu lähes aina kustannuksia, kuten toteutuneista riskeistäkin. Tästä syystä erityyppisiä riskejä ja niihin varautumista tulee miettiä tarkasti ja pyrkiä löytämään kokonaistaloudellisin vaihtoehto. Tästä ja yleisestä kokemuksesta johtuen jokaisella yrityksellä saattaa olla hyvinkin erilainen tapa suhtautua erityyppisiin riskeihin. Erilaisia riskienhallintastrategioita on tuotu esille kuvassa 3.

Vahva rh-strategia	Rh-strategia taka-alalla	
Monipuolinen, harkittu strategia	Vakuutus- painotteinen siirtostrategia	Korkea riskien- hallinnan aste
Riskitietoinen strategia	Tuuristrategia	Alhainen riskien- hallinnan aste

Kuva 3. Riskienhallinnan strategiat (Suominen, 2003, s. 15)

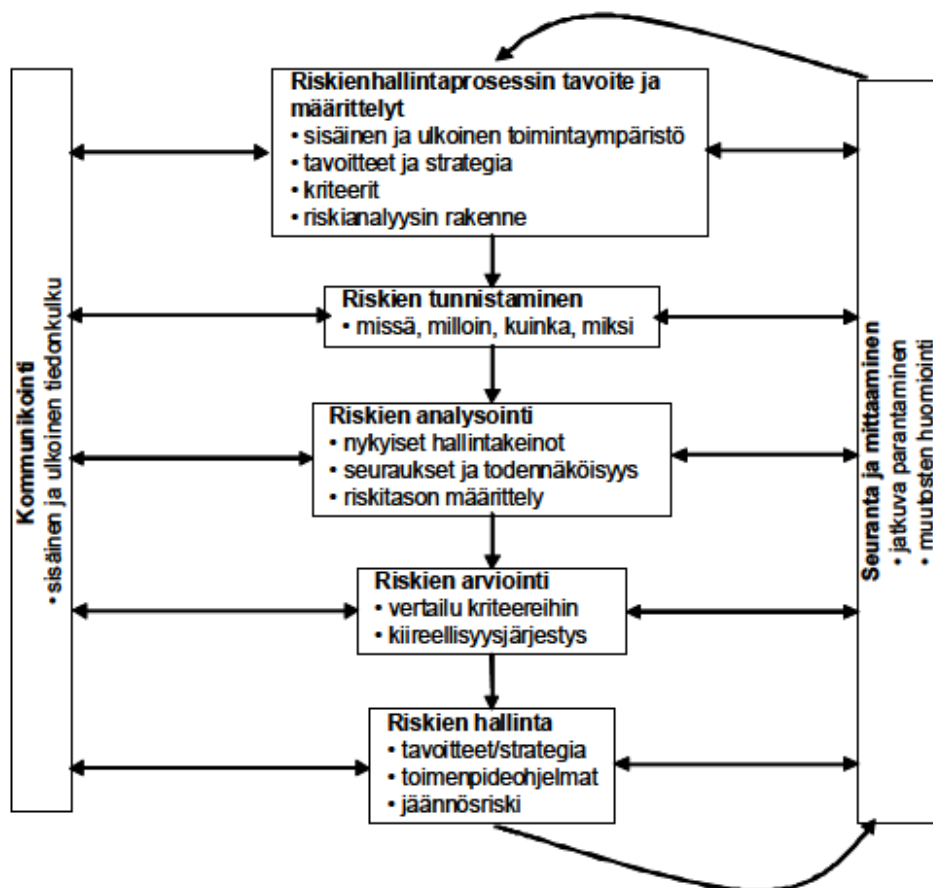
Kuvan 3 riskienhallintastrategiat ovat myös toimivat yksittäisten projektien kohdalla. Riskienhallinta yrityksessä voidaan jakaa edelleen sekä strategiseen että operatiiviseen riskienhallintaan. Strategisessa riskienhallinnassa pyritään luomaan perusteet ja tarvittavat järjestelmät riskienhallinnalle. Osana strategista riskienhallintaa voi olla esimerkiksi riskien tarkastelu hallitustasolla yrityksessä. Operatiivisessa riskienhallinnassa taas toteutetaan hallintaan tarvittavat toimenpiteet esimerkiksi ennalta määrättyjen ohjeistusten perusteella. Kumpikin riskienhallinnan osuus tarvitsee aika-ajoin päivittämistä sekä toimivuuden analysointia. Tällöin yrityksissä riskienhallinta lähtee useimmiten hallitustasolta ja sitä toteutetaan myöhemmin projektitoiminnassa hallituksen ja johdon suuntaviivojen mukaisesti. (Kupi et al, 2009, s. 39 – 40)

2.1.2 Riskien tunnistaminen ja analysointi

Riskien jako voidaan perustasolla tehdä vakuutuskelpoisiin sekä vakuutuskelvottomiin riskeihin. Vakuutuskelpoisia riskejä voidaan kuvata myös staattisiksi riskeiksi tai vahinkoris-

keiksi. Vakuutuskelvottomat riskit taas voidaan kuvata dynaamisiksi riskeiksi tai liikeris-keiksi. Riskityypit voidaan myös jakaa puuttumattomiin riskeihin, riskeihin, joihin on va-rauduttu tai riskeihin, jotka on poistettu. (Juvonen et al., 2005, s. 16 – 17)

Riskienhallintaa on pyritty kuvaamaan alaan liittyvässä kirjallisuudessa erityyppisinä pro- sesseina. Prosessien kuvaukset ovat usein hyvin samantyyppisiä ja niissä toistuvat samat perusasiat. Kuvassa 4. on riskienhallintastandardeista koostettu prosessimäärittely riskien- hallinnasta yrityksessä.



Kuva 4. Riskienhallintaprosessin malli koostettuna standardien mukaan (Kupi et al., 2009, s. 17)

Riskien ja niiden alkulähteiden tunnistaminen on yksi merkittävimpiä seikkoja riskinhallin- taprosessissa. Riskien alkulähteitä ovat Juvosen et al. mukaan ”kontrollin puute, tiedon

puute sekä ajan puute”(2005, s. 25). Tiedostavassa organisaatiossa riskejä pyritään tuomaan esille ja ottamaan huomioon jo mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Vaihtoehtoina riskien esille tuomisessa, käsittelyssä ja visualisoinnissa ovat esimerkiksi erityyppiset riskitaulukot, -kartat tai mind mapit. Riskintunnistukseen on kehitetty myös erityyppisiä menetelmiä, joiden perusteita on kerätty taulukkoon 3.

Taulukko 3. Riskintunnistuksen menetelmiä (Kiiras et al., 2011, s. 30)

Tunnistusmenetelmä	Menetelmän kuvaus
Case Based Reasoning (CBR) (Leake & Plaza 1997)	Case-based reasoning (CBR) on 1980-luvulla yleistynyt menetelmä ongelmien ratkaisemiseksi (tässä tapauksessa riskien tunnistamiseksi) käyttäen kokemuksia aikaisempien ongelmien ratkaisemisesta niiden keskinäiseen analogiaan nojaten. Aihealan kirjallisuudessa väitetään jopa että ihmisen päivittäinen päättely perustuu henkilökohtaisiin kokemuksiin aikaisemmista tapahtumista (cognitologia).
Risk breakdown structure (RBS) (Hillson 2002)	Risk breakdown structure (RBS) voitaisiin kääntää "riskin ja sen syiden hierarkiaksi". RBS kuvaa riskin ja sen syyt niin, että esimerkiksi eri organisaatiotasojen vaikutus osoitetaan. Tämänkaltainen esitys havainnollistaa riskien syiden selvittämistä ja siten koko riskien hallintaa.
Aivoriihi (Chapman & Ward 2003)	Aivoriihimenetelmää käytetään usean tahon asiantuntijuuden ja kokemuksen yhdistämiseen. Tavoitteena on luoda avoin, luova keskusteluilmapiiri, jossa erityyppiset tahot (esim. projektinjohtaja, suunnittelijat, käyttäjät, lakimiehet ja rahoittajat) tuovat esiin projektin ongelmia ja mahdollisuuksia.
Tarkistuslistat (Peltonen & Kiiras 1998) (Flanagan & Norman)	Tarkistuslistaan kootaan riskit, jotka on tunnistettu analyysien, vastaavien hankkeiden, aikaisemman kokemuksen, aivoriihien ja asiantuntija-arvioiden avulla. Tarkistuslista on nimensä mukaisesti muistilista, jota voi käyttää riskintunnistuksen täydentyvänä kehikkona. Tarkistuslistoihin voidaan sisällyttää myös toimenpide-ehdotukset riskin torjumiseksi. Ei sovi ainoaksi tunnistusmenetelmäksi.
Skenaarioanalyysi (Ringland 2006)	Asiantuntijat kehittävät yhdessä tai erikseen joukon ennusteita, joista kukin perustuu erilaiseen näkemykseen epävarmojen tapahtumien seurauksista. Skenaariota vertaamalla pyritään selvittämään tärkeimpiä epävarmuuksia ja varautumaan erilaisiin seurauksiin.

Riskien analysoinnissa käytetään usein kahta muuttujaa. Toinen muuttuja on riskin yleisyys ja toinen sen vakavuus. Näiden muuttujien perusteella pystytään tekemään kustakin riskistä arvio, jolla riskin suuruus saadaan selville. Riskiarvion pohjalta pystytään keskittämään

voimavarat tehokkaammin useammin toistuviin ja kohtalokkaampiin riskeihin. Taulukossa 4. on esimerkki tällaisesta riskiarviosta.

Taulukko 4. Riskin vaikuttavuuden arviointitaulukko (Vuori et al., 1999 – 2000, s. 11)

Tapahtuman todennäköisyys	Tapahtuman seuraukset		
	Vähäiset	Haitalliset	Vakavat
Epätodennäköinen	1. Merkityksetön riski	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski
Mahdollinen	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski
Todennäköinen	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski	5. Sietämätön riski

Riskien analysointiin ja arviointiin on muitakin menetelmiä. Tapauksesta riippuen menetelmät voivat olla joko kvantitatiivisia tai kvalitatiivisia. Tähän vaikuttavat sekä saatavat tiedot että tarvittavat resurssit. Taulukossa 5. on kuvattu erityyppisiä arviointimenetelmiä sekä niiden toimivuutta.

Taulukko 5. Riskien arviointimenetelmiä (Kiiras et al., 2011, s. 32)

Arviointimenetelmä	Menetelmän kuvaus
Aivoriihi (Lichtenberg 2000)	Menetelmää käytetään riskien tunnistuksen lisäksi riskien arviointiin ja vastatoimien ideointiin. Arviointi- ja vastatoimivaiheessa käytettävä asiantuntijajoukko voi olla hieman alkuperäistä tunnistusjoukkoa suppeampi.
Delfi-tekniikka (Esim. Merna & Al-Thani 2008)	Menetelmä on suunniteltu ennusteiden laatimiseen usean asiantuntijan arvioon perustuen, mutta välttämättä ryhmäpainetta. Asiantuntijat antavat arvionsa (esim. riskien seuraukset ja todennäköisyys) erillään toisistaan, tulokset kootaan yhteen ja niistä lasketaan keskiarvot.
Monte Carlo -simulointi (Esim. Shuyler J. 2001)	Simulaatiomenetelmiä käytetään erityisesti suuren epävarmuuden omaavissa tilanteissa hahmottamaan lopputulemien kirjoja. Monte Carlo -simulaatio poimii epävarman muuttujan (esim. kustannus tai aikataulu) satunnaisarvoja normaalijakauman mukaisesti käyttäjän syöttämältä realististen tulemien vaihtelualueelta. Simulaation tulos on lukuisten satunnaisten vaihtoehtojen jakauma, jonka moodia voidaan näin pitää todennäköisimpänä tulemana.
Sumea logiikka (Esim. Gil-Aluja 2004)	Menetelmä käsittelee epävarmuutta matemaattisesti, mutta käyttämättä tilastoteoriaa. Sumean logiikan mukainen simulointi osoittaa esimerkiksi kustannus- tai aikataulumuuttujan satunnaisten vaihtoehtojen keskiarvon poimimalla vaihtoehtot käyttäjän syöttämästä vaihtoehtokentästä "sumeasti" eikä nojaamalla jakaumien mukaisiin todennäköisyyksiin.

2.1.3 Riskienhallinnan toimenpiteet

Kun riskit on tiedostettu ja niiden vakavuus ja merkitykset on saatu selville, tulee valittuja riskejä tai niiden seurauksia vähentää. Kirjallisuudessa on käyty läpi erilaisia reagointikeinoja tunnistetuille riskeille. Esimerkiksi Kaye on listannut riskienhallinnan toimenpiteet todetuille riskeille seuraavasti:

- ”Hyväksy riski ja seuraukset
- Pienennä riski siedettävälle tasolle
- Pienennä potentiaalinen vaikutus siedettävälle tasolle
- Siirrä riski kolmannelle osapuolelle

- Valmistelee taloudelliset suunnitelmat mahdollistamaan kustannusten rahoitus
- Valmistelee huolellisesti, jotta organisaation voimavarat ja resurssit voidaan käyttää hoitamaan tapahtuma ja myös pitämään tapahtuma hyväksyttävällä tasolla” (2008, s. 2)

Projekteihin kohdistuvassa riskienhallinnassa Kerzner toteaa, että riskienhallinnassa tulee huomioida myös mahdollisimman aikainen varoituskonkaniemi toteutuville riskeille sekä riskien toteutumisen jälkeen systeemi tulee palauttaa normaalitilaan (2006, s. 758). Tällaisilla toimilla pystytään luomaan sellainen toimintaympäristö, jossa olemassa olevat riskit tai niiden seuraukset ovat riittävän matalat. Riskit kuuluvat kuitenkin yritystoimintaan olennaisena osana ja ne ovat hyvä kannustin tekemään työ ja sen esivalmistelut riittävällä huolella.

2.2 Yleistä viranomaistoiminnasta ja riskienhallinnasta ydinvoimalaitosprojektissa

Viranomaistoiminta ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessin aikana on osa koko laitosta koskevaa riskienhallintaa, sillä viranomaisten tekemä valvontatyö ja asettamat vaatimukset perustuvat koko laitoksen rakentamisen ja käytön riskien minimoimiseen. Myös luvanhaltijan valvonta tähtää samaan lopputulokseen. Viranomaistoiminnan tuomia vaatimuksia luvanhaltijalle, laitostoimittajalle sekä alihankkijoille taas on Suomessa pyritty lieventämään mahdollisimman selkeillä ja monipuolisilla viranomaisohjeilla, jotta tarvittavat toimet projektin läpiviemiseksi tulisivat mahdollisimman hyvin esille. Tämä ei ole kuitenkaan aina riittänyt, ja viranomaistoimintaa on esimerkiksi OL 3 – projektissa laitostoimittajan puolesta kritisoitu yhdeksi syyksi laitoksen viivästymiseen. Vaatimukset ovat kuitenkin olleet jo etukäteen tiedossa, joten projektin viivästymiseen liittyvät riskit ovat siten olleet jossain muualla. Mitä ilmeisimmin Arevalla on siten toteutunut Suomessa kulttuuri- tai maariski, koska se ei ole osannut varautua riittävän hyvin suomalaisten viranomaisten tinkimättömyyteen laatuasioissa. Viranomaisten vaatimukset ja muut ydinvoima-alaan liittyvät erikoisuudet tuovat kuitenkin monelle yritykselle lisää vaatimuksia ja huomioitavaa sekä sitä

kautta lisää mahdollisia riskejä ydinvoimalaitokseen liittyvissä toimituksissa. Lisäksi suomalaisilla yrityksillä voi olla rajoittuneiden kokemusten vuoksi yhteistyöhön, sopimuksiin ja muihin käytäntöihin liittyviä riskejä suurten kansainvälisten yritysten kanssa toimiessa. (TVO d)

Ydinvoimalaitoksen rakentamisprojektiin liittyvässä toiminnassa vaatimusten ja niistä aiheutuvien riskien etukäteen tehty tiedostaminen auttaa olennaisesti projektien läpiviennissä. Tällöin todennäköisimpiin riskeihin on helppo varautua ja niitä pystyy ennaltaehkäisemään. Kokonaisuudessaan projekti on kuitenkin niin monimutkainen ja siihen on kytkeytynyt niin monta tahoja, että osa riskeistä tulee aina toteutumaan. Tämän vuoksi etukäteen tehdyt suunnitelmat riskien toteutuessa helpottavat tilanteesta ulospääsyä ja sen ratkaisua. Hyvin toteutettu riskienhallinta on osana toimivaa johtamisjärjestelmää; lisäksi sitä pystytään myös hyödyntämään turvallisuuskulttuuria tukevana järjestelmänä.

3. VIRANOMAISTEN SEKÄ MUIDEN PÄÄTTÄVIEN TAHOJEN VASTUUT JA TOIMINTA

Tässä kappaleessa käsitellään eri määräyksiä ja viranomaistoimintaa ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessiin liittyen. Lisäksi kappaleessa käsitellään myös valtiovallan sekä muiden tahojen toimia ja vaikutuksia viranomaistyöhön. Kappaleessa tuodaan myös esille Suomen viranomaistyöhön liittyviä kansainvälisiä kytköksiä, yhteistyötä sekä vaatimuksia. Näiden tietojen esille tuominen tässä diplomityössä on tärkeää, jotta työ toisi mahdollisimman tehokkaasti esille eri syy-seuraussuhteet viranomaisprosesseissa, -vaatimuksissa sekä muissa säännöissä ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessin aikana. Tässä kappaleessa ei käydä kuitenkaan läpi varsinaiseen rakentamista tai sen suunnittelua edeltäviin päätöksiin liittyvää politiikkaa, vaan pelkästään rakentamisprosessin aikaiseen toimintaan vaikuttavia päätöksiä.

Suomessa tapahtuva viranomaistyö on kytköksissä sekä kansainväliseen toimintaan, poliittisiin päätöksiin että muihin ulkoisiin vaatimuksiin. Poliittinen päätöksenteko on viranomaistoiminnan kannalta olennaista, sillä poliittisilla päätöksillä hyväksytään viranomaisten toimivalta. Lisäksi eri ministeriöiden johdossa ovat poliittisilla päätöksillä valitut ministerit, vaikka suurimman osan käytännön työstä hoitavat virkamiehet. Tämän vuoksi viranomaistoiminta ja politiikka ovat tiukasti kytköksissä toisiinsa. Tärkein ydinturvallisuuden ja ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessiin vaikuttava yksittäinen viranomaistaho Suomessa on STUK. Lisäksi ydinvoimalaitoksen rakennusprojektin aikana toimii muita viranomaisia toimialansa vaatimissa tehtävissä. Ydinturvallisuuden vaikuttavat seikat ovat kuitenkin STUKin valvonnan alaisia.

3.1 Viranomaistoiminta Suomessa

Ydinvoimalaitokseen liittyvän viranomaistyön sisältö on määritelty pääsääntöisesti Ydinenergialaissa. Lain määritelmien mukaisesti ”Ydinenergia-alan ylin johto ja valvonta kuuluvat työ- ja elinkeinoministeriölle. Ellei muualla laissa tai asetuksessa toisin säädetä, Eura-

tom-sopimuksessa tarkoitettuna Suomen toimivaltaisena viranomaisena toimii työ- ja elinkeinoministeriö.” (54 §) Ydinenergialain mukaan käytännön työn vastuu on kuitenkin STUKilla, ja se on määritelty seuraavasti: ”Ydinenergian käytön turvallisuuden valvonta kuuluu Säteilyturvakeskukselle. Säteilyturvakeskuksen tehtävänä on lisäksi huolehtia turva- ja valmiusjärjestelyjen valvonnasta sekä ydinaseiden leviämisen estämiseksi tarpeellisesta ydinenergian käytön valvonnasta.” (55 §) Näiden vastuiden lisäksi STUKin tulee antaa tarvittavia määräyksiä, virka-apua sekä lausuntoja, osallistua lupaprosessien käsittelyyn, kansainväliseen yhteistyöhön sekä muuhun säteilyturvallisuuteen liittyvään valvontaan. (55 §)

STUK perustettiin vuonna 1958 nimellä Säteilyfysiikan laitos. Alun perin STUK vastasi säteilyn ja säteilylähteiden käytön valvonnasta. Alkuaikoina STUKin tehtäviin lisättiin myös luonnonsäteilyn valvonta ja tutkinta. Vuonna 1968 ydinvoimaloiden rakennussuunnitelmat Suomeen lisäsivät ydinturvallisuusvalvonnan STUKin tehtäviin, jolloin STUKin sen aikainen nimi muuttui Säteilyturvalaitokseksi ja se siirtyi sosiaali- ja terveysministeriön alaisuuteen. Vähitellen STUKille on lisätty erityyppisiä ydin- ja säteilyturvallisuuteen liittyviä valvontatehtäviä ja nimi vaihtui Säteilyturvakeskukseksi vuonna 1984. Tämän lisäksi STUK toimii kansainvälisestikin merkittävänä säteily- ja ydinturvallisuuteen liittyvänä tutkimuslaitoksena. (STUK, 2012 a)

STUKin tämänhetkiset vastuualueet ydinvoimalan rakentamisprosessissa on määritelty Ydinenergialaissa seuraavasti: ”Säteilyturvakeskuksen tehtävänä on asettaa tämän lain mukaisen turvallisuustason toteuttamista koskevat yksityiskohtaiset turvallisuusvaatimukset. Säteilyturvakeskuksen tulee järjestää asettamansa turvallisuusvaatimukset ydinenergian käytön turvallisuuden osa-alueiden mukaan ja julkaista ne Säteilyturvakeskuksen määräyskokoelmassa. Säteilyturvakeskuksen turvallisuusvaatimukset velvoittavat luvanhaltijaa, kuitenkin niin, että luvanhaltijalla on oikeus esittää muunkinlainen kuin vaatimuksissa edellytetty menettelytapa tai ratkaisu. Jos luvanhaltija vakuuttavasti osoittaa, että esitetty menettelytapa tai ratkaisu toteuttaa tämän lain mukaisen turvallisuustason, Säteilyturvakeskus voi sen hyväksyä.”(7 r §) Tämä kuvaa hyvin koko ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessin aikaista vaatimus- ja hyväksyntätoimintaa. Ydinenergialaissa määritelty STUKin asettama

määräyskokoelma tunnetaan YVL-ohjeina. Näiden ohjeiden tarkempaa sisältöä ja vaatimuksia tarkastellaan tarkemmin seuraavissa kappaleissa.

STUK voi tarvittaessa käyttää muitakin tahoja eri valvonta- ja hyväksyntätehtäviin. Tyypipi- ja yleishyväksynnöissä STUK käyttää apunaan esimerkiksi VTT:tä, joka toimii riippumattomana testaus- ja tarkastuslaitoksena STUKin antamissa toimeksiannoissa (STUK, 2007). VTT on Suomen valtion omistama asiantuntijalaitos, joka toimii laaja-alaisesti erilaisissa yhteiskuntaa hyödyttävissä asiantuntijatehtävissä.

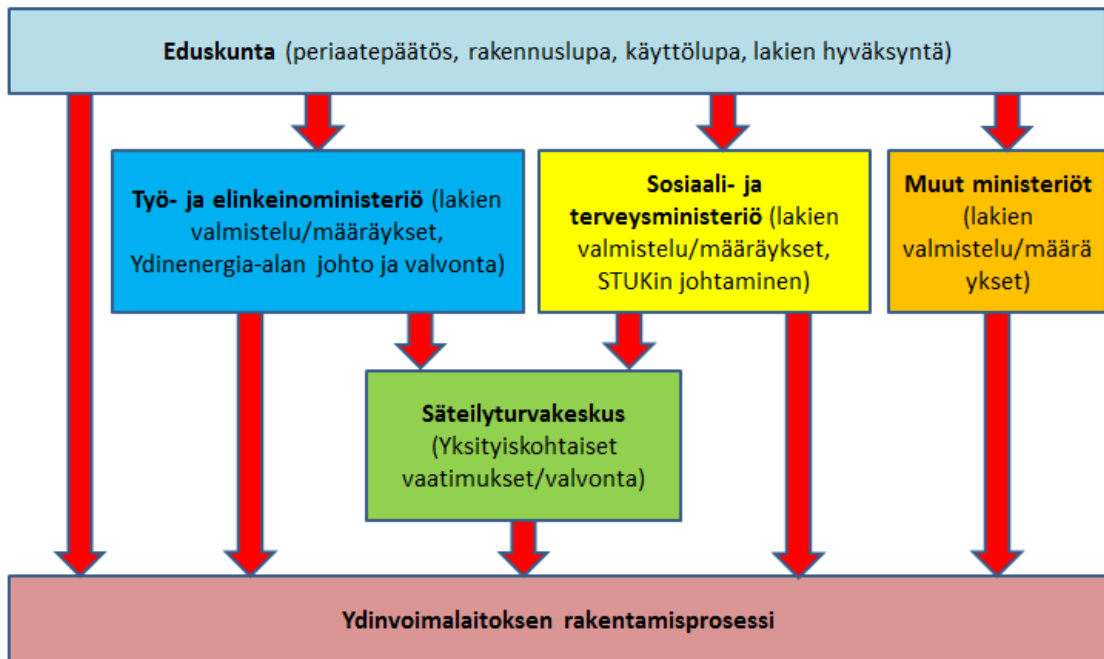
Ydinvoimalaitokselle pää- tai aliurakoita tekevällä yrityksellä täytyy olla voimassa oleva ja sertifioitu johtamis- ja laatujärjestelmä, joka on kiinteä osa ydinvoimalaitosten turvallisuuskulttuuria. Laatu- ja johtamisjärjestelmien auditoinnissa ja hyväksynnässä käytetään ulkopuolisia riippumattomia tarkastuslaitoksia, kuten esimerkiksi Det Norske Veritasta. Laadunhallintajärjestelmä tai johtamisjärjestelmä on tosin käytössä myös useissa yrityksissä, joilla ei ole ydinturvallisuuden liittyviä toimituksia. STUK sekä luvanhaltija tekevät kuitenkin seuranta- ja auditointeja yrityksiin ydinvoimalaitoskomponenttien suunnittelun, valmistuksen ja asennuksen aikana, vaikka yrityksellä olisi voimassa oleva laatujärjestelmä. Laatu- ja johtamisjärjestelmien tarkempia vaatimuksia käsitellään tarkemmin kappaleessa 4.5.

Ydinturvallisuuden liittymättömillä osa-alueilla jokainen ministeriö vastaa oman toimikuvansa mukaisesti lainsäädännöstä sekä ohjeistuksesta ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessin aikana. Lisäksi eri ministeriöiltä pyydetään ydinvoimalaitoksen periaatelupahakemuksen aikana lausunnot päätökselle. Ydinenergialain mukaisesti ”Milloin viranomaisen ratkaistavana oleva asia saattaa vaikuttaa ydinenergian käytön turvallisuuteen, asiasta on ennen sen ratkaisemista hankittava STUKin lausunto.” (62 §). Ministeriöiden päätökset ovat joissain tapauksissa voimassa myös ydinturvallisuuden liittyvillä alueilla, mutta tällaisista tarkennuksista päättää STUK kohteesta ja sen vaatimustasosta riippuen. Vaatimustason luokittelu perustuu turvallisuustoimintojen ja riskien kannalta kriittiseen turvallisuusluokitukseen asteikolla 1 - 4 tai EYT. Vaatimustason luokittelusta on kerrottu enemmän

kappaleessa 4.3. Ydinturvallisuuden liittymättömästä ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessin aikaisesta viranomaisvalvonnasta vastaa kunkin alan valvontaa harjoittava viranomainen. Käytännön esimerkkinä Fennovoiman Hanhikivi 1 – projektissa ympäristöministeriö vahvisti ydinvoimalaitoksen vaatimat kaavoitusmuutokset Pohjois-Pohjanmaan maakuntakaavaan ja Pyhäjoen kunnanvaltuusto yleis- ja asemakaavaan. Myös viranomais toiminnan monitasoisuus vaikuttaa osaltaan ydinvoimalaitosprojektin pitkään läpimenoaikaan. Yleisesti työ- ja elinkeinoministeriö on se viranomaistaho, jonka kautta yhteydenpito muihin ministeriöihin hoidetaan ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessin aikana. TEM on esimerkiksi se osapuoli, joka ottaa vastaan YVA-selvityksen ja pyytää lausuntokierroksen muilta ministeriöiltä siihen. TEM myös esittelee ja valmistelee ydinvoimapäätökset valtioneuvostolle. Lisäksi se vastaa ja valmistelee ydinvoimatoimintaan liittyvät lait ja asetukset ja on yhteistyössä kansainvälisten järjestöjen, kuten IAEA:n ja NEA:n, kanssa. IAEA:sta ja NEA:sta on kerrottu tarkemmin kappaleessa 3.2. (Fennovoima; Työ- ja elinkeinoministeriö, 2012)

Tärkein yksittäinen viranomaistaho, jonka toiminta vaikuttaa yllämainittujen viranomaisten jälkeen eniten ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessiin, on ympäristöministeriö. Ympäristöministeriö päivittää ja pitää yllä Suomen rakennusmääräyskokoelmaa, jossa määritellään vaatimustaso ja ohjeet lähes kaikelle rakentamiselle Suomessa. Ydinteknisiin laitteisiin tässä kokoelmassa ei kuitenkaan oteta kantaa. Rakennusmääräyskokoelmassa on otettu kantaa suunnitteluperusteisiin, rakenteisiin sekä niiden käyttöluokkiin. Sen ohjeita voidaan soveltaa myös ydinteknistä merkitystä omaaviin osa-alueisiin, kuten Olkiluoto 3 – projektissa, missä esimerkiksi reaktorirakennuksen ja turbiinihallin pohjalaatat suunniteltiin osaltaan Rakennusmääräyskokoelman osion B4 mukaisesti (STUK, 2006 a, s. 7). Rakennusmääräykset soveltuvat monessa tilanteessa sellaisenaan EYT-luokitelluille osa-alueille ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessissa. Lisäksi ympäristöministeriö on merkittävässä osassa ydinvoimalaitoshankkeen YVA:ssa yhtenä lausunnon antavana osapuolena. (Ympäristöministeriö, 2012)

Ydinvoimalaitoksen rakentamiseen vaikuttavat myös sosiaali- ja terveysministeriö sekä valtiovarainministeriö. Valtiovarainministeriö vaikuttaa rakentamisprosessin aikaisiin verotuskäytäntöihin alihankkijatahoista aina luvanhaltijaan saakka. Lisäksi valtion veropolitiikalla ja siihen liittyvällä toiminnalla ohjataan yleisesti energian verotusta sekä mahdollisia tukia. Tällaisella tukipolitiikalla ja saastuttavalle energialle asetetuilla raskaammilla veroilla on pyritty ohjaamaan energiantuotantoa vähemmän hiilidioksidia tuottaviin tuotantomuotoihin, sekä pyritty lisäämään uusiutuvan energian tuotantoa. Tällaisten energiapäätösten taustalla on yleensä laajempi poliittinen konsensus, mutta vero-ohjaustyön tekee valtiovarainministeriö. STUKin johtamisen lisäksi sosiaali- ja terveysministeriössä tehdään työlainsäädäntö ja työturvallisuutta koskevat ohjeet. Nämä lait ja ohjeet ovat voimassa myös ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessin aikana. Työturvallisuus on yksi tärkeistä asioista, joihin yrityksen johtamisjärjestelmässä tulee kiinnittää huomiota. Tällainen johtamisjärjestelmä on pakollinen luvanhaltijalla ja kaikilla alihankkijoilla. Koska luvanhaltija on sitoutunut tiukasti lainsäädännön noudattamiseen, on myös alihankkijoiden noudatettava Suomen lakeja ja asetuksia ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessin aikana. Koko rakentamisprosessiin vaikuttava poliittinen päätöksenteko sekä viranomaistoiminta on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. Ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessiin vaikuttava poliittinen päätöksenteko ja viranomaistyö Suomessa

3.2 Kansainvälinen viranomaistoiminta ja muu yhteistyö

Kansainvälinen yhteistyö viranomaisten ja muiden ydinturvallisuuteen liittyvien tahojen välillä on erittäin tärkeää. Yhteistyöllä pystytään jakamaan tehokkaammin käyttökokemuksia, riskitekijöiden minimoimiseen liittyviä ohjeita sekä muuta tietoa ja tutkimustuloksia ydinvoimalaitosten elinkaaren eri vaiheista. Tämä on erityisen tärkeää myös siksi, koska ydinvoimalaitosten määrä maapallolla on suhteellisen pieni ja esimerkiksi Euroopassa ydinvoimalaitoksia ei ole viime aikoina rakennettu. Tällaisessa tilanteessa on hyvä saada hyödyksi rakennus- ja käyttöönotkokokemuksia esimerkiksi Japanissa rakenteilla olevista laitoksista. Kansainvälisen yhteistyön avulla saadaan myös kattavaa tietoa mahdollisten onnettomuuksien syistä ja taustoista. Tämän vuoksi esimerkiksi Fukushima onnettomuuden jälkeen pystyttiin analysoimaan tehokkaammin myös eurooppalaisten ydinvoimalaitosten käytettävyyttä äärimmäisissä olosuhteissa. Neuvostoliiton hajoaminen on lisännyt avoimuutta entisestään, ja Euroopan mailla onkin monia projekteja, joissa on tarkoitus parantaa entisen Neuvostoliiton alueen reaktoreiden turvallisuutta ja käytettävyyttä. Kansain-

välisen toiminnan intressejä lisää myös se, että mahdollisen vakavan ydinonnettomuuden sattuessa seuraukset ulottuvat useiden maiden alueelle, kuten nykyisen Ukrainan alueella tapahtuneen Tshernobylin ydinonnettomuuden Suomeenkin ulottuneista seurauksista huomataan.

Kansainvälisesti tunnetuin ja korkein Suomen ydinviranomaistoimintaan vaikuttava järjestö on IAEA eli kansainvälinen atomienergiajärjestö. IAEA on YK:n alainen, vuonna 1957 perustettu järjestö, jonka päätehtävänä on olla merkittävin kansainvälinen toimija ydinenergiaan liittyen. Lisäksi sen tehtävinä on edistää ydinenergian rauhanomaista käyttöä, helpottaa tiedonsiirtoa jäsenmaiden välillä, kehittää ydinenergian turvallisuusstandardeja ja muutenkin turvallisuutta sekä todentaa, että valtiot noudattavat tehtyjä sopimuksia ydinmateriaalin käytöstä. Suomi on ollut IAEA:n jäsen jo vuodesta 1958 saakka. Tärkein yksittäinen IAEA:n sopimus ydinvoimalan rakentamisprosessiin liittyen on vuonna 1994 Wienin kongressissa käsitelty ja vuonna 1996 Suomessa voimaan tullut Kansainvälinen ydinturvallisuussopimus. Sopimuksessa käsitellään yleisiä, ydinturvallisuuteen, vaatimuksiin, seurantaan ja viranomais- sekä muuhun yhteistyöhön liittyviä asioita. Myös rakentamisprosessin aikana huomioon otettavia seikkoja ja periaatteita on käsitelty kyseisessä sopimuksessa. Yleisiä, koko ydinvoima-alaa koskevia, mutta myös rakentamistoimintaan vaikuttavia vaatimuksia ovat:

- Valvovan tahon riippumattomuus
- Luvanhaltijan vastuu
- Turvallisuus, sen riittävä todentaminen sekä laittaminen aina etusijalle
- Eri tahojen riittävät taloudelliset sekä inhimilliset voimavarat
- Laadunvalvonta koko prosessin ajan

Suoranaiset rakentamiseen liittyvät vaatimukset ovat sopimuksessa seuraavat:

- Sijoituspaikan tutkinta, arviointi sekä turvallisuus
- Suunnittelu ja rakentamisen syvyysuuntainen turvallisuusajattelu (rinnakkaiset, toisistaan riippumattomat järjestelmät)
- Käytettyjen rakenteiden tai toimintojen toimivuuden todentaminen

- Inhimillisten virheiden seurausten minimointi

Sopimuksen vaatimukset on otettu huomioon Suomen lainsäädännössä sekä YVL-ohjeissa. Suomessa sopimuksen turvallisuus- ja muita periaatteita oli kuitenkin käytännössä noudatettu jo ennen sopimuksen voimaan astumista. IAEA:n puolelta muita Suomea sitovia sopimuksia ovat esimerkiksi Yleissopimus ydinaineiden turvajärjestelyjä koskevista toimista (903/1989, SopS 72/89), Ydinonnettomuuden pikaisesta ilmoittamisesta tehty yleissopimus (1017/1986, SopS 98/86) sekä Yleissopimus avunannosta ydinonnettomuuden tai säteilyhättätilan yhteydessä (1120/1990, 1121/90, SopS 83/90) Näiden sopimusten lisäksi Suomella on myös muita projekteja, joissa IAEA on osapuolena. Lisäksi STUK sekä TEM tekevät jatkuvaa yhteistyötä IAEA:n kanssa turvallisuuden kehittämiseksi sekä teknisen tietotaidon levittämiseksi ydinenergian ja säteilysuojelun alalla. IAEA:lla on myös turvallisuuteen sekä laatuun liittyviä standardeja ja ohjeistuksia, joiden vaatimukset on otettu huomioon suomalaisessa lainsäädännössä, yleisohjeistuksessa tai erillisohjeena ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessissa. (IAEA, 1994; IAEA, 2012; STUK, 2012 b; Ulkoministeriö, 725/1996)

EU:n jäseneksi tultuaan Suomi liittyi mukaan myös European Atomic Energy Communityn eli Euratomin toimintaan. Euratom on EU:n alainen elin, joka keskittyy ydinalan tutkimukseen, erikoisalueina fuusioenergiatutkimus sekä fissio- ja säteilysuojelu. Euratomin, kuten muidenkin Suomeen liittyvien alan järjestöjen, perustana ovat IAEA:n sopimukset. Euratomin säädökset ja direktiivit ovat pääsääntöisesti keskittyneet säteilysuojeluun sekä säteilyvien aineiden kuljetukseen sekä varastointiin, joten niillä ei ole suoria vaikutuksia ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessin aikaiseen viranomaistyöhön. STUK on mukana myös eurooppalaisten WENRA:n sekä ENSREG:in toiminnassa. Näiden yhteistyötahojen avulla pyritään lisäämään kansainvälistä yhteistyötä viranomaisten ja lainsäätäjien välillä EU:n sisällä sekä yhdenmukaistamaan EU:n sisäistä turvallisuussäännöstöä. STUK suorittaa lisäksi tiedonvaihtoa OECD-maiden sisällä NEA:n välityksellä. NEA on OECD:n alainen elin, jonka tavoitteena on auttaa jäsenmaita ydinvoimaan liittyvissä asioissa kansainvälisen yhteistyön ja tiedon jakamisen avulla. Suomi on myös lisäksi solminut erityyppisiä kah-

denvälisiä sopimuksia pääsääntöisesti naapurimaiden kanssa ydinturvallisuuden ja valvontaan liittyen. (Euratom; NEA, 2012)

Hyvänä esimerkkinä muiden maiden viranomaisilta saadusta turvallisuusinformaatiosta, joka vaikuttaa myös suomalaisen voimalaitoksen rakentamiseen, on Ruotsin Forsmarkin ydinvoimalan tapaus. Forsmarkissa sattui vuonna 2006 sähköhäiriö, jonka seurauksena tärkeitä turvallisuuslaitteita sammui ja varajärjestelmät eivät toimineet suunnitellulla tavalla, mikä johtui osaltaan myös suunnitteluvirheistä. Tähän reagoitiin myös Suomessa, jossa tarkastettiin samantyyppiset riskit Olkiluodon ja Loviisan voimalaitoksilla. Samoin nämä riskit otetaan huomioon myös uusissa rakennettavissa laitoksissa. Tapahtuman seurauksena STUK raportissaan Fennovoiman laitostyyppien soveltuvuudesta edellyttää, että ” Vuonna 2006 Forsmarkin ydinvoimalaitoksella tapahtuneen sähköhäiriön yleiset opetukset tulee ottaa huomioon.” (2009 b, s. 18) Tämä on toimiva esimerkki siitä, kuinka muiden maiden voimalaitostapahtumien avulla voidaan parantaa turvallisuutta myös suomalaisissa ydinvoimalaitoksissa. (STUK, 2006 b)

Suomalaista ydinvoimapuolen viranomaistoimintaa analysoidaan aika-ajoin ulkomaisten riippumattomien toimijoiden puolesta sekä myös sisäisesti. Tämä vaikuttaa myös Suomen viranomaisvaatimukseen sekä -toimintaan alalla. Viranomaisten ulkopuolisen valvonnan tarve on kirjattu Ydinenergialakiin seuraavasti: ” Työ- ja elinkeinoministeriö huolehtii ydinturvallisuutta koskevan kansallisen kehyksen sekä toimivaltaisten valvontaviranomaisten itsearviointin järjestämisestä joka kymmenes vuosi sekä ydinturvallisuutta koskevan kansallisen kehyksen merkitseviä osia ja viranomaisia koskevan kansainvälisen vertaisarvioinnin pyytämisestä.” (54 §). STUK on saanut yleisesti arvioinneista hyvää palautetta, mutta jotain huomautettavaa tai parannettavaakin on löytynyt. Kuitenkin esimerkiksi edellisen kansainvälisen tutkijaryhmän tekemän raportin tiivistelmässä on todettu, että ”STUK edustaa todella vaikuttavaa tutkimustoimintaa hyvin koulutetulla, innostuneella ja sitoutuneella henkilökunnalla sekä erinomaisella työympäristöllä varustettuna.” (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2012). Hyvin toimivasta ja kansainvälisesti vertailukelpoisesta viranomaistoiminnasta johtuen ydinvoimaprojektin aikainen viranomaistyö on helposti ennakoitavaa, ja esi-

merkiksi vaatimusten muuttuminen kesken prosessin on epätodennäköistä. Keskimäärin kansainväliset säännökset ovat löysempiä kuin suomalaiset vastaavat, joten edes kansainvälisten sääntöjen kiristyminen ei välttämättä vaikuta suomalaiseen ydinvoimalaitoksen rakennusprojektiin. Lisäksi viranomaisten puolelta tiukka suhtautuminen jo alusta asti turvallisuus- ja laatukulttuuriin vähentävät ongelmia projektin edetessä.

Ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessiin vaikuttavat lisäksi EU:n direktiivit, jotka liittyvät esimerkiksi rakentamismääräyksiin tai muihin Euroopan Yhteisön sisällä hyväksytyihin tuotteisiin. Tällaiset direktiivien mukaiset, esimerkiksi CE-hyväksytyt tuotteet ovat käyttökelpoisia myös ydinvoimalaitosprojektissa EYT-luokitelluissa osissa sekä erityisvaatimukset täyttävinä myös turvallisuusluokitelluilla alueilla. Tästä johtuen EU:n sisäinen viranomaistoiminta direktiivien vaateiden määrittelyssä vaikuttaa myös suomalaiseen ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessiin. Lisäksi muita EU-tason direktiivejä, Eurokoodeja tai standardeja voidaan ottaa huomioon kunkin osan tai laitteiston rakentamisvaiheessa.

4. VIRANOMAISTEN YLEISET VAATIMUKSET YDINVOIMALAITOKSEN RAKENTAMISEN AIKANA

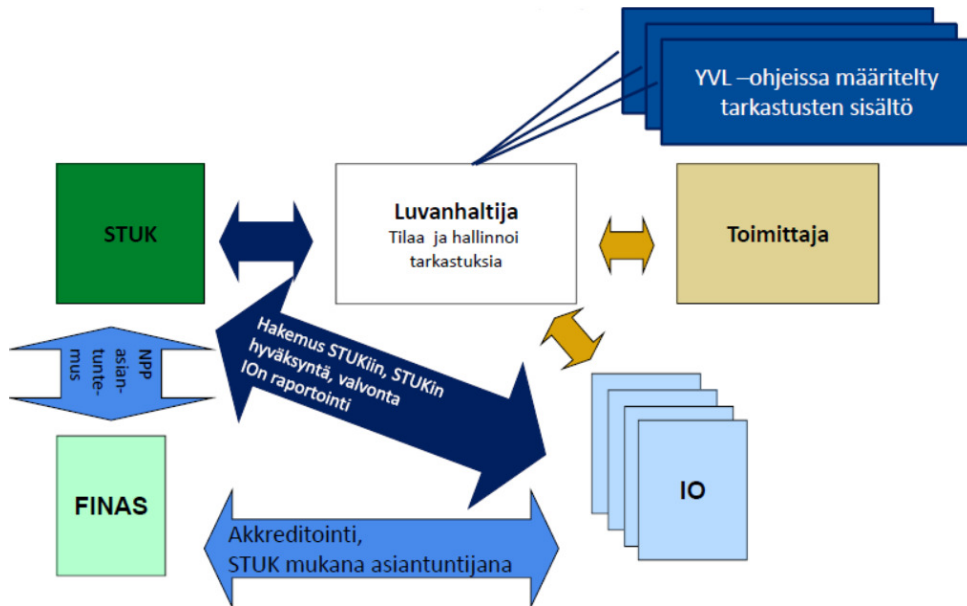
Tässä kappaleessa käsitellään yleisiä viranomaisvaatimuksia luvanhaltijalle, pääurakoitsijalle sekä eri alihankkijoille ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessin aikana. Ensin tuodaan esille yleisiä ydinvoimalaitosrakentamiseen liittyviä asioita. Tämän lisäksi kappaleessa käsitellään ohjeita ja standardeja, turvallisuusluokituksia sekä –kulttuuria, johtamisjärjestelmiä, dokumentointia, yleistä suunnittelua sekä hyväksyntöjä ja sertifiointeja. Koska tässä kappaleessa viitataan useasti STUKin Ydinvoimalaitosohjeisiin, joiden vaatimuksia tässä on tarkoitus tuoda esille, lähdeviittauksena toimii vain ohjeen lyhenne, numero ja kappalenumero.

4.1 Yleistä viranomaistoiminnasta ja –vaatimuksista

Viranomaisten toiminta ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessin aikana koostuu pääasiassa valvonta- ja tarkastustoiminnasta. Tarkastustoiminta alkaa jo ennen laitoksen rakentamista periaatelupapäätöksen aikana. STUK ja muut aiheeseen liittyvät viranomaistahot kommentoivat ja antavat lausuntonsa periaatelupapäätöksen materiaaleihin sekä YVA-menettelyyn. Tukitoiminnoille tarkastustoimintaa tekevät ja lupia myöntävät kunkin osa-alueen vastuussa olevat viranomaiset. Itse laitosta suoraan koskevat luvat, jotka STUK tarkastaa ja antaa lausuntonsa, ovat rakentamis- ja käyttö lupa. STUK tarkastaa ja hyväksyy myös laitoksen turvallisuusluokituksen sekä muut suunnitelmat aina yksittäisiin osiin ja osakokonaisuuksiin saakka niiltä osin, kun tuotteilla tai järjestelmillä on jotain turvallisuusmerkitystä. Lisäksi STUK arvioi luvanhaltijaa, laitostoimittajaa sekä alihankkijoita, niiden johtamisjärjestelmää, toimintaa sekä vaadittuja dokumentteja. Suunnittelun aikana STUK osallistuu tiettyin osin valvontaan, tutustuu ennakkomateriaaleihin ja lähtötietoihin sekä hyväksyy valmiit suunnitelmat luvanhaltijan jälkeen. Valmistukseen liittyen STUK suorittaa auditointeja, sekä tekee tarkastuksia ja valvontaa eritoten korkeamman turvallisuusmerkityksen omaavien laitteiden valmistuksessa. STUK valvoo ja tarkastaa osaltaan myös ydinvoimalaitoksen järjestelmien asennuksia, testausta ja käyttöönottoa. STUKin tai muiden viranomais-

ten tekemien tarkastusten tulisi kuitenkin olla vain asioiden toimivuuden toteamista, eli laadunvalvontaa ei voi tai saa ulkoistaa viranomaisille. Luvanhaltija on kuitenkin lopulta vastuussa ydinvoimalaitoksen toiminnasta ja turvallisuudesta, joten pääsääntöisesti ulkopuolista valvontaa ja tarkastuksia tekee luvanhaltija. Pääosa työn valvonnasta on kuitenkin itse työtä tekeville yrityksillä, ja valvontatoiminnasta vastaa yritysten sisäinen laadunvalvonta. Joissain tapauksissa luvanhaltija tai STUK voivat siirtää tarkastus- ja valvontatoimintaa myös ulkopuolisille tahoille. Tämä on mainittu esimerkiksi betonirakenteita käsittelevässä YVL- ohjeessa seuraavasti: ”Ydinvoimalaitosten betonirakenteita ja niiden valmistukseen liittyvien materiaalien ja rakenneosien tarkastusta ja valvontaa tekevien tarkastuslaitosten tulee olla ympäristöministeriön tai STUK:n hyväksymiä. Vaatimukset tarkastuslaitosten hyväksyttämistä koskeville asiakirjoille annetaan ohjeessa YVL 1.3. Tarkastuslaitoksen toiminnalla voidaan STUK:n hyväksymässä laajuudessa korvata luvanhakijan tai valmistajan suorittamaa laadunvalvontaa. Tarkastuslaitoksen käyttö ei kuitenkaan vähennä luvanhakijan kokonaisvastuuta laadunvarmistuksen riittävydestä ja tehokkuudesta.” (YVL 4.1, kpl. 4.5). (Nevalainen, Välikangas & Nissinen, 2012)

Valvonnassa ja testauksessa toimivien tahojen tulee olla FINAS:in tai muun vastaavan tahon akkreditoimia ja STUKin hyväksymiä tehtäväänsä. Tarkastuslaitosten vaatimuksia on Ydinenergialaissa kuvailtu seuraavasti: ”Säteilyturvakeskus hyväksyy ydinteknisten painelaitteiden valmistajan tehtäviinsä sekä tarkastuslaitoksen tai testauslaitoksen suorittamaan ydinlaitosten painelaitteiden valvontaan kuuluvia tehtäviä. Tarkastus- ja testauslaitoksen hyväksymisen edellytyksenä on, että tarkastus- ja testauslaitos on toiminnallisesti ja taloudellisesti riippumaton ja että sillä on vastuuvakuutus. Lisäksi valmistajalla, tarkastuslaitoksella ja testauslaitoksella on oltava kehittynyt laatujärjestelmä, ammattitaitoinen ja kokenut henkilökunta sekä valmistuksen ja toiminnan edellyttämät asianmukaisesti kelpoistetut menetelmät, laitteet ja välineet.” (YEL 11.12.1987/990, 60 a §; YVL 1.3, kpl. 2.1) Tarkastuslaitosten hyväksyntää ja roolia on käsitelty myös kuvassa 6.



Kuva 6. Tarkastuslaitosten hyväksyminen ja toiminta ydinlaitoksissa (STUK, 2012 d)

STUKin roolia on tulevaisuudessa tarkoitus muuttaa siten, että valvonta- ja tarkastustoiminta siirtyisivät enemmän ulkopuolisten tarkastuslaitosten vastuulle. STUK huolehtisi kuitenkin turvallisuudelle erittäin tärkeiden järjestelmien hyväksynnöistä ja valvonnasta. Tällöin STUKin tehtäväksi jäisi pääsääntöisesti tarkastuslaitosten valvominen. Näidenkin tarkastuslaitosten tulisi olla STUKin hyväksymiä tehtävänsä. Tämä on hyvä keino pitää STUKin työkuorma hieman pienempänä, mikäli kaksi seuraavaa ydinvoimalaitosta rakennetaan samaan aikaan. Lisäksi tarkastuslaitoksilla on hyvät rutiinit laadunvalvontaan, joten työ pysyy tehokkaana, mutta laadusta ei tarvitse tinkiä. (Salminen, 2010, s. 12)

Valvonta- ja tarkastustoimintaa ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessin aikana tekevät myös muut viranomaistahot. Yhtenä esimerkkinä tästä on Aluehallintavirastojen suorittama työsuojelu- ja työturvallisuusvalvonta. Tällaista valvontaa tehdään sekä itse rakennustyömaalla että alihankkijoina toimivissa yrityksissäkin. Valvonnan tavoitteena on tarkastaa, että työturvallisuuteen ja työehtosopimukseen kirjatut ehdot täyttyvät työmailla. Lisäksi valvonnan tehtävänä on kitkeä mahdollista harmaata taloutta sekä muuta veronkiertoa.

Ydinvoimalaitosten rakentamiseen liittyy myös muuta, valvontaan ja turvallisuuteen liittymätöntä viranomaistoimintaa. Ydinvoimalaitoksen rakentamiseen osallistumisen helpottamiseksi ja tiedonsaannin parantamiseksi on perustettu esimerkiksi FinNuclear Ry, jonka tavoitteena on saada suomalaiset yritykset ja alihankkijat paremmin mukaan seuraaviin ydinvoimalaitosprojekteihin. Vaikka hankkeen päätoteuttajana on yhdistys, ovat viranomaistahot voimakkaasti tukemassa hanketta. Taustatoimijana toimii osaamiskeskus OS-KE, jonka yhteistyökumppaneina ovat viranomaistahoista työ- ja elinkeinoministeriö sekä Tekes, joiden tavoitteena on FinNuclear Ry:n avulla tukea suomalaista työllisyyttä ydinvoimalahankkeisiin osallistumalla. Muita ydinvoimalaitoshankkeeseen osallistuvia yrityksiä tukevia tahoja, joissa valtio ja viranomaistoiminta ovat vaikuttavina tahoina, ovat ELY-keskukset sekä Finnvera. ELY-keskukset tukevat erityyppisiä työllistymiseen liittyviä asioita, kuten esimerkiksi liiketoiminnan laajentamista ydinvoimalaitoksen alihankintatoimintaan. Finnvera taas on valtion omistama yhtiö, joka tarjoaa erityyppisiä rahoituspalveluita yrityksille. (Osaamiskeskus; Koivula, 2011; Finnvera)

Viranomaistoimintaan ja -vaatimukseen varautuminen etukäteen on yksi suurista haasteista ydinvoimalaitoksen toimitukseen ja rakentamiseen osallistuvilla yhtiöillä. STUKilla tehdyssä haastattelussa nousivat kuitenkin esille yleiset seikat, joilla näihin vaatimukseen pystyy vastaamaan. Nämä seikat ovat toimivia soveltuvilta osin sekä luvanhaltijalle, laitostoitajalle, kuin alihankkijoillekin. Haastattelussa esille nousivat seuraavat asiat:

- Kunnossa oleva ennakkotarkastusaineisto
- Strategisesti tärkeät alihankkijat nopeasti mukaan projektiin
- Alihankkijoiden tutustuminen etukäteen YVL-ohjeisiin, myös uusiin
- Ydinteknisten vaatimusten hallinta
- Mahdollisina työkaluina auditoinnit (sisäiset, vertaiset, asiakkaat, luvanhaltija)

Muita tärkeitä tekijöitä, jotka alihankkijoina toimivien yritysten kannattaa hoitaa kunnolla, ovat:

- Sopimus

- Turvallisuuskulttuurin sisäistäminen
- Toimiva johtamisjärjestelmä ja sen yhteensovittaminen muiden toimijoiden johtamisjärjestelmiin
- Aiheeseen liittyvien referenssien esilletuonti
- Mahdollisimman aikainen tutustuminen tarvittaviin dokumentteihin (Nevalainen, Välikangas, Nissinen, 2012)

4.2 Ohjeet ja standardit

Tärkeimmät ydinvoimalaitokseen rakentamiseen liittyvät ohjeet viranomaisten puolelta löytyvät STUKin YVL-ohjeista. STUK on paraikaa uudistamassa ohjeita. Alun perin ohjeiden piti olla valmiina jo vuoden 2011 loppuun mennessä. Oletettavissa siis on, että ohjeistus tulee muuttumaan nopeasti, mutta perusasiat säilyvät pitkälti ennallaan. YVL-ohjeiden juridista statusta ei kuitenkaan olla tässä yhteydessä muuttamassa. Tämän vuoksi vaihtoehtoiset toimintatavat tai rakenteet ovat sallittuja, mikäli ne hyväksytään STUKin puolesta. YVL-ohjeiden uudistaminen alkoi jo vuonna 2005 ja sen tavoitteena on lisätä käytettävyyttä ja johdonmukaisuutta säännöissä sekä tiivistää vaatimuksia tietokannan tyyppiseksi ohjeistukseksi. Tämän tiedon perusteella vaatimusten selvittäminen ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessin aikana tulee muuttumaan helpommaksi. Lisäksi luvanhaltijoita on kuultu asiantuntijatahona alusta alkaen, joten uuden ohjeistuksen sisältöineen pitäisi olla selvempi ainakin luvanhaltijatasolle heti alusta alkaen. Tärkeimpiä muutoksia ohjeessa rakentamistoimintaan liittyen ovat:

- Rakentamistoiminnan ohjeistus
- Turvallisuusjärjestelyihin nykyajan vaatimukset, sisältäen esiin nousseet vaatimukset Forsmarkin ja Fukushima tapahtumista
- Suojarakennusjärjestelmien ohjeistus
- Tarkemmat esitykset eri uhkille
- Tarkastus- ja testaustoiminnan muutokset, tarkastustoimintaa ulkopuolisille tarkastuslaitoksille

- ”Luvitus suunnitelma eli suunnitelma projektin päävaiheista ja tarvittavista viranomaishyväksynnöistä aikatauluineen.” (Salminen, 2010)
- Rakentamisluvan aikainen arviointi osallistuville tahoille
- Riittävä valmiusaste edeltävissä suunnitelmissa ennen seuraavan suunnitteluvaiheen alkua, eli STUKin valvonnan muuttuminen enemmän etupainotteiseksi
- Suunnitteluvaiheessa erikoistapauksista aiheutuvien kuormien tarkempi käsittely
- Seisminen kestävyys
- Lay out –vaatimukset sisäisten ja ulkoisten uhkien vuoksi

Tässä diplomityössä tullaan kuitenkin käsittelemään vielä vanhoja YVL-ohjeita aikataulusuunnitelmista johtuen. YVL-ohjeiden uudistuksiin voi varautua ennen uusien ohjeiden julkaisemista siten, että tarvittavat materiaalit tarkastetaan jo etukäteen STUKin toimesta luvanhaltijan sitä pyytäessä. (Nevalainen, Välikangas, Nissinen, 2012)

Viranomaiset voivat viitata vaatimuksissa myös standardeihin, joiden mukaan jokin tietty komponentti tai muu vastaava olisi tehtävä tai suunniteltava. STUK listaa verkkosivuillaan ydintekniikan kannalta tärkeiksi standardointilaitoksiksi seuraavat:

- American National Standards Institute (ANSI)
- American Society of Mechanical Engineers (ASME)
- Deutsches Institut für Normung (DIN)
- International Electrotechnical Commission (IEC)
- International Organization for Standardization (ISO)
- The Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)
- Suomen sähköteknillinen standardoimisliitto (SESKO)
- Suomen standardoimisliitto (SFS)

Tietyille osille standardinmukainen valmistaminen on riittävä toimenpide, vaikka osa toimitettaisiinkin ydinturvallisuusluokitellulle alueelle. Tällaiset osat täytyy kuitenkin olla sovel-

tuvia kyseisiin käyttökohteisiin, joten STUK toimii ainakin periaatesuunnitteluvaiheessa hyväksyvänä viranomaisena. (Salminen, 2010; STUK, 2012 c)

IAEA on myös julkaissut ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessin aikaiseen toimintaan liittyviä standardeja ja ohjeita. Näiden ohjeiden mukainen suunnittelu, valmistaminen sekä niihin liittyvät toimenpiteet määräytyvät tapauskohtaisesti pääsääntöisesti STUKin, TVO:n tai laitostoimittajan määritelmien mukaisesti. Esimerkiksi Olkiluoto 3 – projektissa polar-nosturin toimittajalta vaadittiin IAEA:n turvallisuusstandardi 50-C-QA:n huomioon otta-mista laatujärjestelmässä tai -suunnitelmassa (STUK, 2006 a, s. 33). Nämä turvallisuusmää-räykset on otettu pääsääntöisesti kuitenkin huomioon myös suomalaisessa lainsäädännössä tai vaatimuksissa.

4.3 Turvallisuusluokitukset

Ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessin aikana eri laitteiden turvallisuusluokituksilla on merkittävä osuus rakenteiden ja laitteiden vaatimustasoon sekä niihin liittyvään viranomais-työhön. Eri laitteiden ja rakenteiden turvallisuus on määritelty luokitusasiakirjassa asteikol-la 1 – 4 tai EYT, eli ei ydinteknistä merkitystä, jossa luokka 1 on kaikkein vaativin. Kaikki osat, mitkä eivät kuulu ylempiin turvallisuusluokkiin, kuuluvat luokkaan EYT. Turvalli-suusluokituksen perusteet on esitetty taulukoissa 6-9. (YVL 2.1, Liite, 2)

Taulukko 6. Turvallisuusluokitukseen 1 kuuluvat osat (YVL 2.1, Liite, 2)

Laitoksen osat
"Reaktorin polttoaine"
"Primääripiiristä osat, joiden rikkoutuminen saisi aikaan niin suuren primääripiirin vuodon, ettei sitä voitaisi kompensoida ydinvoimalaitoksen lisävesijärjestelmillä"

Taulukko 7. Turvallisuusluokitukseen 2 kuuluvat osat (YVL 2.1, Liite, 2)

Laitoksen osat
"Primääripiirin osat, jotka eivät kuulu turvallisuusluokkaan 1."
"Reaktorin pikasulussa tarvittavat järjestelmät ja laitteet"
"Jäähdytteen menetyksen varalle tarkoitetut reaktorisydämen hätäjäähdytysjärjestelmät."
"Boorinsyöttöjärjestelmä, jota tarvitaan sammuttamaan reaktori ja pitämään se alkiriittisenä oletetun onnettomuuden sattuessa."
"Jälkilämmönpoistojärjestelmä, jolla kierrätetään reaktorin jäähdytysjärjestelmän vettä."
"Painevesireaktorilaitoksessa se osa primääripiirin lisävesijärjestelmää, jota lisävesipumput ja primääripiiri rajoittavat."
Osa syöttövedeen ja höyryyn liittyvistä järjestelmistä
"Reaktorin suojarakennus ja siihen liittyvät järjestelmät, joita tarvitaan varmistamaan suojarakennuksen eheys oletetun onnettomuuden sattuessa."
"Primääripiirin kannatinrakenteet."
"Rakenteet kuten hätätuet ja missiilisuojat, jotka suojaavat turvallisuusluokkaan 1 kuuluvia laitteita."
"Reaktorisydäntä tukevat ja reaktorisydämen jäähdyttämisessä tärkeät reaktori-paineastian sisärakenteet."
"Tuoreen ja käytetyn polttoaineen varastointilinjat."
Oletetun onnettomuuden turvallisuustoimintoihin liittyvä suojausautomaatio
"Sähkölaitteet ja sähkönjakelujärjestelmät, joita tarvitaan toteuttamaan turvallisuusluokan 1 ja 2 järjestelmien turvallisuustoimintoja."
"Sähkönsyöttölaitteet, jotka varmistavat, että turvallisuusluokkaan 2 kuuluvat laitteet saavat sähköä, jos ulkoinen sähkönsyöttö ja päägeneraattoreista saatava oma-käyttösähkö menetetään."

Taulukko 8. Turvallisuusluokitukseen 3 kuuluvat osat (YVL 2.1, Liite, 2)

Laitoksen osat
"Boorinsyöttöjärjestelmän (alkaen valmiin booriliuksen varastosäiliöstä) ne kohdat, joissa järjestelmä tai sen osat eivät kuulu korkeampaan turvallisuusluokkaan."
"Painevesireaktorilaitoksen primääripiirin lisävesi- ja uloslaskujärjestelmän osat, jotka eivät kuulu korkeampaan turvallisuusluokkaan."
"Painevesireaktorilaitoksen hätäsyöttövesijärjestelmän osat, jotka eivät kuulu turvallisuusluokkaan 2."
"Primääripiirin jäähdyttämisessä ja paineen alentamisessa tarvittavat järjestelmät, jotka eivät kuulu korkeampaan turvallisuusluokkaan."
Turvallisuuden kannalta tärkeät jäähdytysjärjestelmät, jotka eivät kuitenkaan kuulu korkeampiin turvallisuusluokkiin
"Turvallisuusluokkiin 2 ja 3 kuuluvien järjestelmien käynnistämässä tai toiminnassa välttämättömät osat, jotka kuuluvat tiivistevesi-, paineilma-, voitelu-, polttoainetms. järjestelmiin."
Radioaktiivisia aineita sisältävät järjestelmät, joiden rikkoutuminen voi lisätä normaaliolosuhteisiin verrattuna henkilöiden saamaa säteilyannosta.
"Ilmastointijärjestelmät, jotka rajoittavat työntekijöiden säteilylle altistumista tai radioaktiivisten aineiden päästöjä ympäristöön."
"Turvallisuusluokkiin 1, 2 ja 3 kuuluvia laitteita sisältävien tilojen ilman jäähdytys- ja lämmitysjärjestelmät, joilla pidetään yllä laitteiden luotettavan toiminnan edellyttämä lämpötila riippumatta ulkoilman lämpötilasta ja ao. tiloihin vapautuvasta hukkalämmöstä."
"Reaktoripaineastian sisärakenteet, jotka eivät kuulu turvallisuusluokkaan 2."
"Ydinpolttoaineen käsittely- ja tarkastusjärjestelmät, joiden virhetoiminta voi vaarantaa polttoaineen eheyden."
Osa nosto- ja siirtolaitteista
"Käytetyn polttoaineen ja nestemäisten jätteiden varastot sisältäen altaat ja säiliöt."
Turvallisuuslaitteita ja työntekijöitä suojaavat rakennukset ja rakenteet
"Muut kuin turvallisuusluokkaan 2 kuuluvat reaktorisuojarakennuksen sisällä olevat betonirakenteet."
Reaktoriin, turvallisuuteen ja valvontaan liittyvät automaatiojärjestelmät
"Sähkölaitteet ja sähkönjakelujärjestelmät, joita tarvitaan turvallisuusluokkaan 3 kuuluvien järjestelmien turvallisuustoiminnon toteuttamisessa."
Vakavan reaktorionnettomuuden sattuessa päästöjä rajoittavat järjestelmät

Taulukko 9. Turvallisuusluokitukseen 4 kuuluvat osat (YVL 2.1, Liite, 2)

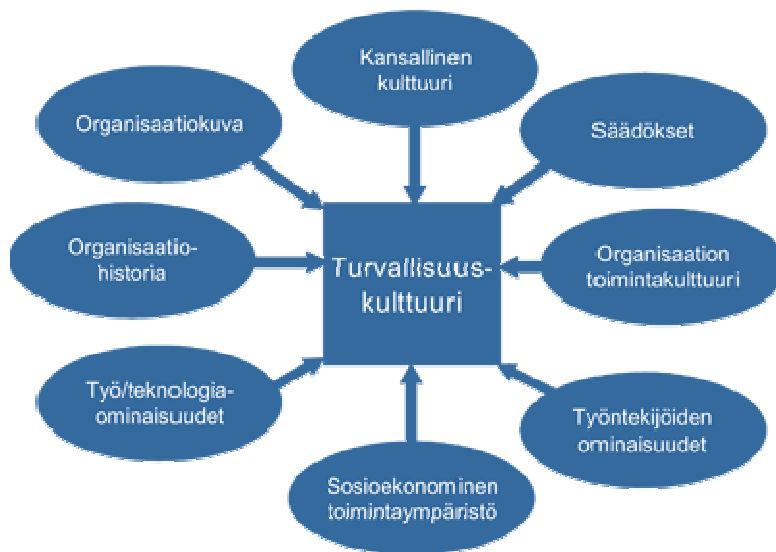
Laitoksen osat
"Palontorjuntajärjestelmät"
"Turpiiniin ja generaattoriin liittyvistä järjestelmistä ja laitteista ne, joilla on merkittävä vaikutus turpiiniin tai generaattorin vaurioitumiseen"
Loput turvallisuuteen vaikuttavat automaatio- ja tietojärjestelmät
"Sähkö- ja automaatiojärjestelmiä ulkoisilta vaikutuksilta suojaavat järjestelmät"
"Laitoksen yhteydenpitojärjestelmät, joita tarvitaan normaalin käytön varmistamiseen ja onnettomuustilanteiden hallintaan."
"Ympäristön säteilyvalvonta ja meteorologiset mittaukset."
"Ulkoisten uhkien valvontaan käytettävät järjestelmät"
Hälytysjärjestelmä laitoksella liikkuvien ihmisten varoittamiseksi uhkaavasta vaarasta.
"Suojarakennuksen sisällä olevien putkistojen ja rakenteiden lämpöeristeet."
"Kiehutusvesilaitoksen syöttövesijärjestelmä."
"Pääsähköjärjestelmät."

Yllä olevat luokitukset ovat vain suuntaa-antavat, koska eri laitostyyppien välillä on eroja eri osakokonaisuuksien turvallisuusmerkityksessä. Ydinvoimalaitokseen liittyvässä erikoisrakentamisessa merkittävimmät turvallisuusluokat ovat 2 ja 3, muutoin rakentaminen ei mainittavasti poikkea tavanomaisesta rakentamistyöstä. Tulevissa YVL-ohjeissa tullaan turvallisuusluokitusten osalta korostamaan vielä enemmän eri syy-seuraus-suhteita, eli kuinka jonkin merkityksettömältä tuntuvan osan toimimattomuus voi vaikuttaa koko laitoksen turvallisuuteen. Tällaisissa tapauksissa osan turvallisuusluokitusta pystytään nostamaan ja voidaan saavuttaa tarkempi kriittinen tarkastelu laitoksen turvallisuudelle. (Nevalainen, Välikangas & Nissinen, 2012)

Luokitusasiakirja toimitetaan luvanhaltijan toimesta STUKille jo ydinvoimalaitoksen rakentamislupavaiheessa, jolloin STUKin täytyy hyväksyä se. Lisäksi asiakirjaa päivitetään suunnittelun edetessä. STUK toimii siis tässäkin vain hyväksyvänä tahona, luonnoksen ja päivitykset tekevät luvanhaltija sekä laitostoimittaja. Tällöin rakentamisprosessin aikana luokitukset ovat jo pääsääntöisesti tiedossa, joten osan tai järjestelmän vaatimustaso on selvillä, mikäli muutoksia turvallisuusluokitukseen ei tule. (YVL 2.1 3.; 5.)

4.4 Turvallisuuskulttuuri

Kuten tässäkin työssä on jo aikaisemmin kerrottu, on kaikkeen ydinvoimalaitostoimintaan liittyvissä asioissa käytössä tiukka turvallisuuskulttuuri. Turvallisuuskulttuurilla tarkoitetaan sitä, että tapaturmissa selkeänä tavoitteena on nollataso, laadunvarmistusta, testausta ja seurantaa pidetään yllä, laatutavoitteista ja niiden valvonnasta ei tingitä ja toimintaa kehitetään jatkuvasti. Koko yrityksen johdosta alaspäin täytyy olla sitoutunut yhteisiin laatutavoitteisiin. Lisäksi toiminnan täytyy olla kuitenkin läpinäkyvää, eli mahdollisista virheistä kerrotaan avoimesti eteenpäin, niitä ei saa peitellä ja ratkaisut mahdollisiin ongelmiin pyritään löytämään mahdollisimman nopeasti ja hyvässä hengessä. Tämän turvallisuuskulttuurin omaksuminen on erittäin tärkeää ydinvoimalaitoksilla toimivilla yrityksillä, jotta onnistunut toiminta on mahdollista. Ydinvoimalaitoksiin liittyvissä asioissa kyse ei ole pelkästään työturvallisuudesta tai yksittäisen osan rikkoutumisesta, vaan kyseessä ovat kokonaisuudessaan paljon isommat turvallisuuskysymykset, eli laitoksen ydinturvallisuus, joka menee kaiken muun edelle tärkeysjärjestyksessä. Tämän vuoksi ydinvoimalaitoksiin liittyvään turvallisuuskulttuuriin panostetaan. Lisäksi turvallisuuskulttuurista on annettava koulutusta, jotta jokainen projekteihin osallistuva työntekijä tiedostaa turvallisuuden ja laadun vaatimukset projekteissa. Turvallisuuskulttuuri ydinvoimalaitoksissa on ollut myös kansainvälisenä vaatimuksena jo pitkään, ja turvallisuuskulttuurin mukaista toimintaa pyritään edistämään ja tuomaan paremmin esille myös kansainvälisesti esimerkiksi IAEA:n toimesta. Kuvassa 7. esitetään IAEA:n ja STUKin mukaiset turvallisuuskulttuuriin vaikuttavat asiat.



Kuva 7. IAEA:n ja STUKin käsitettä turvallisuuskulttuuriin vaikuttavista asioista. (STUK)

Olkiluoto 3:n projekti on ollut hyvä esimerkki siitä, kuinka vaativaa ja kallista Suomessa vaadittavan korkeatasoisen turvallisuuskulttuurin opiskelu on ollut vasta toimitusten alkamisen jälkeen. Tähän asiaan tullaan myös varmasti kiinnittämään tulevissa projekteissa huomiota valvovien tahojen, luvanhaltijan ja pääurakoitsijan puolelta, jotta vastaavat tapahtumat voitaisiin tulevaisuudessa välttää. Vaatimukset turvallisuuskulttuurista koskevat koko ydinvoimalaitoksen rakentamiseen liittyvää organisaatiota, ja esimerkiksi suomalaisilla luvanhaltijoilla on paljon tietoa suomalaiseseen turvallisuuskulttuuriin liittyvistä seikoista. Tästä esimerkkinä ovat Olkiluoto 3 - projektin aikana tehdyissä auditoinneissa olleet erot. Luvanhaltija, eli TVO löysi komponenttitoimittajille tehtävissä auditoinneissa huomattavan paljon enemmän erityyppistä huomautettavaa ja parannettavaa, kuin laitostoimittaja Areva. STUK totesi raportin johtopäätöksissä, että ”TVO:n tekemä Eiffelin auditin tulos vahvisti käsitystä siitä, että TVO:n auditit menevät tarkemmin yksityiskohtiin ja tuottavat enemmän havaintoja kuin FANP:n (Arevan) auditit. Lisäksi havaittiin yhtenevästi muiden esimerkkien kanssa, että ydinvoima-alaa koskevat erityisvaatimukset välittyivät puutteellisesti laitostoimittajalta alihankkijalle.” (2006 a, s. 36). TVO ja muut luvanhaltijat ovat ehtineet sisäistää turvallisuuskulttuurin jo aikaisemman toiminnan aikana, joten heille tiukka valvonta ei ole tullut yllätyksenä, vaan on itsestäänselvyys. Lisäksi luvanhaltijan tiukka suhtautuminen turvallisuusvaatimukseen on erittäin ymmärrettävää, koska luvanhaltija on ydinvoimalaitok-

sen rakentamisprosessissa se osapuoli, joka kantaa kuitenkin lopulta vastuun tehdyistä ratkaisuista ja joutuu maksamaan mahdollisen puutteellisen laadun vuoksi tulevat laitoksen käytön keskeytyskustannukset. Turvallisuuteen liittyvästä koulutuksesta samassa raportissa kuitenkin todettiin, että ”IAEA:n säännösten sekä STUKin ja TVO:n välisten keskusteluiden edellyttämä ns. turvallisuuskulttuurikoulutus kaikille laitostoimitukseen osallistuville on käytännössä yleensä jäänyt toteutumatta.” (STUK, 2006 a, s. 42). Olkiluoto 3 – projektista saatujen kokemusten perusteella turvallisuuskoulutuksen määrää ja laatua tullaan valvomaan tarkemmin seuraavissa toimituksissa.

4.5 Johtamisjärjestelmä sekä laadunhallintajärjestelmä

Johtamisjärjestelmän vaatimus ydinvoimalaitoksiin liittyvässä toiminnassa on Suomessa määritelty valtioneuvoston toimesta seuraavasti: ”Ydinvoimalaitoksen suunnitteluun, rakentamiseen, käyttöön ja käytöstä poistamiseen osallistuvilla organisaatioilla on oltava johtamisjärjestelmä, jolla huolehditaan turvallisuuden ja laadun hallinnasta. Johtamisjärjestelmän tavoitteena on varmistaa, että turvallisuus asetetaan aina etusijalle ja että laadun hallintaa koskevat vaatimukset vastaavat toiminnon turvallisuusmerkitystä. Johtamisjärjestelmää on suunnitelmallisesti arvioitava ja kehitettävä” (VNa 2008/733, 29 §). Johtamisjärjestelmään tulee sisällyttää työturvallisuutta, laadunhallintaa sekä ympäristöä koskevat toimitatavat. Päävastuu koko ydinvoimalaitoksen rakentamisen aikaisesta toimivasta johtamisjärjestelmästä on luvanhaltijalla, jonka johtamisjärjestelmää vastaavilla järjestelmillä alihankkijat pystyvät toteuttamaan tarvittavien vaatimusten mukaiset toimitukset. STUKin vaatimusten mukaan johtamisjärjestelmässä tulee ottaa huomioon seuraavat kansainväliset standardit ja niiden erityyppiset vaatimukset:

- IAEA Safety Requirements, No. GS-R-3, The Management System for Facilities and Activities, August 2006
- IAEA Safety Requirements, No. GS-R-2, Preparedness and Response for a Nuclear and Radiological Emergency, November 2002

- IAEA Safety Requirements, No. NS-R-1, Safety of Nuclear Power Plants: Design, September 2000.
- IAEA Safety Requirements, No. NS-R-2, Safety of Nuclear Power Plants: Operation, September 2000.
- IAEA Safety Requirements, No. NS-R-3, Site Evaluation for Nuclear Installations, December 2003.
- IAEA Safety Requirements, No. NS-R-4, Safety of Research Reactors, June 2005.
- IAEA Safety Requirements, No. WS-R-1, Near Surface Disposal of Radioactive Waste, June 1999.
- IAEA Safety Requirements, No. WS-R-2, Predisposal Management of Radioactive Waste, Including Decommissioning, July 2000.
- IAEA, Management of Operational Safety in Nuclear Power Plants, INSAG-13, 1999.
- SFS-EN ISO 9000:2005, Laadunhallintajärjestelmät. Perusteet ja sanasto, 2005.
- SFS-EN ISO 9001:2000, Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset, 2001.
- SFS-EN ISO 9004:2000, Laadunhallintajärjestelmät. Suuntaviivat suorituskyvyn parantamiselle, 2001.
- SFS-EN ISO 14001, Ympäristöjärjestelmät. Vaatimukset ja opastusta niiden soveltamiseen, 2004.
- OHSAS 18001, Työterveys- ja turvallisuusjohtamisjärjestelmät, SFS:n julkaisema käännös, 2003.
- OHSAS 18002, Työterveys- ja turvallisuusjohtamisjärjestelmät. Ohjeita OHSAS 18001:n soveltamiseksi, SFS:n julkaisema käännös, 2003.

(YVL 1.4, kpl. 3)

Johtamisjärjestelmän yleisimmin yritysten käytössä oleva osa on laadunhallintajärjestelmä. Ydinvoimalaitokseen liittyvään laatujärjestelmään kuuluvat laatujärjestelmien yleiset vaatimukset sekä ydinvoimapuolella olevat erityisvaatimukset. Käytännössä tällainen yleisesti käytössä oleva, kansainvälisesti sopiva ja sitova laatujärjestelmä on tällä hetkellä SFS-EN ISO 9001 – mukainen laadunhallintajärjestelmä, johon voidaan liittää tarkennuksia ydin-

voimalaitoksiin liittyvien toimitusten laadunvalvonnasta. Koska järjestelmä on kansainvälinen, sen periaatteet on sisäistetty kaikkien sertifioitujen yritysten toimintaan, jolloin on helpompi tarkastella myös ulkomaalaisten yritysten laadunhallintajärjestelmiä. Koska ydinvoimalaitosprojektit Euroopassa ovat niin kertaluonteisia, harva yritys on ottanut näitä pelkästään ydinvoimalaitostoimituksiin vaikuttavia standardeja huomioon laadunhallintajärjestelmää tehdessään. Tämän vuoksi tarjouskilpailussa pääsee alkuun jo useimmiten pelkästään ISO 9001 – laadunhallintajärjestelmällä. Laatujärjestelmä ei kuitenkaan ole mikään tae laadukkaalle tuotteelle tai toiminnalle, vaan se on pelkästään toimintamalli, jolla määritellään laadukasta yrityskulttuuria ja yrityksen sisäisiä toimintamalleja. Laatujärjestelmään ydinvoimalaitostoimituksissa on annettu IAEA:n puolesta tarkennuksia. IAEA:n Code 50-C-Q ja Safety Guides 50-SG-Q1 – Q14 ovat tällaisia huomioon otettavia standardeja eritoten vaativamman turvallisuusluokan suunnittelussa ja toimituksissa. Kyseisten standardien noudattamista tai huomioonottamista on vaadittu jo tarjouspyyntövaiheessa sellaisissa tapauksissa, joissa näille vaatimuksille on tarvetta. Luvanhaltijan tulee ottaa yllämainitut standardit suoraan huomioon laadunhallintajärjestelmän tekovaiheessa. STUK tai luvanhaltija voivat vaatia laatujärjestelmään näiden standardien vaatimukset huomioon ottavia parannuksia, mikäli turvallisuustaso niin vaatii. Näiden standardien vaatimukset voidaan ottaa huomioon myös pelkästään projektikohtaisessa laatusuunnitelmassa, mikäli projekti koskee yksittäistoimituksia. (IAEA, 2000, s. 4; YVL 1.4, kpl 3.1)

Laadunhallintajärjestelmään projektitoiminnassa tarvitaan Kerznerin mukaan seuraavat toiminnot, jotka tulee olla sisäistettynä koko yrityksen toimintapolitiikkaan:

- ”Laatupolitiikka
- Laatutavoitteet
- Laadunvarmistus
- Laadunvalvonta
- Laadun auditoinnit
- Laatusuunnitelma” (2006, s. 845)

Laatujärjestelmän etuina ovat vakioidut toimintamallit yrityksen sisällä, paremman asiakas-tyytyväisyyden tavoittelu sekä myös turvallisuuskulttuuriin liittyvä jatkuvan parantamisen periaate. Tärkeä osa laatu- ja johtamisjärjestelmissä ovat myös johdon katselmukset ja sitouttaminen sekä sisäiset ja ulkoiset auditoinnit. Tarkemmat tiedot laadunhallintajärjestelmästä ja sen vaatimuksista löytyy standardista SFS-EN ISO 9001:2008. ISO 9001 – mukaisen laadunhallintajärjestelmän hyväksyy ja sertifioi yleensä niin sanottu kolmas osapuoli, eli jokin akkreditoitu riippumaton taho, jolla on mahdollisuus myöntää tällainen sertifikaatti. Tällaisia yrityksiä Suomessa ovat esimerkiksi Inspecta sekä Det Norske Veritas. Hyväksyntäprosessin aikana yritykseen käydään tekemässä yksi tai useampia auditointeja, jotta toimintatapojen ja yrityksen sisäisten prosessien vaatimustenmukaisuus saadaan selville. Laatujärjestelmään liittymättömiä tai liittyviä auditointeja voi tehdä myös jokin toinen osapuoli, esimerkiksi asiakas, tarpeidensa mukaisesti.

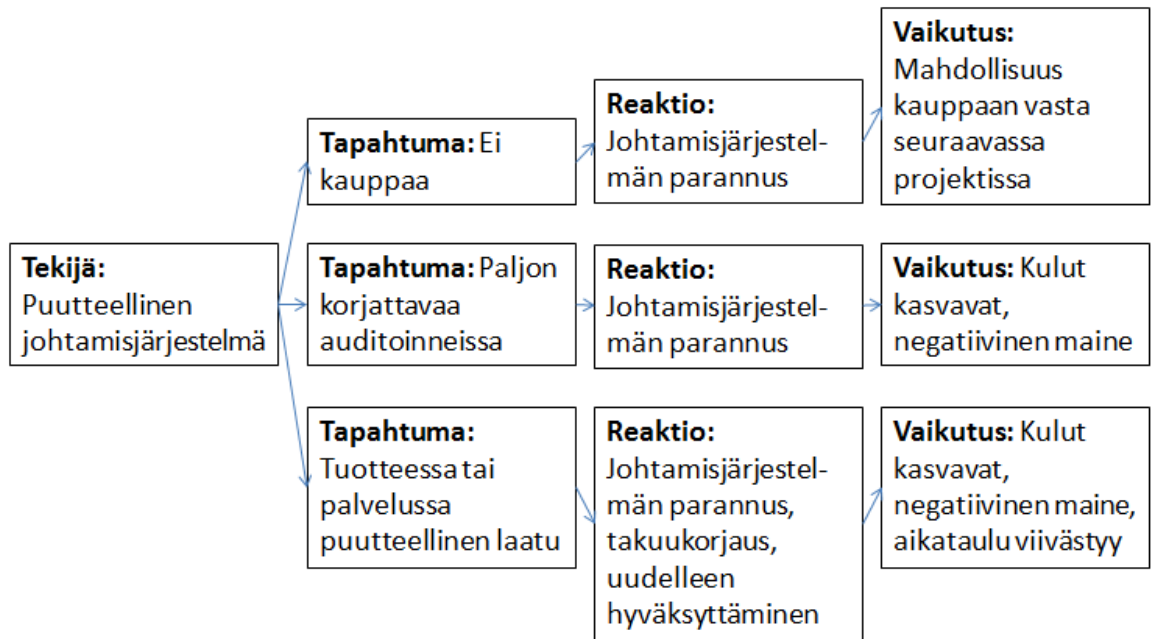
Ydinvoimalaitostoimituksissa kolmannen tahon puolesta sertifioitu SFS-EN ISO 9001 – laadunhallintajärjestelmä on vasta ensimmäinen askel laadunhallintajärjestelmän kehittämisessä ennen lopullisia toimituksia. Laadunhallintajärjestelmän toimivuutta sekä mahdollisia korjaustarpeita siihen tutkitaan usealta taholta. Auditointeja voivat suorittaa niin laitostoitettajan alihankkija, laitostoitettaja, luvanhaltija kuin viranomainenkin. Esimerkkinä Olkiluoto 3 – projektissa reaktorin suojarakennuksen teräsvuorauksen puolalaiselle valmistajalle tehtiin esiauditointi TVO:n, eli luvanhaltijan toimesta, sekä pääauditointi, jossa olivat mukana sekä laitostoitettaja FANP (Areva), TVO että STUK. Kyseisen komponentin valmistuksen valvonta oli myös tarkkaa, koska kyseessä on ydinteknisesti turvallisuusluokkaan 2 kuuluva komponentti, eli sen turvallisuusmerkitys on korkea. Tässä toimituksessa oli myös kyse pitkästä alihankintaketjusta, sillä Arevan alihankkijana toimi teräsvuorauksen rakennesuunnittelija ja toimittaja, jonka alihankkijana tämä puolalainen konepaja toimi. Näiden vuoksi auditointia tahoja oli niin monta. Normaaleissa, turvallisuusmerkitykseltään pienemmissä kohteissa valvontaa ja auditointeja tekevät luvanhaltija sekä laitostoitettaja ja STUK keskittyy valvomaan luvanhaltijan arviointimenettelyjä laadunhallintajärjestelmän osalta. STUK suorittaa kuitenkin valvontaa myös laadunhallintajärjestelmille muun valvonnan ohella. Ydinvoimalaitoksille tapahtuvissa toimituksissa laatujärjestelmän toimivuus-

den ja käytön tulee olla hyvin sisäistetty yrityksen toimintamalleissa, koska laadunhallintajärjestelmän hyvä toiminta on todella tärkeää toimitusprosessin onnistumiselle. Laadunhallintajärjestelmälle tärkeä toiminta poikkeamatilanteissa myös nopeuttaa ja helpottaa mahdollisten ongelmien ratkaisua ja selventää jo etukäteen käytettävät toimintamallit. Kuvassa 8. on esitetty johtamisjärjestelmän kytkökset eri standardeihin ja vaatimuksiin Fennovoiman Hanhikivi 1 – hankkeessa. (STUK, 2006 a, s. 26 – 27; YVL 1.4, 8.3)



Kuva 8. Fennovoiman johtamisjärjestelmän kytkökset eri säädöksiin (Salminen, 2011, s. 22)

Riskien toteutumisesta ja niistä aiheutuvista seurauksista pystytään muokkaamaan erityyppisiä riskiskenaarioita. Näillä skenaarioilla pystytään tarkastelemaan riskin toteutumisen vaikutuksia, kumuloitumista ja tekemään erityyppisiä syy-seuraus –analyysyjä. Riskienhallinnan osalta yksi olennaisimpia riskejä ydinvoimalaitokseen liittyvissä toimituksissa on puutteellinen johtamisjärjestelmä. Kuvassa 9. on esitetty puutteellisesta johtamisjärjestelmästä johdettu riskiskenaario ydinvoimalaitosprojektissa.



Kuva 9. Puutteellisen johtamisjärjestelmän riskiskenaario ja ajatuspuu

Tällaiset puutteellisesta johtamisjärjestelmästä tai sen osana olleesta laatu järjestelmästä tulleet riskit ja niiden toteutumisen seuraamukset olivat voimakkaasti esillä Olkiluoto 3:n reaktorin suojarakennuksen teräsvuorauksen valmistuksessa. Toimivan laatu järjestelmän avulla olisi täytynyt huomata, että hitsauksessa oli pätevöintien vastaisesti liian suuri ilmaraako. Asia jäi käytössä olleesta laatu järjestelmästä huolimatta huomaamatta. Tästä johtuen STUK toteaaakin raportissaan, että ”Ylisuuren ilmaraon käyttö toistuvasti on selvä laadullinen poikkeama virallisesti hyväksytystä toimintatavasta eikä missään nimessä hyväksyttävässä laajuudessa. Hyvin toimivassa laatu järjestelmässä ei tällaista tilannetta pitäisi päästä syntymään.” (STUK, 2006 a, s. 30) Tämä ei kuitenkaan ollut ainoa syy, minkä vuoksi asiaa käsiteltiin raportissa, sillä puutteita löytyi myös muiden osapuolien toiminnassa. Nämä laatu poikkeamat aiheuttivat kuitenkin toiminnan keskeyttämisen, uusia testauksia sekä korjauksia tuotteeseen, joten seuraukset olivat vastaavat kuin riskiskenaarion ajatuspuun alimassa oksassa. (STUK, 2006 a, s. 30 - 32)

4.6 Dokumentointi

Dokumentoinnin tavoitteena on todentaa suunnittelun, valmistuksen sekä lopputuotteen vaatimuksenmukaisuus ja hyväksyttävyyys tarvittaviin käyttöolosuhteisiin. Tarkka dokumentointi on erittäin tärkeä osa-alue ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessissa. Ydinvoimalaitoksen rakentamisprojektia onkin osaltaan sanottu dokumentointiprojektiksi. Laadukasta dokumentaatiota ydinvoimalaitokseen liittyvissä toimituksissa edellytetään niin standardeissa, ohjeissa, turvallisuuskulttuurissa kuin laadunhallintajärjestelmässäkin. Hyvin tehdyllä dokumentaatiolla voidaan jälkikäteen todentaa suoritettujen toimenpiteiden eri projektivaiheiden aikana. Tarkka dokumentaatio lisäksi helpottaa vastuukysymysten selvittämistä mahdollisissa ongelmatilanteissa. Näiden syiden vuoksi dokumentaatio ei ole pelkästään STUKin vaatimukset täyttävä erillinen velvollisuus, vaan se on tärkeää myös työhön osallistuvan yrityksen kannalta. Tässä kappaleessa käsitellään yleisesti dokumentaatioon liittyvät vaatimukset, eri osa-alueiden omat erityisvaatimukset kuvataan kunkin osa-alueen vaatimuksia kuvaavassa kappaleessa.

Ensimmäinen tärkeä dokumentoinnin vaihe on jo saadun tai lähetetyn tarjouspyynnön aikana. Tarjouspyyntöasiakirjat kannattaa taltioida ja dokumentoida tulevaisuutta varten. Esimerkiksi Olkiluoto 3 – projektissa Forssan betonin ja Arevan välillä olleessa kiistassa vastuukysymyksiä on selventänyt se, että tarjouspyyntömateriaali on dokumentoitu oikein. Kyseisessä kiistassa on ollut erimielisyyksiä laatuvaatimuksista toimituksessa, mutta ”Tarjouspyynnössä ei erikseen mainittu, että ydinvoimalaitoksen rakentamisessa laadunhallinnalle asetetaan erityisiä vaatimuksia. Laadunvalvontavaatimukset olisi pitänyt esittää niin selvästi, että tarjoajat olisivat voineet arvioida niistä johtuvan ylimääräisen työmäärän ja myöhemmin toimia ilman laadunvalvonnasta tulevaa ennakoimatonta kustannuspainetta.” Koska tarjouspyynnön yksityiskohdat ovat olleet tallessa, on vastuu näiltä osin siirtynyt tarjouspyynnön lähettäneelle osapuolelle. (STUK, 2006 a, s. 21)

Yleisesti suunnitteluun, valmistukseen ja asennukseen liittyvästä dokumentaatiosta täytyy tulla esiin vähintään seuraavat seikat:

- Lähtötiedot ja -ohjeet
- Aloitust ja ohjeistus
- Henkilöiden koulutus ja päteväinti
- Tekijä
- Tehtävä työvaihe
- Käytetyt menetelmät sekä koneet
- Käytetyt materiaalit sekä niiden seuranta
- Mahdolliset olosuhteet
- Materiaali- ja muut todistukset
- Prosessin aikaiset palaverit, tarkastukset sekä tulokset
- Poikkeamat
- Reagointi poikkeamiin ja korjaavat toimenpiteet
- Yhteydenpito muihin rajapintoihin eli asiakkaaseen, alihankkijaan tai viranomaisiin

Myös hyvin hoidettu suunnittelu on jo itsessään dokumentointia. Pääsääntönä on, että dokumentaatiota ei voi olla liikaa, sillä liian yksityiskohtaisesta dokumentaatiosta on kuitenkin helpompi etsiä tarvittavat tiedot kuin liian karkeasti tehdystä. Dokumentaatioon ei tule kuitenkaan sisällyttää epäoleellisuuksia. Dokumentaatiota ydinvoimalaitosprojektissa tarvitsevat sekä alihankkijat, laitostoimittaja, luvanhaltija kuin viranomaisetkin. Lisäksi hyvin tehty dokumentaatio lisää osapuolten oikeusturvaa virhetilanteissa. Dokumentaation suurin hyöty on kuitenkin turvallisuuden ja käytettävyyden lisääntyminen. Esimerkiksi jonkun laitteen vikaantuessa voidaan saman laite-erän laitteet ottaa erikoistarkasteluun ja korjata tai vaihtaa ne paremmin toimiviksi. Tällöin jo tehdyt virheet on helpompi korjata tulevaisuutta ajatellen ja tehdyistä virheistä opitaan. Dokumentoinnin eteenpäin toimittamisesta ja tarvittavasta laajuudesta on yleensä sovittava asiakkaan kanssa. Alihankkijoiden ydinturvallisuuden liittyvän dokumentoinnin tarkastaa pääurakoitsija, luvanhaltija sekä STUK, joten hyvällä dokumentoinnin tasolla pystytään säästämään vaivaa koko ydinvoimaorganisaatiossa. Tarkastajina voi lisäksi toimia myös jonkun yllämainitun osapuolen määrittämiä ulkopuolisia tahoja.

Suurin osa dokumentoinnista tulee tehdä jo suunnitteluvaiheessa. Suunnittelusta tulee toimittaa eteenpäin tarvittavat dokumentit. Dokumentoinnin kannalta tärkein yksittäinen dokumenttipaketti, jossa on kuvattu koko ydinvoimalaitoksen toimintaperiaatteet, on turvallisuusselonteko. Turvallisuusselonteosta vastaa kokonaisuudessaan luvanhaltija, mutta myös yksittäisten suunnittelijoiden tulee ottaa osaltaan huomioon turvallisuusselontekoon tarvittavat tiedot. STUKin mukaan suunnitteluperusteista, pois lukien EYT-järjestelmät, joilla ei ole toiminnallista vaikutusta, tulee tuoda esille seuraavat asiat:

- ”Järjestelmän tarkoitus, siihen liittyvät turvallisuustoiminnot sekä järjestelmälle asetettavat turvallisuutta koskevat suunnittelutavoitteet
- Järjestelmän suunnitteluperusteille YVL-ohjeissa, standardeissa, normeissa jne. esitetyt vaatimukset, mm. vikakriteeri, erilaisuusperiaatteen toteutuminen ja fyysistä erottelua koskevat vaatimukset
- Järjestelmän ympäristöolosuhteet ja niistä aiheutuvat suunnitteluvaatimukset
- Selvitys siitä, miten järjestelmän ulkopuoliset onnettomuudet ja muut sen toimintakykyä haittaavat tekijät on otettu huomioon suunnittelussa (tulvat, tulipalot, maanjäristykset, rankat sääolosuhteet, luonnonilmiöiden vaikutukset, missiilit, räjähdykset ja muut ulkoiset uhat)
- Järjestelmän ja sen laitteiden turvallisuusluokitus
- Järjestelmän luotettavuustavoite ja sen merkitys turvallisuustoiminnon luotettavuuden ja sydänvauriotaajuuden kannalta
- Järjestelmän suunnitelluissa käyttötilanteissa esiintyvät, järjestelmän mitoitusperusteena käytettävät parametrit (esim. paine, tilavuusvirtaus, lämpötila, jäähdysteho, virtaavan aineen koostumus ja säteilytaso) ja näiden perusteella järjestelmän laitteille asetetut toiminta-arvo- ja rakennemateriaalivaatimukset
- Järjestelmän toiminnalliseen suunnitteluun liittyvät laskelmat ja perustelut tai viitteet erillisiin selvityksiin, aihekohtaisiin raportteihin, analyysihin ja muihin asiakirjoihin, joissa nämä asiat esitetään.” (YVL 2.0, kpl. 3.3)

Lisäksi järjestelmän toimintakuvaukseen tulee:

- ”Järjestelmän prosessi- ja instrumentointikaavio (PI-kaavio), josta käyvät ilmi järjestelmän rajat ja yhteydet muihin järjestelmiin sekä toiminnassa keskeiset prosessitekniset parametrit
- Ohjausta, säätöä ja instrumentointia koskeva selvitys
- Selvitys periaatteista, joiden mukaan järjestelmän toimienergia varmennetaan
- Järjestelmän laite- ja mittapisteluettelot.” (YVL 2.0, kpl. 3.3)

Koska yllämainitut vaatimukset ovat laajat ja kuvaavat tarkasti ydinvoimalaitoksen toimintaprosessia, täytyy tarkka dokumentaation taso säilyttää koko suunnitteluketjussa. Dokumentaatioon voi näiden tietojen lisäksi olla vaadittu muitakin tarvittavia tietoja. Dokumentaation tarve ja laajuus kannattaa aina selvittää enne kuin projekti alkaa, jotta jälkikäteen ei tarvitse etsiä dokumentointiin vaadittavia tietoja. Mikäli lähdemateriaaliin tai standardeihin liittyy joitain huonosti saatavilla olevaa materiaalia, kannattaa tällaiset toimittaa muun suunnittelumateriaalin kanssa STUKille.

4.7 Suunnittelu

Ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessin aikainen suunnittelutyö on erittäin laaja ja vaativa kokonaisuus. Esimerkiksi Talouselämä-lehden mukaan ydinvoimajakkeen suunnittelu- ja selvityskustannukset ovat noin 300 miljoonaa euroa (Kankare, 2011). Mikäli suunnittelun keskikustannukset ovat 60 €/h, on laitoksessa suunnittelua noin 5 miljoonaa tuntia eli noin 2730 henkilötyövuotta. Laitoksen laajuus ja monimutkaisuus tuo töitä hyvin erityyppisille suunnittelun aloille. Laitostyyppien perussuunnittelu on tyypillisesti tehty jo aika valmiiksi laitostoimittajan puolesta, mutta maakohtaiset erityisvaatimukset, kuten Suomessa esimerkiksi talviolosuhteet, sydänsulan sieppari ja lentokoneen törmäyksen kesto, täytyy kuitenkin ottaa huomioon kohdesuunnittelussa. Ennen rakentamisprosessia ja rakentamisprosessin aikana ydinvoimalaitosprojekti tarjoaa töitä pääsääntöisesti seuraavien alojen suunnittelijoille:

- Infrastruktuurin suunnittelu
- Rakennustekninen suunnittelu ja – mitoitus
- Putkistosuunnittelu ja – mitoitus
- Painelaitesuunnittelu ja – lujuuslaskenta
- Rakennesuunnittelu ja – mitoitus
- Sähkö- ja automaatio-suunnittelu
- LVI-suunnittelu
- Prosessisuunnittelu
- Lämpötekniikka suunnittelu
- Säteilysuojelun suunnittelu

Lisäksi laitokselle täytyy tehdä turvallisuusjärjestelmien suunnittelua, testaussuunnitelmia, turvallisuus- ja todennäköisyysanalyyskejä sekä muita vastaavia suunnittelu- ja mallinnustöitä. Monipuolisuudesta johtuen ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessi on hyvä työllistäjä monella eri alalla. Tässä kappaleessa käsitellään ydinvoimalaitossuunnittelun peruseriaatteita sekä vaatimuksia viranomaisten ja muiden tahojen osalta suunnitteluun osallistuville osapuolille. Lisäksi tässä käsitellään myös esimerkkejä Olkiluoto 3 – projektin suunnittelusta ja siitä opittavista asioista.

4.7.1 Yleistä ydinvoimalaitoksen suunnittelusta

Koko ydinvoimalaitoksen tärkein suunnitteluperuste on itse sähköntuotannon lisäksi turvallisuus, jonka taustalla on syvyysuuntainen puolustusjärjestelmä. Ydinvoimalaitoksen turvallisuudesta ja sen tasosta on käytetty nimeä SAHARA-periaate eli turvallisuus tulee saada niin korkeaksi kuin järkevästi on mahdollista. Tämä periaate tulee ottaa huomioon koko ydinvoimalaitoksen suunnittelu- ja rakentamisprosessissa. Muita suunnitteluperusteita ovat riittävät turvallisuusmarginaalit, korkea laatu ja konservatiivisuus. Konservatiivisuudella tarkoitetaan tässä tapauksessa sitä, että valitaan mieluummin turvalliseksi todettu vaihtoehto. Vaihtoehto voi olla kuitenkin uusi ja innovatiivinen, kunhan sen toimivuus todistetaan riittävän tarkasti. Turvallisuuteen liittyvässä suunnittelussa järjestelmän suunnittelumene-

telmät on jaettu kahteen eri osa-alueeseen; deterministiseen sekä todennäköisyysperäiseen suunnitteluun. Turvallisuussuunnittelu on tärkeänä osana myös koko ydinvoimalaitokseen liittyvää riskienhallintaa ja sen analysointia. Etukäteen hyvin tehty suunnittelu mahdollistaa myös modulaaristen osien laajemman käytön ydinvoimalaitoksen rakentamisessa.

YVL-ohjeissa suunnittelumenetelmiä on kuvailtu seuraavilla tavoilla: ”Deterministisillä suunnittelumenetelmillä tarkoitetaan menetelmiä, joissa luonnontieteellisen teorian ja kokemusperäisen tiedon perusteella laite tai järjestelmä suunnitellaan toimimaan siten, että se toteuttaa fysikaalisen toiminnon halutulla tavalla ja teknisesti tarkoituksenmukaisesti. Syyn ja seurauksen riippuvuus tunnetaan tarvittavalla tarkkuudella, jolloin järjestelmien ja laitteiden toiminta voidaan suunnitella ja käyttäytyminen ennustaa riittäväällä tarkkuudella myös poikkeavien tilanteiden varalta. Todennäköisyyspohjaisilla tarkasteluilla (PSA) arvioidaan eri turvallisuustoimintojen luotettavuutta ja niiden välistä suunnittelun tasapainoa. Laitos on suunniteltava sellaiseksi, että laskennalliset riskit jakautuvat siten, että mikään yksittäinen laite, järjestelmä, ilmiö tai muu tekijä ei dominoi riskiä ja siten, että vaikeasti hallittavien riskien osuus on mahdollisimman pieni. Tällä tavoin suunniteltu laitos on suunnittelultaan tasapainoinen.” (YVL 2.0, kpl. 2.1). Koska kaikkien ydinteknisesti luokiteltujen järjestelmien vaatimuksiin kuuluu korkea turvallisuustaso ja niiden täytyy täyttää turvallisuustekniset vaatimukset myös mallintamisessa sekä eritoten poikkeustilanteissa, on yllä olevat menetelmät ja niiden käyttö hyvä tiedostaa jo ennen suunnittelun aloitusta. (El-Shanawany, 2010; YVL 2.0, kpl. 2.2)

4.7.2 Yleiset vaatimukset suunnittelulle

Kuten kaikissa muissa ydinvoimalaitosprojektiin osallistuvissa organisaatioissa, tulee myös suunnitteluorganisaatiolla olla hyväksytty johtamis-, tai laadunhallintajärjestelmä. Lisäksi eri turvallisuusluokkien järjestelmien suunnitteluun vaaditaan eri määrät työkokemusta ja muuta näyttöä. Suunnittelukriteerit ja –vaatimukset voi määrittellä usea eri taho. Pääsääntöisesti peruskriteerit on määritelty jo laitostoimittajan yleissuunnittelussa kohteelle. Maakohdittaiset suunnittelukriteerit on myös otettava huomioon. Lisäksi luvanhaltija tai valvova vi-

ranomainen voivat ottaa kantaa kriteereihin. Suunniteltavan järjestelmän turvallisuusluokitus vaikuttaa myös suunnittelun vaatimuksiin. Olkiluoto 3 –projektissa esimerkiksi betoniselle pohjalaatalle, jonka turvallisuusluokitus on 2, suunnitteluvaatimukset määritteli laitos-toimittaja eli Areva yhdessä muun suojarakennuksen suunnittelua. Perussuunnittelu tehtiin Suomen rakennusmääräyskokoelman osan B4 sekä betonirakenteisiin liittyvän Euronormi prEN 1992-1-1, April 2003 mukaisesti. Laatta kuului rakenneluokkaan 1, joten suunnittelevilla ja valvovilla tahoilla täytyi olla kyseisen luokan pätevyydet. Rakenneluokka 1 on vaativin, ja se vaatii henkilöstöltä erityistä pätevyyttä. (STUK, 2006 a, s. 6 – 7)

Suunnitteluun tuo vaativuutta se, että järjestelmän riippuvuudet muihin järjestelmiin tulee todentaa ja tarkistaa, jotta suunniteltu järjestelmä tai sen vikaantuminen ei vaaranna muiden järjestelmien toimintaa. Suunnittelun vaativuutta lisää myös se, että siinä täytyy ottaa huomioon kaikki riskitekijät ja mahdollisen onnettomuuden aikaiset ääriolosuhteet. Eri järjestelmien täytyy olla suunniteltu siten, että ne ovat käytön aikanakin tarkastettavissa kokeellisesti toiminnan kannalta, sekä tarvittaessa mahdollisimman hyvin huollettavissa. (YVL 2.0, kpl. 2.2)

4.7.3 Säteilyn ja säteilysuojelun vaatimukset suunnittelulle

Säteily on yksi merkittävä haaste ydinvoimalaitoksen suunnittelussa. Säteilyannoksista on ydinvoimalaitoksilla käytössä niin sanottu ALARA-periaate, eli säteilyn tason tulisi olla niin pieni, kuin järkevästi on mahdollista toteuttaa. Tämä periaate on erittäin tärkeä ydinvoimalaitoksen järjestelmien suunnittelussa, koska hyvin tehdyllä suunnittelulla ja esivalmisteluilla pystytään laskemaan työntekijöiden säteilyannokset mahdollisimman pieniksi. Säteilysuojelun korkean tason saavuttamiseksi tehty suunnittelu ja toimenpiteet ovat ydinvoimalaitoksella yhtä merkittävässä roolissa, kuin syvyysuuntainen puolustusjärjestelmä.

Ydinvoimalaitosta ja sen osia suunniteltaessa on oltava saatavilla säteilysuojelun asiantuntemusta. Suunnittelussa on otettava huomioon henkilökohtaiset sekä kollektiiviset säteilyannokset kuviteltavissa käyttötilanteissa. Huomioon tulee ottaa säteilylähteiden, eli reak-

torin, reaktorijärjestelmien sekä jätteiden ja polttoaineen aktiivisuusmäärät sekä sijaintipaikat. Varmuuskorjausten on oltava riittävät ja tarvittaessa rakenteet on varustettava erillisillä säteilysuojilla tai labyrinttirakenteilla säteilyannosten pienentämiseksi. (YVL 7.18, kpl 1 - 2.2)

Primääripiirin jäähdytteen kanssa kosketuksessa olevissa järjestelmissä täytyy ottaa huomioon korrosio ja dekontaminoitavuus, sekä tehdyt materiaalivalinnat tulee esittää dokumentaatioissa. Säännölliset työskentelytilat tulee suunnitella ja luokitella siten, että säteilyriskit niissä ovat mahdollisimman alhaiset. Esimerkiksi huoltojen aikana käytettävissä tiloissa, joissa annosnopeus on suuri, tulee suunnittelu ja järjestely tehdä siten, että tiloissa täytyy olla mahdollisimman vähän aikaa. Ilmastointi täytyy suunnitella siten, että huonetiloissa on käytettävissä niin puhdasta ilmaa, ettei hengityssuojaimia tarvitse käyttää ja mahdollisen radioaktiivisuuden lähde pystytään jäljittämään. Yleisesti muuhunkin työturvallisuuteen liittyvä suunnittelu täytyy tehdä laadukkaasti ja suunnittelussa täytyy ottaa huomioon myös huoltojen ja muiden seisokkien suuremmat työntekijämäärät. (YVL 7.18, kpl 2.3 - 2.4)

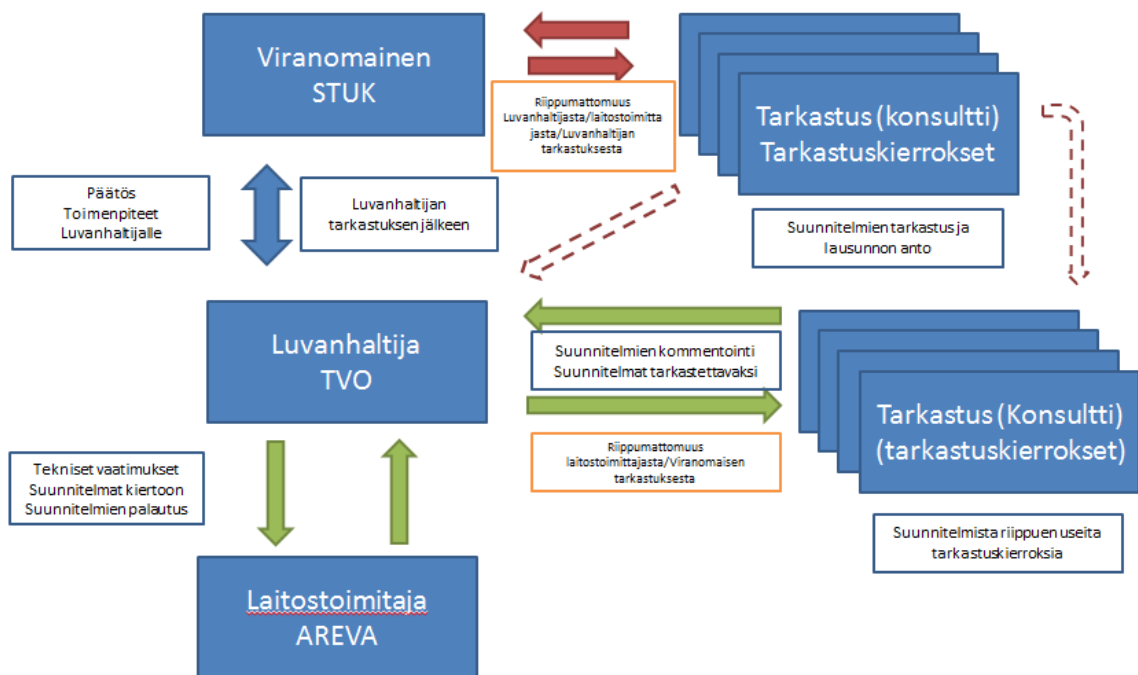
Ydinvoimalaitokselle suunnitellaan erillinen valvonta-alue, jossa tarvittavat säteilysuojeluun ja säteilyn mittaukseen sekä muuhun ensiaputoimintaan liittyvät toimenpiteet voidaan tehdä. Mahdollisuudet ja olosuhteet dekontamointiin tulee saada niin hyviksi kuin mahdollista. Pintojen tulee olla kestäviä ja helposti puhdistettavia, lisäksi laitoksella tulee olla riittävät tilat dekontamoinnin järjestämiseen sekä siellä dekontamointiin tarvittavat laitteet. Laitosta suunnitellessa tulee myös ottaa huomioon suurempien huoltojen ja käytöstä poiston vaatimukset, jotta materiaalit kontaminoituvat mahdollisimman vähän, sekä suuretkin laitteet ovat helposti purettavissa. Tärkeimpien toimintojen tulee olla tehtävissä myös vakavien onnettomuuksien aikana. Siitä, kuinka mahdollisissa onnettomuustilanteissa vapautuneet radioaktiiviset aineet kulkeutuvat sekä millaiset annosmäärät niistä saadaan, täytyy myös tehdä arvio. Yleisesti suunnittelu täytyy tehdä siten, että tarvittavat toiminnot onnistuvat myös säteilysuojavarusteissa. Putkilinjat, joissa on radioaktiivista materiaalia, täytyy pitää erillään puhtaan materiaalin putkista. Lisäksi putkien täytyy olla tehty mahdolli-

simman vähäisillä hitsausliitosten määrillä sekä niiden tulee olla valvottavissa ja huollettavissa. (YVL 7.18, kpl 2.5 – 3.5)

STUKin YVL-ohjeissa mainitaan, että ”Ydinvoimalaitoksen alustavassa ja lopullisessa turvallisuusselosteessa sekä järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden tarkastusaineistoissa on esitettävä, miten tämän ohjeen mukaiset vaatimukset toteutetaan tai on toteutettu ydinvoimalaitoksen suunnittelussa ja rakentamisessa. Lisäksi tulee esittää erilliselvitys tärkeimmistä säteilysuojelun ratkaisuista, joilla ALARA-vaatimus on ydinvoimalaitoksella toteutettu.” (YVL 7.18, kpl 4) Lisäselvityksinä tarvitaan myös työntekijäkohtaiset annosmääräarviot normaalissa käytössä ja huollossa sekä onnettomuustilanteissa. Nämä vaatimukset kannattaa ottaa huomioon koko suunnittelun ajan, jotta turvallisuusselontekojen valmistelu ja hyväksyntä sujuvat vähemmällä vaivalla. Säteilysuojelun vaatimukset ja haasteet heijastuvat koko reaktorirakennuksen suunnitteluun. Lisäksi kiehutusvesireaktoreissa täytyy säteilyturvallisuusnäkökohdat ottaa huomioon myös turbiinihallissa, koska primääripiirin vesi kiertää myös siellä. (YVL 7.18, kpl 4)

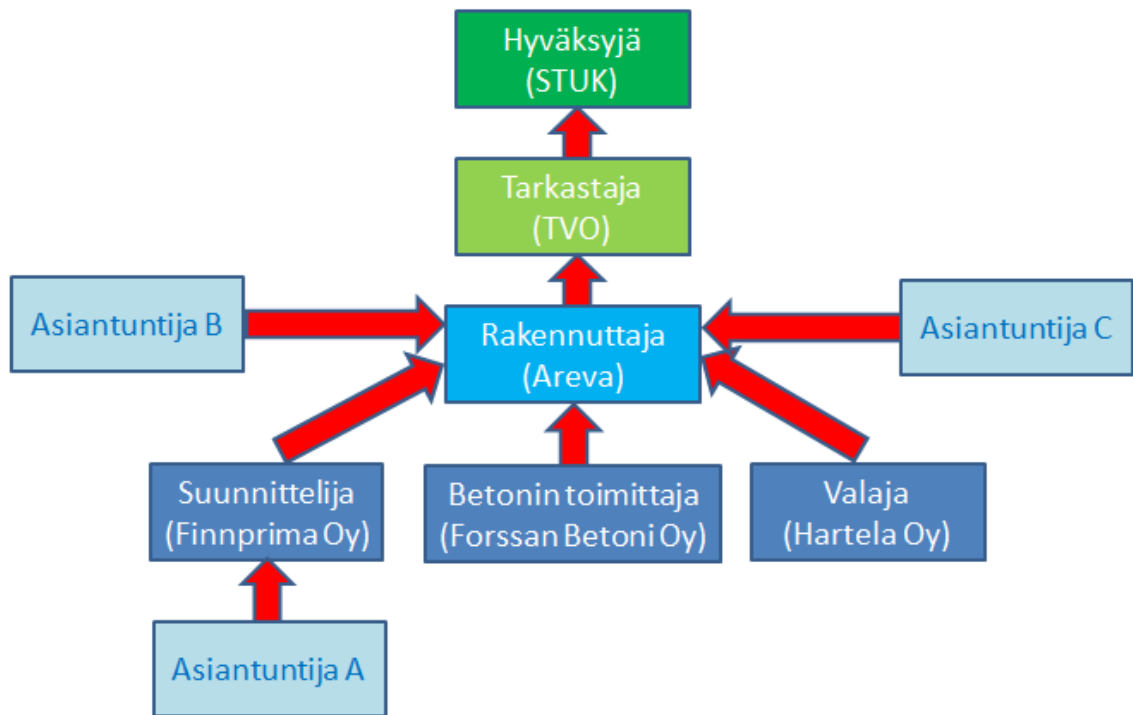
4.7.4 Aikataulut ja organisaatiot suunnittelussa

Käytännössä suunnittelutyön ydinvoimalaitoksella täytyy olla hyvin proaktiivista. Hyväksyntäketjut turvallisuusluokitelluilla laitteilla ovat pitkiä ja monimutkaisia, minkä seurauksena suunnitelmien hyväksynnöissä menee yleensä pitkään. Esimerkki tarkastus- ja hyväksyntäketjusta OL3-projektissa on esitetty kuvassa 10.



Kuva 10. Suunnitelmien tarkastus- ja hyväksyntäprosessi OL3-projektissa (Nissinen, 2012)

Valmistumisen aloitus on myös riippuvainen suunnitelmista, joten suunnittelun oikein tehty aikataulus on todella kriittinen onnistuneen projektin kannalta. Esimerkkiprojektina olevassa Olkiluoto 3:ssa laitostoimitaja mainitsi useaan kertaan koko laitoksen viivästymisyyksi suunnittelun odotettua pidemmän ajantarpeen tai viivästymisen, kuten taulukossa 1. mainitaan. Tämä seikka nousi myös merkittäväksi tekijäksi STUKilla tehdyssä haastattelussa. Haastattelussa todettiin, että ”rakentamislupavaiheen suunnitelmien kypsyyssasteella on suuri merkitys loppuprojektin aikataululle” (Nevalainen, Välikangas & Nissinen, 2012). Eli myös tämä seikka korostaa suunnittelun proaktiivisuuden merkitystä. Betonisen reaktorirakennuksen pohjalaatan suunnittelu-, toteutus- ja valmistusketju oli projektissa kuvan 11. mukainen. Kuva tuo hyvin esille eri hyväksyntäprosessien monimutkaisuuden kyseisessä projektissa.



Kuva 11. Pohjalaatan valutyön organisaatiokaavio OL3:ssa

Haastetta tähän työhön toi vielä lisää se, että eri toimittajat eivät saaneet kommunikoida suoraan keskenään, vaan kommunikaation tuli kulkea Arevan kautta. Lisäksi suunnittelussa betonikoostumuksessa oli vielä epäselvyyksiä, joten lopulta STUK joutui pyytämään lisäselvitystä ja tekemään korjausehdotukset organisaatioiden toiminnan parantamiseksi. (STUK, 2006 a, s. 6 – 25)

Aikataulutuksesta suunnittelussa kannattaa keskustella projektin osalta jo ennen sen aloittamista. Esimerkiksi betonirakenteiden kohdalta STUK suosittelee asiakirjojen toimittamista vähintään kuusi kuukautta ennen kyseisen työvaiheen aloittamista turvallisuusluokan 2 laitteille ja turvallisuusluokan 3 laitteille vähintään kaksi kuukautta ennen kyseisen työvaiheen aloittamista. EYT-luokan asiakirjoja ei tarvitse toimittaa STUKille, mutta niiden täytyy käydä läpi muu hyväksyntäprosessi luvanhaltijalla ja kohteesta riippuen muilla toimijoilla, esimerkiksi rakennusvirastossa. Vaatimuksena on, että ”Suunnitteluasiakirjojen tulee olla hyväksytyt ennen kyseessä olevan työvaiheen aloittamista”. (Nevalainen, 2012, s. 20)

Esimerkkiprojektina toimivassa Olkiluoto 3:ssa suunnittelun aikataulus ja heikko valmistusaste ovat olleet yksi suurimpia haasteita aikataululle sekä kustannuksille. STUKin raportissa todettiin jo projektin alkuvaiheessa seuraavat asiat:

- ”OL3-projektin hallittua toteutusta ja aikataulussa pysymistä on vaikeuttanut yksityiskohtaisten suunnitelmien hidas valmistuminen suhteessa siihen, miten ripeästi rakentajat ja laitteiden valmistajat pystyisivät toimimaan, jos suunnitelmat olisivat ajoissa käytettävissä.”
- ”Yksityiskohtainen suunnittelu (esim. betonin lujuusvaatimusten ja betoniraudoituksen määrittelyyn tarvittavat rakenteiden mitoituslaskelmat ja lopulliset työmaapiirustukset) oli tekemättä, ja siihen vaadittava aika ja työmäärä oli selvästi aliarvioitu. Ylimääräisen ongelman aiheutti se, ettei laitostoimittaja tuntenut suomalaista toimintatapaa.”
- ”STUK:in kokemus on, että TVO:n OL3-projektin STUK:ille toimittamat aineistot ovat toisinaan heikkolaatuisia ja tarkastajia pyydetään suorittamaan rakennetarkastusta kohteeseen, jossa esimerkiksi suunnitteluaineiston hyväksyntä ja laadunvalvonta-aineisto eivät ole vielä kunnossa.” (STUK, 2006 a, s. 40)

Tämänsuuntaisista huomioista johtuen suunnittelun aikataulus tulee varmasti olemaan yksi asioista, joihin tulevissa ydinvoimaprojekteissa tullaan kiinnittämään eniten huomiota sekä viranomaisten, luvanhaltijan että laitostoimittajan puolelta. Mielenkiintoisuutta suunnitteluun ja sen resurssien riittävyyteen lisää myös se, että Suomen kuudennen ja seitsemännen ydinvoimalaitoksen oletettu rakennusaika on sama. Tämä tulee lisäämään painetta niin suunnitteluorganisaatioissa kun myös STUKin valvonnassa. Tästä johtuen viivästymiset suunnittelussa pyritään varmasti minimoimaan ennen seuraavien projektien rakentamisen aloitusta. Mikäli Arevasta tulee jommankumman projektin laitostoimittaja, on heillä myös vielä ajankohtaista tietoa suunnittelun vaatimuksiin liittyen Suomessa. Myös muut laitostoimittajat ovat varmasti tehneet tutkimusta suomalaisista viranomaiskäytännöistä Olkiluoto 3 – projektissa ja yrittävät ottaa aikatauluvaatimukset huomioon seuraavia laitoksia rakennettaessa.

Organisaatioissa suunnittelun osalta on myös sama ketju kuin muillakin osa-alueilla. Alihankkija toimittaa asiakirjat laitostoimittajalle, joka toimittaa ne luvanhaltijalle, josta ne menevät viranomaiselle eli STUKille tarkastettavaksi. Mikäli tiedoissa huomataan puutteita tai virheitä, täytyy asiakirjojen kulkea sama ketju uudestaan edestakaisin. Tämän vuoksi suunnittelussakin on erittäin tärkeää tehdä työ heti alussa riittävällä laatu tasolla, jottei aika- tauluun tulisi turhia viivästyksiä.

4.8 Erityyppiset hyväksynät ja sertifioinnit

Tässä kappaleessa käsitellään erilaisten tuotteiden hyväksyntäprosesseja ja vaatimuksia ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessin aikana tai sitä ennen tehtävissä hyväksynnöissä. Yleishyväksynät ovat jonkun tietyn laitteiston, rakenteen tai järjestelmän hyväksyntöjä tiettyyn kohteeseen sopivaksi. Tyyppihyväksytyt ja sertifioidut tuotteet ovat sellaisia tuotteita, joiden ominaisuudet on jo etukäteen testattu ja todettu tiettyihin käyttö- ja vaatimusolosuhteisiin sopiviksi. Tällöin näitä tuotteita ei enää välttämättä tarvitse testata erikseen asennettaessa tai käytettäessä niitä käyttöolosuhteisiin sopivalla kohteella. Ennalta hyväksytyt tuotteet ja laitteistot vähentävät merkittävästi hyväksyntälaitosten kuormitusta ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessin aikana. Tällaisia ennalta suoritettuja hyväksyntöjä ovat sekä kansalliset tyyppihyväksynät sekä sertifioidut tai CE-hyväksytyt tuotteet.

Yleisistä hyväksynnöistä ydinteknisesti luokitelluille tuotteille, laitteistoille sekä rakentamismenetelmille vastaa STUK omien ohjeidensa mukaisesti. Ydinenergialaissa on tähän liittyen määritelty seuraavasti: ”Säteilyturvakeskuksen turvallisuusvaatimukset velvoittavat luvanhaltijaa, kuitenkin niin, että luvanhaltijalla on oikeus esittää muunkinlainen kuin vaatimuksissa edellytetty menettelytapa tai ratkaisu. Jos luvanhaltija vakuuttavasti osoittaa, että esitetty menettelytapa tai ratkaisu toteuttaa tämän lain mukaisen turvallisuustason, Säteilyturvakeskus voi sen hyväksyä.” (7 r §). Ennen STUKia myös luvanhaltija ottaa kantaa erilaisiin uusiin ratkaisuihin. Uusiin tuotetyyppeihin tai teknisiin ratkaisuihin vaikuttaa myös turvallisuusluokitelluilta rakenteilta vaadittava konservatiivisuuden periaate. Konser-

vatiivisuuden periaatteen mukaan käytetään mieluummin riittävän varmasti teoreettisesti ja kokeellisesti hyväksi havaittuja ratkaisuja, kuin uusia ratkaisuja, joiden toimivuutta ei ole todennettu. Mahdolliset uudet ratkaisut vaativat laajat laskelmat, testaukset ja muut esiselvitykset. Lisäksi tällaiset uudet ratkaisut käsitellään STUKissa normaalia ylemmällä taholla, jotta niiden toimivuudesta voidaan olla varmoja. Nämä syyt tekevät uusista menetelmistä, laitteistoista ja rakennustavoista hitaampia käyttöönotettavia ydinvoimalaitosprojekteissa kuin muissa vastaavissa projekteissa. Yleishyväksyttävien kohteiden tulee täyttää STUKin niille asettamat vaatimukset. Lisäksi toimivuuden tutkimisen ja testauksen tulee olla riittävän laajasti dokumentoitu ja tulosten sellaisia, että hyväksyttävällä järjestelmällä saavutetaan vähintään haluttu turvallisuustaso sekä käytettävyys. Hyväksynnän saamiseksi täytyy tuotteen myös olla pitkäkestoinen, koska uusien ydinvoimalaitosten suunniteltu käyttöikä on 60 vuotta. (STUK, 2007; Nevalainen, Välikangas & Nissinen, 2012)

Järjestelmien toiminta vikatilanteissa ja vaikutukset muihin järjestelmiin sekä niiden turvallisuustoimintoihin tulee myös todentaa. Tällaisilla laitteistoilla kannattaa varautua pitkään hyväksyntäaikaan, koska mahdolliset lisäselvitykset ja –kokeet sekä niiden tulosten analysointi on myös pitkä prosessi. Lähtökohtaisesti tällaiset selvitykset ja hyväksynät vaihtoehdoisille järjestelmille, laitteille tai menetelmille kannattaisi hyväksyttää luvanhaltijalla ja viranomaisilla ennen rakennusprojektin aloittamista, jottei hyväksyntäproseduuri vaikuta valmistuksen ja rakentamisen aikatauluihin. Yleishyväksyntöjä haetaan laitteisiin, joiden toimivuus täytyy todentaa ydinvoimalaitosympäristössä tai sellaisille kokonaisuuksille, jollaisia ei voida muuten tyyppihyväksyttää tai sertifioida. Järjestelmäkokonaisuudessa voi olla osana yksittäisiä jo etukäteen tyyppihyväksytyjä tai CE-merkittyjä laitteita, mutta näiden laitteiden toimivuus yhdessä sekä vaatimuksenmukaisuus tulee selvittää yleishyväksyntäprosesseissa. Kaikkien laitteistojen toimivuus yhdessä kootaan lopulta turvallisuusselonteeseen. Mikäli laitteistolla ei ole ydinturvallisuutta koskevaa luokitusta, hyväksynnän hoitavat muut viranomaistahot sekä riippumattomat toimijat, mikäli STUK ei määrää toisin. Yleishyväksyntöihin liittyviin testeihin ja analyyseihin STUK voi käyttää ulkopuolisia hyväksyntälaitoksia, kuten esimerkiksi VTT:tä. VTT:llä on mahdollisuus tehdä tuotteille tarvittavia rasis- ja elinkaarikokeita sekä muita tutkimuksia tuotteen käytettävyyden ja laa-

dun varmistamiseksi. Tällöin myös VTT:n lausunto vaikuttaa lopullisen tuotteen yleishyväksyntään. (STUK, 2007)

Tyyppihyväksynnöissä ja Euroopan kattavissa hyväksynnöissä jokin tietty tuote hyväksytään käytettäväksi tietyissä olosuhteissa sekä täyttää sille asetetut ehdot. Hyväksynnit liittyvät pääosin useasti käytettäviin ja toistettavissa oleviin rakennustuotteisiin ja ne voidaan jakaa kolmeen ryhmään: CE-hyväksyntään, eurooppalaiseen tekniseen hyväksyntään sekä tyyppihyväksyntään. Laissa CE-merkinnästä sanotaan seuraavasti: ”Valmistaja osoittaa tuotteeseen kiinnitettävällä CE-merkinnällä sen, että tuote täyttää CENin (Comité Européen de Normalisation) tai CENELECin (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique) taikka näiden molempien yhdessä Euroopan yhteisöjen komission toimeksiannosta laatiman ja hyväksymän rakennustuotetta koskevan standardin mukaisen kansallisen standardin tekniset vaatimukset tai että tuotteelle on myönnetty eurooppalainen tekninen hyväksyntä.” (L 13.3.2003/230, 3 §). Rakennustuotteen eurooppalainen tekninen hyväksyntä kuvaillaan laissa: ”Tuotteelle, jolle ei ole laadittu eikä ole tarkoitus laatia 3 §:n 1 momentissa tarkoitettua yhdenmukaistettua eurooppalaista standardia eikä myöskään 3 §:n 2 momentissa tarkoitettua tunnustettua standardia, voidaan antaa eurooppalainen tekninen hyväksyntä. Eurooppalainen tekninen hyväksyntä voidaan antaa myös tuotteelle, joka poikkeaa huomattavasti edellä 1 momentissa tarkoitettua standardista.” (L 13.3.2003/230, 6 §). Tyyppihyväksynnästä on mainittu laissa seuraavasti: ”Tyyppihyväksynnän perusteena tulee olla selvitys tuotteen ominaisuuksista, joille tyyppihyväksyntää haetaan. Ympäristöministeriön asetuksella voidaan säätää tietyn rakenteen, rakennusosan taikka tarvikkeen, tuotteen tai laitteen tyyppihyväksynnän perusteista. Ympäristöministeriön asetuksella voidaan säätää, että hyväksytty toimielin varmentaa asetuksessa tarkoitettua rakenteen, rakennusosan taikka rakennukseen kiinteästi liittyvän tarvikkeen, tuotteen tai laitteen asetuksessa määriteltyjen vaatimustenmukaisuuden.” (L 13.3.2003/230, 10 §). Kuten edellä on mainittu, tyyppihyväksynnit ovat kansallisia ja CE-merkinnät sekä eurooppalaiset tekniset hyväksynnit Euroopan unionin laajuisia. Ympäristöministeriö valmistelee tyyppihyväksynnöissä käytettävät asetukset ja vaatimukset eri tuotteille. Testaus ja kokeet tehdään pelkästään testituotteille, jonka jälkeen valmistaja vastaa siitä, että kyseinen tuote on vaatimukset täyttävä ja sen

ominaisuudet ovat samat kuin testatulla tuote-erällä. VTT tai jokin muu kolmas taho voivat tehdä tarkastuksia valmistuksen aikana yritykseen ja todeta, vastaako tuote ja valmistusmenetelmät tyyppihyväksytyä tuotetta. Lisäksi yrityksen omalla laadunvalvonnalla pyritään pitämään tuote hyväksytyin mukaisena. Käytännössä yritykseltä edellytetään hyväksytyä laadunhallintajärjestelmää, jotta hyväksyntöjä voidaan myöntää. Yrityksellä on poikkeaman huomattessaan velvollisuus vetää tuote-erä pois tai muokata tuote vaatimukset täyttäväksi. Tällaiset tyyppihyväksynnät ovat tyypillisiä tietyille rakennustuotteille. Hyväksynnät ovat aina määräaikaaisia. Ympäristöministeriö on siirtänyt tyyppihyväksyntävastuun sekä CE-merkintään liittyvän hyväksyntävastuun Suomessa VTT:lle. Tämä tarkoittaa sitä, että VTT toimii testaavana ja hyväksyvänä osapuolena sekä tyyppihyväksyntää että CE-merkintää havitteleville tuotteille. (Ympäristöministeriö, 2004, s. 57 – 58)

Esimerkiksi VTT tai jokin muu akkreditoitu kolmas taho pystyy myöntämään myös tuotteita koskevia sertifikaatteja, joissa todetaan tuotteiden täyttävän jotkut erikoisemmat vaatimukset. Prosessi sertifikaatin myöntämisessä on hyvin samantyyppinen kuin tyyppi- ja CE-hyväksynnöissä. Sertifikaatin tarvitsevalle tuotteelle pystytään määrittämään vaadittava laatutaso ja vaatimukset, jonka mukaan tuote testataan. Nämä vaatimukset voivat olla korkeampia, kuin standardeissa esitetyt minimivaatimukset. Tällöin tuotteilla pystytään vastaamaan myös vaativampien kohteiden tarpeisiin etukäteen hyväksytyillä tuotteilla. Tällaisten tuotteiden käyttöön ydinvoimalaitoksen turvallisuusluokitellulla alueella täytyy kuitenkin saada STUKin hyväksyntä. EYT-luokitelluissa osissa luvan tällaisten tuotteiden käyttöön antaa pääasiassa luvanhaltija tai valvova viranomainen. (VTT)

5. VIRANOMAISTEN TEKNISET VAATIMUKSET YDINVOIMALAITOKSEN RAKENTAMISEN AIKANA

Tässä kappaleessa käsitellään ydinvoimalaitoksen rakentamiseen vaadittavien teknisten laitteiden ja rakenteiden ominaisuuksia, vaatimuksia sekä valmistusta. Lisäksi tässä kappaleessa on kerrottu eri osa-alueiden tarkempia suunnittelu- sekä hyväksyntäkriteereitä. Olkiluoto 3:n rakentamisen aikana saaduista kokemuksista on lisäksi pyritty tuomaan esiin kuhunkin aihealueeseen liittyneitä toteutuneita riskejä, jotta niiden uusiutumista voitaisiin välttää tulevilla projekteilla. Erittäin tärkeä seikka, jota ei tässä kappaleessa muutoin tuoda esille, on ammattitaitoinen henkilökunta. Onnistuneet toimitukset ydinvoimalaitoksille, kuten muihinkin kohteisiin, on erittäin hankala toteuttaa ilman pätevää henkilöstöä. Alihankkijoiden työskentelyä helpottaa myös yrityksestä löytyvän ongelmanratkaisukyvyyn löytyminen. Tällä pystytään vastaamaan mahdollisen laatu-poikkeaman vaatimiin tiedotus- sekä tutkintavaatimuksiin. Alihankkijan kannattaa myös ottaa tarjouslaskennassa huomioon tarkastusten ja testausten vaatima lisätyö tavanomaisiin projekteihin verrattuna.

5.1 Rakennustekniset rakenteet

Tässä luvussa käsitellään betonilta ja muilta rakennusteknisiltä osilta tai materiaaleilta vaadittavia ominaisuuksia ydinvoimalaitosta rakennettaessa. Kuten muissakin ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessiin liittyvissä asioissa, on turvallisuus merkittävin kriteeri sekä suunnittelussa, esivalmistuksessa että varsinaisessa rakennus- ja asennusprosessissa. Vaatimustason ja luokituksen vaikuttaa kohteen ydinturvallisuusluokitus. Ydinturvallisuusluokituksesta selviää kohteelle asetettu vaatimustaso niin lähtöarvoille, suunnittelulle, laadunvalvonnalle kuin toteutuksellekin. Lisäksi ydinvoimalaitoksella joudutaan ottamaan huomioon vaativat olosuhteet, kuten säteily, vakava reaktorionnettomuus ja lentokoneen törmäys. Nämä aiheuttavat sekä lujuus- että materiaalitekniisiä haasteita ydinvoimalaitoksen rakenteille. Valvovana viranomaisena toimii ydinturvallisuusluokitelluissa kohteissa STUK, muutoin luvanhaltija tai oman alansa viranomaisena vastaa valvontaprosessista.

5.1.1 Betonirakenteet

Ydinvoimalaitokselle tehtäviä betonirakenteita ja niiden vaatimuksia on kuvattu STUKin YVL-ohjeessa 4.1. Ohjeissa on käsitelty ydinvoimalaitokseen tulevan betonirakentamisen erikoisvaatimuksia, toimintamalleja ja ohjeita; normaalivaatimuksia betonirakentamiselle on käsitelty Suomen rakentamismääräyskokoelman osiossa B4. Betonirakentamisella tai betonirakenteilla tässä diplomityössä tarkoitetaan betoni-, teräsbetoni-, sekä jännitettyjä betonirakenteita, kuten myös aiheeseen liittyvässä STUKin ohjeessa. STUKin ohjeet eivät koske turvallisuusluokkaan 1 kuuluvia tai EYT-luokiteltuja rakenteita. Turvallisuusluokan 1 betonirakenteiden vaatimukset käsitellään tapauskohtaisesti ja EYT-luokan vaatimukset ovat normaalit, ympäristöministeriön Suomen rakennusmääräyskokoelmassa kuvatut vaatimukset. Rakennusmääräyskokoelman vaatimuksia käytetään myös soveltuvilta osin turvallisuusluokitelluissa rakenteissa, tosin STUK tai luvanhaltija voivat vaatia niihin tarkennuksia tai parannuksia. Turvallisuusluokitelluilla rakenteilla STUK toimii valvovana viranomaisena. YVL-ohjeen 4.1 mukaisesti STUKin valvonta kattaa seuraavat osa-alueet:

- “Alustavan ja lopullisen turvallisuusselosteen tarkastamisen
- Luokitusasiakirjan tarkastamisen
- Laadunvarmistusohjelmien tarkastamisen
- Betonirakenteiden suunnitteluasiakirjojen tarkastamisen
- Betonirakenteiden valmistuksen valvonnan
- Käyttöönottotarkastukset
- Valvonnan käytön aikana.” (kpl. 1.)

Ydinvoimalaitoksen rakennuslupa-anomukseen tulevaan alustavaan turvallisuusselonte-koon tulee liittää jo tietoja ydinvoimalaitoksen turvallisuusluokiteltujen betonirakenteiden perusteista. Tässä vaiheessa projektia täytyy selvittää standardeihin, suunnitteluun, materiaaleihin ja testaukseen liittyvät raamit, jotka koskevat ydinvoimalaitoksen perusrakenteita. Tietojen laajuus riippuu kohteen turvallisuusluokituksesta. (YVL 4.1, kpl 1 – 2)

Betonirakenteiden suunnittelun tulee olla toteutettu hyvissä ajoin ennen rakennustoiminnan aloittamista. Turvallisuusluokkaan 2 kuuluvien osien suunnitteluasiakirjat tarvittavin osin tulee olla toimitettu STUKille kuusi kuukautta ja luokkaan 3 kuuluvien osien kaksi kuukautta ennen kyseisen rakennustyön aiottua aloitusajankohtaa. Kokonaisuudessaan suunnitteluasiakirjoista tulee käydä selville seuraavat asiat:

- “Organisaatioselvitys
- Käytettävät määräykset, ohjeet ja standardit
- Suunnittelutiedot
- Rakennelaskelmat
- Piirustukset
- Työselitys
- Laadunvalvontasuunnitelma
- Käytönaikaisen rakennevalvonnan suunnitelma
- Suojarakennuksen paine- ja tiiviyskokeita koskeva suunnitelma.” (YVL 4.1, kpl. 3.1)

Organisaatioselvityksestä tulee käydä ilmi laadunvarmistuksen toiminta eri betonirakenteen suunnitteluun, tekemiseen sekä laatuun vaikuttavissa organisaatioissa. Suunnitteluun täytyy nimetä vastaava suunnittelija, jolla täytyy olla rakenneluokan 1 pätevyys. Suunnittelutyötä tekevillä rakennesuunnittelijoilla täytyy olla Suomen rakennusmääräyskokoelman vaatimuksia vastaavat pätevyudet ja kokemus. Työmaan valvonnasta vastaavalla henkilöllä sekä toteuttajan palveluksessa olevalla laadunvalvontasuunnitelman toimeenpanijalla täytyy olla insinöörin tutkinto ja kolmen vuoden kokemus vaativista rakenteista turvallisuusluokkaan 2 kuuluvien rakenteiden valmistuksessa. Turvallisuusluokkaan 3 kuuluvissa rakenteissa heillä täytyy olla vähintään rakennusmestarin koulutus sekä kolmen vuoden työkokemus vaativista rakenteista. Betonin valmistuksesta vastaavan henkilön pätevyysvaatimukset ovat samat kuin vastaavalla suunnittelijalla. Lisäksi betonin valmistusta valvovalla henkilöllä sekä betonilaboratorion hoitajalla täytyy olla riittävä tietotaito. (YVL 4.1 kpl. 3.2)

Suunnittelutyössä tulee käyttää suomalaisia ja tarpeen vaatiessa ulkomaisia standardeja sekä muita ohjeita. Sovelletuista standardeista pitää tuoda esille niiden soveltuvuusalue sekä vaadittavat perustelut. Suunnittelun lähtötietojen täytyy tuoda esille ainakin seuraavat tiedot:

- Suunniteltavaan kohteeseen kohdistuvat kuormitukset sekä niiden lähtötiedot ja laskentaperusteet normaalissa käytössä sekä onnettomuustilanteessa, mukaan lukien säteilyn tuomat rasitukset
- Materiaalit raja-arvoineen
- Kuvaus käytettävistä rakentamistavoista
- Suunniteltavan rakenteen levitys-, eli lay out – piirustukset
- Perustiedot käytön aikana tapahtuvasta valvonnasta rakenteelle

Lisäksi lähtötiedoista täytyy käydä ilmi käytettävät betonipinnoitteet suojarakennuksessa ja muissa dekontaminointivaatimuksia omaavissa rakenteissa riittävine testaustuloksineen sekä asennus- ja laatuvaatimuksineen. Betonipinnoitteiden täytyy toimia tavallisen käytön lisäksi riittävän turvallisesti myös onnettomuustilanteissa. Tästä johtuen niiden tulee täyttää riittävältä tasoltaan seuraavat vaatimukset:

- “Säteilykestävyys
- Dekontaminoitavuus
- Kemiallinen kestävyys
- Kestävyys käyttöolosuhteissa
- Kestävyys oletetuissa onnettomuustilanteissa
- Palotekniset ominaisuudet” (YVL 4.1, kpl. 3.4.3)

Rakennelaskelmassa esitetään riittävän yksityiskohtaisesti kuormat ja materiaaliominaisuudet, joilla rakenne on mitoitettu erilaisten käyttöä tai turvallisuutta haittaavien muutosten tai vaurioiden varalta. Suojarakennuksen rakennetta arvioidaan lisäksi tarkemmin todennäköisyyspohjaisen turvallisuusarvioinnin toisen tason yhteydessä, jossa arvioidaan suojarah-

kennuksen luotettavuutta ja tiiviyyttä. Rakennelaskelmien perusteista tulee myös käydä ilmi käytetyt tietokoneohjelmat, annetut lähtöarvot ja ohjelmien antamat tulokset. Tarvittavista piirustuksista tulee selvittää rakenteen mitat ja muodot sekä tarvittavat lisäohjeet Suomen rakennusmääräyskokoelman mukaisesti. Suunnitteluasiakirjoihin vaadittavan työselityksen täytyy olla riittävän yksityiskohtainen, jotta tarvittavat tiedot ja ohjeistukset tulevat siitä ilmi. (YVL 4.1, kpl 3.3 – 3.7)

Laadunvalvontasuunnitelmasta täytyy tulla ilmi valvottavat kohteet, tarvittavat toimenpiteet, toimenpiteitä koskevat ohjeet sekä tarvittava dokumentointi vastuullisine osapuolien. Laadunvalvontaa tarvitaan vähintään seuraaville kohteille:

- “Betoniasema ja -laboratorio
- Betonin osa-aineet
- Tuorebetoni
- Kovettuva ja kovettunut betoni
- Betoniteräkset
- Betoniterästen jatkokset ja ankkurointikappaleet
- Jännemenetelmät
- Voimia siirtävät metalliosat
- Erikoislaastit ja -betonit
- Maalaus- ja pinnoitustyöt
- Tyyppihyväksytyt tuotteet.” (YVL 4.1, kpl. 3.8.1)

Betonointiosakohtaiset laadunvalvontasuunnitelmat tarvitaan sekä turvallisuusluokka 2:een kuuluvista että massiivisista betonirakenteista, kuten myös liukubetonoitavista sekä vaativista injektointikohteista. Osakohtaisista laadunvalvontasuunnitelmista tulee käydä esille seuraavat asiat:

- “Betonin osa-aineet
- Betoni- ja jänneteräkset

- Voimia siirtävät metalliosat
- Betonointiosaan liittyvät rakenteet
- Muotit
- Betonimassa ja betonointityöt
- Betonin jälkihoito
- Tarkastus/valvonta-ajankohta (ennen betonointia, betonoinnin aikana, betonoinnin jälkeen)” (YVL 4.1, kpl 3.8)

Käytönaikaisen rakennevalvonnan suunnitelmasta täytyy tulla esille määräaikaisten tarkastusten toteutus, arviointi ja dokumentointi seurantaan vaativille osille. Suunnitelmissa täytyy myös ottaa huomioon suojarakennuksen paine- ja tiiveyskokeet. (YVL 4.1, kpl 3.8 – 3.10)

Betonirakenteiden valmistuksen aikaisessa valvonnassa STUKin täytyy myöntää turvallisuusluokitelluille rakenteille tarvittavat hyväksynnät, ennen kuin rakenteiden valmistus voidaan aloittaa. Hyväksynnän saa, kun STUK hyväksyy rakenteita koskevat suunnitteluasiakirjat. Betonointi-, injektio- ja jännitystyön saa kuitenkin aloittaa vasta kun STUK on hyväksynyt yksityiskohtaiset suunnitelmat ja todennut työmaan valmiuden aloittamiselle riittäväksi. Menetelmäkokeet täytyy suorittaa, mikäli työmenetelmä on uusi, lopputulos vaikea todentaa vaatimusten mukaiseksi tai mahdollisten korjausten toteuttaminen on hankalaa. Menetelmäkokeella todistetaan, että käytetty työtapa on kelvollinen halutun lopputuloksen saamiseksi. Kohteesta täytyy myös tehdä betonointisuunnitelma, mistä tulevat esille kuvaukset tehtävästä osasta ja työvaiheista sekä osakohtainen laadunvalvontasuunnitelma. Luvanhaltijan tulee tehdä seurantatarkastuksia materiaaleja toimittaville laitoksille, varsinkin, jos kyseisellä toimittajalla on havaittu poikkeamia. Tämän lisäksi myös STUK tekee tarpeellista seuranta ja valvontaa oman näkemyksensä mukaisesti. Tällaista valvontaa voi tehdä myös STUKin valtuuttama ulkopuolinen laitos. Olennaisena osana laadunhallintajärjestelmään ja ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessissa vaadittavaan avoimuuteen kuuluu mahdollisten poikkeaminen raportointi, dokumentointi ja käsittely vaatimukset täyttävällä tavalla. Betonityössä poikkeamaraporttiin täytyy liittää vähintään seuraavat asiat:

- “Kohteen kuvaus
- Poikkeaman toteaja
- Raportin laatija
- Asian käsittelijät
- Poikkeaman kuvaus
- Toimenpide-ehdotus/-suunnitelma
- Tarkastus/hyväksymismerkinnät
- Poikkeamaraportin jakelu.” (YVL 4.1, kpl. 4.6)

Avoimuuden periaatteen perusteella täytyy STUK pitää myös tietoisena testituloksista tai muista työmaahan liittyvissä turvallisuuteen vaikuttavista poikkeamista vaadittuihin laatu-kriteereihin verrattuna. STUK täytyy lisäksi pitää riittävän hyvin tietoisena töiden etenemisestä ja siihen liittyvästä valvonnasta. Luvanhaltija on se taho, joka vastaa siitä, että STUK on riittävän hyvin informoitu myös aikataulun osalta. STUKin täytyy olla perillä ainakin seuraavista asioista:

- ”Yleisaikataulut
- Kuukausiaikataulut
- Betonointitöiden viikkoaikataulut; joka viikko toimitetaan kahden seuraavan viikon työaikataulut”
- ”Sementin koetulokset
- Työmaan ja betoniaseman kokeiden tulokset
- Turvallisuusluokan 2 rakenteiden vertailulujuudet betonointiosittain
- Työmaan koetuloksista yhdeksän koekappaleen liukuva keskiarvo ja vertailulujuus
- Betoni- ja jänneterästen koetulokset
- Muut tarpeelliset tulokset” (YVL 4.1, kpl. 4.7)

Suoritettun työn jälkeen tulee työstä tehdä betonityökertomus, josta käyvät ilmi rakentamisen aikana esille tulleet oleelliset asiat. Tämän vuoksi on rakentamisen aikaisen dokumentoinnin oltava kunnossa. Valmistuksen jälkeen rakenteelle suoritetaan käyttöönottotarkas-

tus. STUK suorittaa turvallisuusluokiteltujen rakenteiden käyttöönottotarkastuksen, EYT-luokitelluille rakenteille käyttöönottotarkastuksesta vastaa luvanhaltija ja tarvittaessa rakennusviranomainen. STUKin käyttöönottotarkastuksessa, josta luvanhaltijan on ilmoitettava STUKille vähintään viikko etukäteen, tarkastetaan ainakin seuraavat asiat:

- ”Rakenteet ja rakennukset on tehty STUK:n hyväksymien suunnitteluasiakirjojen mukaisesti (asiakirjatarkastus ja silmämääräinen tarkastus)
- Poikkeamat on käsitelty hyväksyttävällä tavalla
- Laadunvalvonnan tallenteet on tarkastettu ja hyväksytty luvanhakijan ja STUK:n edustajan toimesta
- Luvanhakija on osaltaan tehnyt käyttöönottotarkastukset”

(YVL 4.1, kpl. 4 - 5)

Mikäli betonoinnissa aiotaan käyttää jotain uusia menetelmiä tai materiaaleja, kannattaa niistä teetättää ensin luotettavalla taholla testejä ja hyväksyntöjä. Betoniin, betonirakenteisiin ja betonityömenetelmiin liittyvät analyysit ja hyväksynät on mahdollista toteuttaa jollain akkreditoidulla testauslaitoksella, kuten esimerkiksi VTT:llä, jolla on mahdollisuuksia testata ja koestaa erityyppisiä betonituotteita. Tämän jälkeen voi tuotteen tai rakenteen määrittellä suunnitteluperusteisiin, minkä käytölle STUK antaa luvan, mikäli se täyttää tarvittavat määräykset sekä standardit ja on havaittu luotettavaksi. Konservatiivisuuden periaatteen mukaisesti tuotteen testauksen täytyy olla aukotonta ja sillä tulee olla turvallisuutta tai käytettävyyttä lisäävä merkitys, muutoin rakenne toteutetaan jollain jo koetellulla ja hyväksi havaitulla menetelmällä.

Ydinvoimalaitoksen betonirakenteet ovat sekä vaativia että suuria. Esimerkiksi Kallio arvioi esitelmässään, että Fennovoiman tulevaan ydinvoimalaitokseen Pyhäjoelle tarvittaisiin betonia noin 350 000 m³ (2012). Lisäksi osa betonisista rakenteista on erittäin vaativia kestoluokiltaan, mikä aiheuttaa tiukkoja vaatimuksia myös suunnittelulle, käytettäville menetelmille sekä raudoituksille. Kuvassa 12. on esimerkkinä Olkiluoto 3 - projektissa tapahtuvaa reaktorin suojarakennuksen betoniraudoitustyötä.



Kuva 12. Suojarakennuksen betoniraudoitustyötä OL3: reaktorin suojarakennukseen (TVO c)

Olkiluoto 3:ssa reaktorirakennuksen sekä turbiinihallin pohjalaattojen suunnittelun, betonivalmistuksen sekä valutyön hoitivat suomalaiset yritykset. Suunnittelusta vastasi Finnprima Oy, betonin valmistuksesta Forssan Betoni ja valutyöstä Hartela Oy. Reaktorirakennuksen pohjalaatta kuuluu turvallisuusluokkaan 2 ja turbiinihallin turvallisuusluokkaan 3. TVO:n toiveesta laatat käsiteltiin kokonaisuudessaan turvallisuusluokkaan 2 kuuluvina. Rakenne oli vaativa ja suomalaisittain laajuudeltaan harvinainen, sillä sen paksuus oli paikoitellen yli 3 metriä, sivut yli 100 metriä ja suunniteltu käyttöikä 65 vuotta. Reaktorin suojarakennuksen alainen osuus, tilavuudeltaan 12000 m³, oli valettava ilman saumoja ja sen täytyi pitää reaktorin suojarakennus paikallaan esimerkiksi maanjäristyksessä tai lentokoneen törmäyksessä. Vaikka betonilaatan valmistamisessa oli tiettyjä laatu poikkeamia, suomalaiset suunnittelijat ja urakoitsijat pystyivät silti hoitamaan näinkin vaativan urakan siten, että laatasta tuli laatuvaatimukset täyttävä ja turvallinen perusta reaktorirakennukselle ja turbiinihallille. Projektin jälkiselvittelyistä voi kuitenkin todeta, että tällaisissa vaativissa valutöissä kannattaa olla tarkkana alusta alkaen. Laatu järjestelmän ja riittävän laadunval-

vonnan täytyy olla kunnossa ennen näin vaatimaan projektiin osallistumista. Suunnittelu- ja tarjoustietojen tarkastaminen ja esitestaus, kuten tässä projektissa esimerkiksi betonin pumppavuuden osalta, kannattaa tehdä huolellisesti. Vastuunjako ja toimitusrajat kannattaa selvittää ja varmistaa etukäteen. Dokumentaatio tulee hoitaa tarkasti, jottei jälkikäteen tarvitse selvittää ja etsiä tarvittavia tietoja. Laatan valuun sisältyi myös aikataulusongelmia, mikä hankaloitti työvoiman oikea-aikaista ajoitusta työmaalle. Pohjalaatan valmistamisprosessin aikana suurimpana haasteena olivat kuitenkin laitostoimittajan kautta tapahtuvassa tiedonkulussa olleet puutteet ja tiedonkulun hitaus, mikä on myös ydinvoimalaitosten rakentamiseen ja käyttöön liittyvää avoimuusperiaatetta vastaan. Kaikista vastoinkäymisistä huolimatta laatan lujuus saavutti sille asetetut rajat, kuten kokeiden ja lisäkokeiden analysoinnissa selvisi. Hyvin hoidetut esivalmistelut ja laadunvalvonta olisivat kuitenkin vähentäneet laatan suunnittelu- ja valmistusprosessiin käytettyä työmäärää kaikilta osapuolilta. (STUK, 2006 a, s. 6 - 24)

5.1.2 Paloturvallisuusrakenteet ja –vaatimukset

Ydinvoimalaitoksella palontorjunta ja palovahinkojen rajoittaminen ovat yksi tärkeä osa laitoksen turvallisuuteen liittyviä järjestelmiä. Hyvällä palontorjunnalla pystytään ehkäisemään turvallisuutta uhkaavat palot tai rajaamaan niiden aiheuttamat vahingot mahdollisimman pienelle alueelle. Palo-osastoinnilla ja sijoittamalla eri turvallisuusjärjestelmät eri rakennuksiin pystytään varmistamaan se, että suuremman palon aikana laitosta pystytään ohjaamaan ja prosessit ajamaan alas hallitusti. Palontorjuntaan liittyen ydinvoimalaitoksilla on oltava käytön aikana myös hälytysvalmiudessa oleva palokunta, mutta sen vaatimuksia ei käsitellä tarkemmin tässä kappaleessa. Lisäksi palontorjunnalla ja palosuojatuilla rakenteilla varmistetaan, ettei mahdollinen tulipalo aiheuta liikaa heikkenemistä kantavissa rakenteissa. Tulipalo on aiheuttanut Suomessakin INES-asteikolla luokkaan 2 kuuluvan onnettomuuden. Tämä tapahtui vuonna 1991 Olkiluodossa, jossa kakkosreaktori menetti yhteytensä ulkoiseen sähköverkkoon kytkinlaitosrakennuksessa olleen tulipalon vuoksi. Varavoimana toimiva dieseljärjestelmä toimi normaalisti, minkä vuoksi tilanteesta ei aiheutunut suurempaa haittaa. (STUK, 2009 e)

Ydinvoimalaitosten paloturvallisuuteen on otettu kantaa jo valtioneuvoston asetuksessa ydinvoimalaitosten turvallisuudesta. Asetuksessa mainitaan, että ”Ydinvoimalaitoksen suunnittelussa on otettava huomioon sisäiset tapahtumat, jotka voivat uhata turvallisuustoimintoja. Järjestelmät, rakenteet ja laitteet on suunniteltava, sijoitettava ja suojattava siten, että sisäisten tapahtumien todennäköisyydet ovat pieniä ja vaikutukset laitoksen turvallisuuteen vähäisiä. Sisäisinä tapahtumina on otettava huomioon ainakin tulipalot...” (Vna 27.11.2008/733). Tämän vaatimuksen pohjalta STUK on käsitellyt paloturvallisuuden vaatimuksia sekä YVL-ohjeessa 1.0, että ohjeessa 4.3. YVL-ohjeessa 1.0 ydinvoimalaitoksen palontorjuntaa ja sen vaatimuksia kuvataan seuraavalla tavalla: ”Palontorjunnan tulee perustua ensisijaisesti tilasuunnitteluun ja palo-osastointiin. Laitoksen turvallisuustoimintoja suorittavien järjestelmien kukin rinnakkainen osajärjestelmä tulee sijoittaa erilliseen palotekniseen osastoon. Näihin tiloihin ei tule sijoittaa muita järjestelmiä tai laitteita, jotka olennaisesti lisääisivät palokuormaa tai lisääisivät tulipalon syttymisvaaraa.” (kpl. 3.7) Tämä kuvaa jo kattavasti ensisijaisia palontorjuntakeinoja ydinvoimalaitoksella. Tilasuunnittelu on otettava huomioon jo lay out - suunnitteluvaiheessa, jotta palontorjunnan vaatimukset saadaan täytettyä ja turvallisuuteen vaikuttavat rinnakkaiset järjestelmät saadaan osastoitua omiin palo-osastoihinsa. Samassa YVL-ohjeessa on maininta myös siitä, etteivät aktiiviset palontorjuntajärjestelmät saa vahingoittaa turvallisuuteen vaikuttavia laitteita. (YVL 1.0, kpl. 3.7)

Yllä mainittujen turvallisuuteen vaikuttavien laitteiden tehtävänä on, että:

- ”Reaktori voidaan pysäyttää ja pitää alikriittisenä
- Laitos voidaan jäähdyttää kylmäsammutettuun tilaan
- Jälkilämpö voidaan poistaa
- Radioaktiivisten aineiden pääsy ympäristöön voidaan estää” (YVL 4.3, kpl. 2)

Palontorjunnan suurimpia haasteita ydinvoimalaitoksella on, että mainittuihin tehtäviin liittyvät järjestelmät ovat monimuotoisia ja niitä on paljon. Tästä johtuen palontorjunta ja

siihen liittyvä suunnittelu täytyy tehdä eri alojen asiantuntijoiden yhteistyönä. Palontorjunnassa tulee ottaa huomioon suomalaiset lait ja määräykset sekä tarvittaessa kansainväliset ohjeet. Palontorjunnan suunnitteluun vaikuttavat myös pelastusviranomaisten antamat ohjeistukset eri rakenteiden luokittelusta ja muusta palontorjuntaan liittyvästä. Käytettäville luokituksille ja standardeille on haettava STUKilta hyväksyntä. Lisäksi ydinvoimalaitokselle tulee nimetä riittävän pätevä paloturvallisuudesta vastaava suunnittelija koko rakentamisprosessin ajaksi. Tavoitteena ydinteknisten osa-alueiden suunnittelussa on, että kunkin alueen palokuormat olisivat mahdollisimman alhaiset. Ydinteknisesti luokittelemattomille alueille paloluokitusvaatimus on vähintään EI-60 mukaan lukien ovet, luukut ja muut varusteet. Ydinteknisillä alueilla vastaava luokitus on EI-M -120, jollei perustellusti voida todistaa, että alempi luokka on riittävä esimerkiksi pienten palokuormien vuoksi. Paloturvallisuudessa on myös huomioitava riittävät ulospääsytiät ja varauloskäynnit laitokselta. Valvomo tulee sijoittaa siten, että se ei altistu helposti muissa osissa olevien palojen vaikutuksille. Lisäksi se tulee varustaa ylipaineisella ilmastoinnilla, jolla vähennetään riskiä savun joutumisesta valvomoon. Osastointi tulee myös ottaa huomioon valvomoon johtavissa kaapeloinneissa. (YVL 4.3, kpl 2.1 - 2.3)

Aktiivisessa palontorjunnassa tulee ottaa huomioon sekä paloilmoitinjärjestelmät että sammutusjärjestelmät. Paloilmoitinjärjestelmien täytyy olla suunniteltu suomalaisia määräyksiä, kuten ohjeita A:37 (1991) Savusukellusohje, sisäasiainministeriö, ja A:41 (1991) Ohje automaattisen paloilmittimen suunnittelusta ja asennuksesta, sisäasiainministeriö, noudattaen. Muutoinkin palontorjunnan suunnittelussa ja toteutuksessa tulee noudattaa suomalaisia säädöksiä. Palosta aiheutuvan ilmoituksen tarkkuuden tulee olla riittävä, jotta mahdolliset palot pystytään paikantamaan sopivalla tarkkuudella. Tiedot ilmoittimilta täytyy viedä eteenpäin, vähintään valvomoon asti. Sammutusjärjestelmiksi ydinvoimalaitokselle vaaditaan sekä palovesijärjestelmä että muu sammutusjärjestelmä. Mahdollisen sammutusveden poistoon on myös kiinnitettävä huomiota. (YVL 4.3, kpl 2.4 - 2.5)

Rakentamislupavaiheessa täytyy rakentamislupahakemukseen lisätä selvitys seuraavista palontorjuntaan liittyvistä seikoista:

- ”Palontorjunnasta vastaava suunnittelija”
- ”Järjestelmien erottelu ja sijoitus”
- ”Palotekninen osastointi”
- ”Uloskäytävät ja varatiet”
- ”Paloilmoitinjärjestelmät”
- ”Sammutusjärjestelmät”
- ”Paloturvallisuusanalyysit”

Paloturvallisuusanalyysiin kuuluvat suojarakennuksesta ja valvomosta tehtävät paloanalyysit sekä paloista aiheutuviin riskeihin liittyvä todennäköisyyspohjainen turvallisuusanalyysi. Suojarakennuksen ja valvomon paloanalyysillä selvitetään reaktorin turvallinen ohjaus ja alasajo palotilanteesta riippumatta. (YVL 4.3 kpl. 3)

Ennen rakentamisen aloittamista täytyy STUKin hyväksyä luvanhaltijan riittävän aikaisessa vaiheessa toimittamat yksityiskohtaiset suunnitelmat ydinvoimalaitoksen palontorjunnan toteuttamisesta. Paloteknisestä osastoinnista tehdyistä suunnitelmista täytyy käydä ilmi osastointien tunnuksat, palokuormat, pinta-alat, rakennusosien palonkestoajat dokumentteineen sekä mahdollisten palavien nesteiden vuodoille toteutetut toimet. Lisäksi STUKille tulee toimittaa tiedot turvallisuus- ja merkkivalaistuksesta sekä ilmanvaihdon ja savunpoiston toiminnasta. (YVL 4.3, kpl. 4.1 – 4.4)

Palonilmoitus- ja sammutusjärjestelmistä tulee toimittaa STUKille seuraavat tiedot:

- ”Järjestelmiä koskevat suunnittelutiedot, toiminnan kuvaus ja tekninen erittely
- Ohjaus- ja näyttölaitteiden sekä mahdollisten alakeskusten sijainti
- Luettelo ilmaisintyypeistä ja kuvaus niiden toimintaperiaatteista
- Periaatteet erilaisten ilmaisintyyppien sijoittamisesta laitoksen tiloihin
- Selvitykset ilmaisimiin liitettävistä ohjaustoiminnoista (savuluukut, ilmastointi, palo-ovet jne.).” (YVL 4.3, kpl. 4.5)

- “Selvitys suojattavasta alueesta
- Järjestelmiä koskevat suunnittelutiedot, toiminnan kuvaus ja tekninen erittely
- Perustelut valitun sammutusjärjestelmän ja sammutusaineen soveltuvuudesta kyseiseen kohteeseen.” (YVL 4.3, kpl. 4.6)

Käyttölupahakemukseen tarvitaan selvitys operatiivisesta palontorjunnasta. Lopullisessa turvallisuusselosteessa täytyy tuoda esille palontorjunnan toiminnalliset järjestelyt ja turvallisuusteknisiin käyttöehtoihin edellytetään turvallisuusjärjestelyjen toiminnan esiintuomista voimalaitoksen käytön aikana. Lisäksi luvanhaltijan tulee laatia sammutussuunnitelma sekä määräaikaistarkastusohjelma paloriskeihin ja –tekniikkaan liittyen. STUK toteuttaa materiaalien pohjalta palontorjuntaan liittyvän käyttöönottotarkastuksen voimalaitokselle. (YVL 4.3 kpl. 5.)

Olkiluoto 3:ssa palotekniset vaatimukset on otettu huomioon siten, että myös normaaliin käyttöön liittyvä, eli ei ydinteknisesti luokitellut, laitososat on eriytetty omiin rakennuksiinsa, kuten esimerkiksi apurakennus sekä kytkinlaitosrakennus. Myös ” Primääri- ja sekundäärisuojarakennusten välinen rengastila on sekin jaettu neljään paloalueeseen siten, että rinnakkaiset osajärjestelmäkokonaisuudet sijaitsevat kukin omassa sektorissaan.” Lisäksi palokuormat on otettu huomioon myös järjestelmien kaapeloinneissa, koska ”Kaapeloinnissa käytetään ns. paloa hidastavaa kaapelivaippamateriaalia, mikä otetaan huomioon aktiivisten sammutusjärjestelmien tarkkaa laajuutta arvioitaessa.” (STUK, 2005, s. 63)

5.1.3 Teräsrakenteet

Tässä kappaleessa käsitellään erityisvaatimuksia ydinvoimalaitoksille toimitettaville teräsrakenteille, pois lukien painelaitteet. Teräsrakenteiden erityisvaatimukset ovat samantyyppiset kuin muillekin ydinvoimalaitokselle tehtäville rakenteille. Turvallisuusluokkaan 2 ja 3 kuuluvien teräsrakenteiden valvonnasta ja vaatimuksista vastaa STUK, luokkiin 4 ja EYT kuuluvien teräsrakenteiden laadunvalvonnasta vastaa luvanhaltija sekä muut viranomaiset vastuualueidensa mukaisesti, tosin STUK valvoo luvanhaltijan tekemää laadunvalvontaa.

Tärkeänä seikkana teräsrakenteiden valmistuksessa ja sen taustalla olevassa organisaatiossa on laadunhallintajärjestelmä, jota ilman toimitukset eivät ole mahdollisia. Ydinvoimalaitoksella tarvittavia teräsrakenteita ovat muun muassa:

- “Rakennusten kantavat rakenteet
- Betonirakenteisen reaktorin suojarakennuksen kantavat teräsrakenteet
- Hydrostaattisen paineen kuormittamat säiliöt
- Putkistojen murtumatuet
- Missiilisuoja
- Tuoreen ja käytetyn polttoaineen varastotelineet
- Käytetyn polttoaineen säilytysaltaiden portit ja verhoukset
- Käytetyn polttoaineen käsittelylaitteet
- Nosturiradat
- Ovet ja luukut.” (YVL 4.3, kpl. 1. – 2.)

Turvallisuusluokan 2 ja 3 teräsrakenteesta on tehtävä rakennesuunnitelma, joka tulee hyväksyttäväksi STUKilla tai joissain tapauksissa STUKin valtuuttamalla tarkastuslaitoksella, ennen kuin valmistus voidaan aloittaa. Rakennesuunnitelmassa tulee käydä ilmi seuraavat asiat:

- Suunnittelun perusta ja taustat, sisältäen kappaleen rasitukset, korrosio, käytön aikainen valvonta sekä käyttöön ja muut ympäristön tuomat vaatimukset
- Rakenteeseen käytettyjen aineiden vaatimukset, perustelut, käytetyt standardit ja aineodistukset
- Pintakäsittely ja pinnoitteet, sisältäen tutkimuksen käytettävyydestä myös vaativissa erikoisolosuhteissa esimerkiksi säteilyn vaikutuksen alaisena
- Rakenteen laskelmat ja mitoitus vaatimusten täyttämisen osoittamiseksi, sisältäen laskennan pohjana käytetyt standardit
- Suunnitelmat ja piirustukset teräsrakenteen luokitukselta, rajapinnoista, kokoonpanosta, mitoista, rakenteesta, hitsauksista sekä pinnoittamisesta

- Ohjelma laadun hallintaan ja varmistamiseen, sisältäen tarkastus- ja testaus suunnitelman sekä tarkastus- ja testausohjeet
- Tyyppihyväksytyt tuotteet, niiden koetulokset ja mahdolliset tuotteet, joille on tehty varmennettu käyttöseloste, sisältäen päätökset ja soveltuvuuden käyttökohteeseen
- Työtavat ja menetelmät, joilla rakenne tehdään, sisältäen työ- ja menetelmäkoheet, hitsaajien pätevyudet ja testit.
- Ohjeet tuotteen valmistamisesta
- Tarvittavat selvitykset valmistajasta ja sen alihankkijoista sekä käytetyistä testauslaitoksista

Teräsrakenteiden valmistuksessa ja niihin liittyvissä suunnitelmissa huomioitavia asioita ovat riittävä dokumentointi sekä jäljitettävyys. Jäljitettävyydessä osat, aineet sekä tekijät on oltava jäljitettävissä yksityiskohtaisesti esimerkiksi sulatenumeron tai stanssauksien perusteella. (YVL 4.2, kpl. 3.)

Valmistuksen valvonnasta vastaa pääsääntöisesti tuotteen valmistaja laadunhallintajärjestelmänsä ja tehtyjen suunnitelmien mukaisesti. Lisävalvontaa suorittavat myös luvanhaltija, sekä joissain kohdin STUK ja STUKin tai luvanhaltijan valtuuttamat tarkastuslaitokset. Tuotteelle tehtävän rakennetarkastuksen suorittaa STUK turvallisuusluokkaan 2 ja STUK tai tarkastuslaitos luokkaan 3 kuuluville tuotteille. Rakennetarkastus sisältää:

- “Rakennesuunnitelman toteutumisen tarkastuksen
- Valmistuksen tulosaineiston tarkastuksen
- Rakenteen silmämääräisen tarkastuksen
- Mahdollisen toiminta- ja tiiviyskokeen.” (YVL 4.2, kpl. 5.)

Lisäksi tuotteille tehdään asennuksen jälkeen käyttöönottotarkastus, jossa todetaan tuotteen dokumenttien ja sille asetettujen vaatimusten tason riittävyys sekä sille aiemmin tehtyjen tarkastusten pöytäkirjat. (YVL 4.2, kpl. 4. – 6.)

Esimerkkiprojektissa, eli Olkiluoto 3:ssa vaativien teräsrakenteiden valmistuksen kanssa oli pieniä poikkeamia, joista kahta on myös käsitelty STUKin raportissa vuodelta 2006. Suojarakennuksen teräsvuoraus käsitellään paineastiana, joten sen käsittely tapahtuu kappaleessa 5.3.2. Tässä kappaleessa käsitellään voimalaitokseen tullutta polarnosturia ja suojarakennuksen materiaalisulkuja sekä niille esitettyjä vaatimuksia ja esiin nousseita huomioita. Rakenteiden valmistajana toimi ranskalainen Eiffel. Polarnosturi on suojarakennuksen sisään tuleva nosturi, jota käytetään suurempiin nostoihin reaktorirakennuksen sisällä. Tästä johtuen se on luokiteltu turvallisuusluokkaan 3. Materiaalisulku on reaktorin suojarakennuksessa oleva avattava sulku, josta voidaan huoltojen yhteydessä viedä tai tuoda suurempia kappaleita reaktorirakennukseen. Turvallisuusluokaltaan materiaalisulku kuuluu luokkaan 2. Eiffelillä on ollut jo aikaisempaa kokemusta ydinvoimalaitokselle tulevista nostureista ja muista teräsrakenteista. Lisäksi sillä on sertifioitu laatu järjestelmä. Projektisuunnitelmassa vaadittiin otettavaksi huomioon myös ydinvoimalaitostoimitukseen liittyviä erikoisstandardeja ja -ohjeita. Auditoinneissa, eritoten TVO:n tekemässä, löytyi kuitenkin puutteita Eiffelin toimintatavoista, tosin ne eivät olleet vakavia. Isoimmat asiat tulivat vaadittavien dokumenttien puutteesta tai tarvittavista tarkennuksista. Lisäksi ydinvoimalaitokseen liittyvää turvallisuuskulttuuria olisi täytynyt kouluttaa paremmin toimittajalle. Myös erityisesti ydinvoima-alaan liittyviä standardeja, kuten IAEA:n laadunhallintaa koskevia standardeja ja niiden vaatimuksia ei osattu ottaa tarpeeksi hyvin huomioon. Laitostoimittajan osalta myös tehdyt auditoinnit olivat myöhässä projektin aikatauluun nähden ja ne eivät olleet tarkkuudeltaan yhtä kattavia kuin luvanhaltijan, eli TVO:n tekemät vastaavat. Tarkasti tehtyjen auditointien ja huomioiden etuna on se, että mahdolliset puutteet pystytään korjaamaan hyvissä ajoin, jolloin loppudokumentaatiosta saadaan helpommin luotettava ja mahdollisten virheiden todennäköisyys projektissa vähenee. (STUK, 2006 a, s. 32 – 35)

5.2 Sähköistys ja automaatio

Sähkölaitteiden sekä automaation tärkeys on ydinvoimalaitoksella suuri, koska lähes kaikki informaatio sekä turvallisuustoiminnot riippuvat jollain tavalla sähköstä tai automaatiosta. Tämän vuoksi kumpaankin osa-alueeseen panostetaan myös viranomaisten taholta sekä vaatimuksissa että valvonnassa. Uusissa voimalaitoksissa käytetään digitaalisia järjestelmiä, ja myös Suomen vanhoja voimalaitoksia päivitetään pikkuhiljaa digitaalisiksi. Oman haasteensa järjestelmille tuo kuitenkin rinnakkais-, erilaisuus- ja erotteluperiaatteet, joiden vuoksi järjestelmistä tulee monitasoisia. Lisäksi olosuhteet ovat joillekin järjestelmän osille vaativat ja toimintavarmuuden täytyy olla hyvä. Tästä huolimatta ydinvoimalaitosten automaatio ja sähköistys on pystytty saamaan luotettavaksi, kuten esimerkiksi Loviisan ja Olkiluodon voimalaitosten korkeista käyttökertoimista voi päätellä.

5.2.1 Automaation vaatimukset

Automaatioon ja sen kattavuuteen ydinvoimalaitoksessa liittyy useita erikoisvaatimuksia. Automaation yhtenä osa-alueena on suojausautomaatio, jonka tehtävänä on tuottaa kaikissa tilanteissa luotettavaa informaatiota reaktorin epänormaalista tai riskialttiista toiminnasta ja käynnistää tarvittavat turvallisuustoiminnot, joiksi luetaan reaktorin hätäsammutus, jälkilämmön poisto sekä suojarakennuksen oikea toiminta. Suojausautomaation tulee olla erotettu muista järjestelmistä ja sen tilan tulee ilmetä myös valvomossa. Suojausjärjestelmää tulee testata ja sen kunto tulee tarkastaa määräajoin. Suojausjärjestelmän tulee myös valvoa omaa toimintaansa ja sen tulee olla myös käsin käytettävissä. (YVL 1.0, kpl 3.4; YVL 5.5, kpl 2.1)

Ydinvoimalaitoksen säätöön ja ohjaukseen tulee normaalitilanteissa olla tarvittavat järjestelmät, eli niin kutsuttu käyttäjärjestelmä. Järjestelmistä tulee käydä esille reaktorin ja muiden prosessien toiminta ja niistä tulee saada tarvittavat hälytykset hälytysrajojen ylittyessä. Myös käyttäjärjestelmän yksittäisen osan vikaantuessa täytyy toiminnot pysyä suorittamaan muilla rinnakkaisilla osilla. Käyttäjärjestelmän, niin kuin muunkin automaation toimintaan

vaaditaan riittävä instrumentointi, jonka pitää tarjota tarkkaa ja luotettavaa informaatiota eri järjestelmän osien toiminnasta ja suureista. Reaktorista tulee kerätä luotettavasti tietoa ainakin eri paineista, virtauksista, nestepinnoista, lämpötiloista, tehosta sekä säätötoimenpiteistä. Tiedot täytyy ohjata ydinvoimalaitoksen valvomoon. Valvomon tulee olla järjestetty siten, että sen ergonomia on hyvä, olennainen informaatio tulee riittävän selvästi esille ja inhimillisten virheiden mahdollisuus saadaan mahdollisimman pieneksi. Ydinvoimalaitoksen ohjauksesta tulee laatia tarvittava ohjeisto, ja ohjeiston mukaisen toiminnan on oltava testattavissa myös valvomosimulaattorilla. Valvomon tulee olla turvallinen myös onnettomuustilanteissa, mikä täytyy ottaa huomioon myös suunnittelussa. Valvomon ja automaation järjestys täytyy toteuttaa siten, että turvallisuuden kannalta tärkein informaatio tulee ensin esille. Lisäksi valvomon sisäinen osastointi ja turvallisuus tulee ottaa riittävän tarkasti huomioon. Vakavan valvomo-onnettomuuden varalle tulee turvallisuustoimintoja ohjaaville laitteille olla myös varapaikat, joista laitos pystytään ajamaan turvallisesti alas. Tarvittaville laitteille tulee myös olla varavoimaa käytettävissä. (YVL 5.5, kpl. 2.2 – 2.4)

Ydinvoimalaitosten automaatiossa ja instrumentoinnissa tulee ottaa myös onnettomuuksien aikainen toiminta huomioon. Mahdollisesta onnettomuustilanteesta tulee saada kerättyä riittävästi tietoa onnettomuuden seurausten minimoimiseksi ja tulevaisuudessa tapahtuvien onnettomuuksien estämiseksi. Viranomaisten minimivaatimuksena tarvittaville tiedoille ovat:

- ”Mittaukset, joiden perusteella voidaan myöhemmässä vaiheessa käsin käynnistää ne tarvittavat turvallisuustoiminnot, jotka eivät käynnisty automaattisesti alkutapah-tuman seurauksena
- Mittaukset, joiden avulla valvomohenkilökunta voi todeta turvallisuustoimintojen toteutuvan
- Mittaukset, joista saadaan tietoa yksittäisten turvallisuusjärjestelmien ja näihin liit-tyvien laitteiden toiminnasta
- Mittaukset, joiden avulla voidaan valvoa radioaktiivisten aineiden leviämistä estävi-en peräkkäisten teknisten esteiden eheyttä

- Mittaukset, joita käytetään radioaktiivisten aineiden päästöjen arviointiin.” (YVL 5.5, kpl 2.5.2)

Järjestelmien tulee toimia riittävin osin myös vakavan reaktorionnettomuuden aikana. Vakavaan reaktorionnettomuuteen liittyvien järjestelmien tulee olla erotettu muista järjestelmistä. (YVL 5.5, kpl 2.5)

Automaatiojärjestelmän osat tulee kelpoistaa ympäristöolosuhteiden keston osoittamiseksi. Kelpoistuksella tarkoitetaan sitä, että tuotteiden toimivuus koko elinkaaren ajan myös oletetuissa onnettomuustilanteissa testataan ja mallinnetaan vanhentamalla tuotteita sekä termisesti että säteilyllä. Tuotteen käyttökohteen niin edellyttäessä voidaan sille tehdä myös muita testejä, kuten esimerkiksi vedenpitävyys- tai paineensietotestit. Testausolosuhteiden tulee vastata oletetun tai vakavan reaktorionnettomuuden olosuhteita riippuen siitä, kumpaan automaatiojärjestelmän haaraan laite kuuluu. Erityyppiset sisäiset ja ulkoiset sähköiset ja magneettiset häiriöt on myös otettava huomioon järjestelmän osia suunniteltaessa ja testattaessa. Palontorjunta on yksi tärkeä seikka automaatiojärjestelmää suunniteltaessa. Palontorjunnan vaatimuksia on kerrottu enemmän kappaleessa 5.1.2. Tietoturvajärjestelyissä tulee ottaa turvallisuus huomioon siten, että turvallisuuden kannalta tärkeisiin järjestelmiin ei luvattomasti pääse ja järjestelmässä käynnit voidaan jäljittää. Erottelu-, erilaisuus- ja rinnakkaisuusperiaatteet täytyy ottaa huomioon jokaisella turvallisuuteen liittyvällä osalla, jos se vain on mahdollista. Automaatioon käytettävien laitteiden tulee olla myös merkitty ja liitetty luotettavaan merkintäjärjestelmään vianetsinnän helpottamiseksi. (YVL 5.5, kpl 3.)

Suunnittelussa tulee käyttää soveltuvia ydinvoimalaitosten järjestelmiin liittyviä standardeja ja turvallisuusluokkaan 2 kuuluvassa automaatiossa ja muutoin soveltuvia standardeja luokkiin 3 tai 4 kuuluvassa automaatiossa. Lisäksi automaation suunnittelussa täytyy huomioida selkeät rajapinnat ja mahdollisuudet järjestelmän päivityksiin. Luvanhaltija vastaa lopullisesti automaation laadusta ja automaation laatusuunnitelmasta, mutta toimittajille ja alihankkijoille minimivaatimuksena on toimiva ja auditoitu laadunhallintajärjestelmä. Lisäksi luvanhaltija tai viranomaiset voivat määrittää muita toimia, kuten testejä tai auditoin-

teja sekä tuotteelle, suunnittelijalle että valmistajalle riittävän laatutason toteamiseksi. Tavoitteena automaatiolle on, että sen viansietokyky on hyvä ja se on toteutettu mahdollisimman yksinkertaisesti sekä koetelluin menetelmin. Suunnittelu tulee dokumentoida kattavasti vaiheittain sekä lähtötietojen että tulosten perusteella koko suunnitteluprosessin ajan. Suunnittelun pohjana on vaatimusmäärittely, jota on kuitenkin tarkennettava suunnittelun ja projektin edetessä. Järjestelmän valmistuessa tulee sen olla vaatimusmäärittelyssä esitetyt vaatimukset täyttävä. (YVL 5.5, kpl 4.1 – 4.3)

Kun asennettavan automaatiojärjestelmän osa saapuvat kohteelle, tulee sille tehdä vastaanottotarkastus, jossa todetaan tuotteen moitteettomuus. Lisäksi turvallisuusluokitelluille järjestelmille tulee tehdä asennustarkastus, jossa varmistetaan vastaanottotarkastuksen tekeminen sekä asennuksen moitteettomuus. Kun järjestelmä on saatu käyttökuntoon, suoritetaan sille käyttöönottotarkastus, missä todetaan, että riittävät tarkastukset on tehty, niissä havaitut virheet on saatettu kuntoon, ja luvanhaltijan automaatiojärjestelmiä koskevan laadunhallintajärjestelmän mukaiset toimet on toteutettu oikein. Mikäli järjestelmä on ohjelmitava, tulee myös ohjelma kelpoistaa tai arvioida soveltuvaksi. Ohjelmien tekemiseen tulee olla pätevä henkilökunta, tasokas suunnitteluprosessi sekä siinä tulee käyttää soveltuvia standardeja ja työkaluja. Ohjelmiston kehitystyössä tulee myös pitää dokumentaatio ajantasaisena ja riittävän laajana. Yhteisvikaantumisen riski ohjelmistoissa tulee minimoida erilaisuusperiaatteen avulla. Ohjelmitavissa laitteissa ohjelman testaus tulee ottaa huomioon testaussuunnitelmassa ja testit täytyy toteuttaa suunnitelman mukaisesti. Ohjelmistoissa on syytä pyrkiä yksinkertaisuuteen, jotta diagnostiikka vikaantumisien sattuessa olisi helppompaa. Yhtenä tarvittavan ohjelmana ydinvoimalaitoksen automaatiossa on laitteiden ja järjestelmien vanhenemista seuraava ohjelma. Ohjelman tulee kerätä tarvittava tieto laitteiden ja ohjelmien vioista sekä vaihdon tarpeesta. (YVL 5.5, kpl. 4.5 – 5)

Valvonnasta vastaavat STUK ja luvanhaltija turvallisuusluokituksesta riippuen. STUKille täytyy järjestelmistä toimittaa tarvittava dokumentaatio, kuten esimerkiksi ennakkotarkastusaineisto sekä periaatesuunnitelma, turvallisuusluokituksen mukaan. Periaatesuunnitelmassa on järjestelmästä kuvattu muun muassa suunnitteluperusteet, toiminta-ajatus, kyt-

kökset muihin järjestelmiin, suunnitellut testaukset sekä tarkastukset ja käytetyt raja-arvot. Ennakkotarkastusaineistossa on tarkennettu periaatesuunnitelman tietoja suunnittelun aikana tulleella ja kerätyllä informaatiolla sekä lopullisilla ratkaisuilla. STUK tekee laitteille dokumentaatioon perustuvan soveltuvuusarvion, mikäli kyseessä on turvallisuusluokkaan 2 kuuluva tai turvallisuusluokkaan 3 kuuluvan turvallisuudelle tärkeän järjestelmän osa. Lisäksi STUK valvoo harkintansa mukaan tuotteiden valmistusta ja niihin liittyviä testejä, asennusta, käyttöönottoa, laadunhallintaa sekä käyttöä järjestelmän turvallisuusluokituksen mukaan. (YVL 5.5, kpl 6)

5.2.2 Sähköjärjestelmien ja sähköistyksen vaatimukset

Peruseriaatteena ydinvoimalaitoksen sähköjärjestelmässä on, että sähkönsyöttöön on mahdollista käyttää sekä sisäisiä että ulkoisia sähkötehon lähteitä. Tämä on erityisen tärkeää, sillä monet turvallisuustoiminnot ainakin jollain tasolla pohjautuvat sähkön saantiin. Näihin järjestelmiin, kuten muihinkin turvallisuuden kannalta tärkeisiin järjestelmiin, sovelletaan rinnakkaisuuden, erottelun ja erilaisuuden periaatteita turvallisuuden maksimoimiseksi. Sekä sisäisen että ulkoisen sähkönsyötön järjestelmällä pitää pystyä ajamaan reaktori turvalliseen tilaan ja pitämään se siellä. Lisäksi täytyy olla vielä oma, riippumaton sähköjärjestelmä vakavien reaktorionnettomuuksien valvontalaitteille. Ulkoiseen sähköverkkoon täytyy olla kaksi riittävän suureksi mitoitettua erilleen sijoitettua yhteyttä. Myös ulkoisessa sähköverkossa tai siihen kytkeytymisessä esiintyvät häiriöt täytyy ottaa huomioon järjestelmien ja laitteiden suunnittelussa sekä valinnassa ja niiden vaikutukset tulee minimoida. Omakäyttösähkön syöttöjärjestelmällä syötetään tarvittava sähkö laitoksen omasta sähkön- tuotannosta tai ulkoisesta verkosta laitoksen sähköä tarvitseville järjestelmille. Tämän järjestelmän tulee toimia siten, etteivät sen toimintahäiriöt vaikuta turvallisuusjärjestelmien toimintaan. Lisäksi laitoksella tulee olla turvallisuustoimintoja varten varasähkön syöttöjärjestelmä, jonka tehtävänä on turvata tärkeimpien turvallisuusjärjestelmien toiminta sellaisessa tilanteessa, jossa ulkoisista tai sisäisistä lähteistä ei saada sähköä. Varasähkön syöttöjärjestelminä toimivat useimmiten dieselgeneraattorit, joiden toimivuus täytyy testata aika-ajoin. Varasähköjärjestelmien menetykseen tulee laitoksella varautua siten, että laitoksella

on riittävän turvallisuuden takaavaa sähkönsyöttöjärjestelmä, joka on riippumaton muista oletettujen onnettomuuksien sähköjärjestelmistä, ja joka toimii ainoastaan varasähkön täydellisen menetyksen yhteydessä. Tällä järjestelmällä varmennetaan myös turvallisuustoimintojen ylläpitoa ongelmatilanteissa. Turvallisuusluokassa 2 ja 3 olevien tasasähköllä toimivien laitteiden toimintakyky tulee varmistaa tarvittavalla akustojärjestelmällä ja niihin liittyvillä latauslaitteistoilla. Sähköjärjestelmien toimintaa tulee pystyä valvomaan laitoksen valvomosta käsin. Valvomon sähkönsyötön tulee lisäksi olla varmennettu varasähköjärjestelmistä. Ydinvoimalaitoksissa tulee olla myös mahdollisuus samassa paikassa sijaitsevien laitosten keskinäiseen sähkönsyöttöön. (YVL 5.2, kpl. 2)

Turvallisuusjärjestelmiin liittyvä sähkönsyöttö ja muut sähköön liittyvät toiminnot on suunniteltava ja rakennettava siten, että yksittäisessä osassa tapahtuvat vikaantumiset tai häiriöt eivät vaaranna muiden osien toimintaa. Rinnakkaiset järjestelmät tulisi toteuttaa eri toimintaperiaatteilla erilaisuusperiaatteen mukaisesti. Sähköjärjestelmille tulee tehdä kelpoistus, jonka perusteella ne voidaan todeta ympäristöolosuhteet kestäviksi koko käyttöajan ja tietyiltä osin toimimaan myös vakavien onnettomuuksien aikana. Kelpoistus toteutetaan tarvittavilla analyyseillä sekä testeillä sen jälkeen, kun kappale on vanhennettu elinkaarivaatimukset täyttävästi. Koska ydinvoimalaitosten sähköjärjestelmien tulee toimia moitteettomasti vaativissakin olosuhteissa, täytyy niiden sietää riittävästi myös sähkömagneettisia häiriöitä. Tätä ominaisuutta kutsutaan nimellä EMC. Sähkömagneettiset häiriöt voivat olla joko sisäisiä tai ulkoisia. Sisäisiä häiriöitä vastaan laitteet tulee suunnitella ja asentaa siten, etteivät ne aiheuta sähkömagneettisia häiriöitä tai ole alttiita niille. Ulkoiset häiriöt ja niiden vaikutukset tulee minimoida riittävillä ukkosenjohdatuksilla sekä maadoituksilla. Turvallisuusluokitellut laitteet ja niiden toiminta vallitsevassa sähkömagneettisessa ympäristössä tulee analysoida ja todeta riittävän turvallisuustason saavuttaviksi riittävän hyvillä perusteluilla. Erityyppiset sähköjärjestelmät ja -laitteet on varustettava riittävillä varokkeilla ja muilla suojaavilla ratkaisuilla, jotta vikatilanteessa ei aiheudu riskiä toimintahäiriön leviämisestä. Varokkeen suojaamat laitteet tai järjestelmät on jaettava mahdollisimman moneen osaan siten, että yhdessä osassa olevan vian vuoksi on osa helposti irrotettavissa järjestelmän muista toiminnoista. Lisäksi laitos tulee varustaa muilla mahdollisilla

järjestelmillä sähkölaitteiden suojaamiseksi mahdollisimman hyvin. Suojaus- ja vikaantumistoiminnot täytyy tehdä siten, että ongelmista saadaan riittävä hälytys korjaustoimenpiteiden aloittamiseksi. Suojaustoiminnot eivät saa kuitenkaan aiheuttaa vaaratilanteita turvallisuuteen liittyvissä järjestelmissä. Perussuunnittelussa käytetään Suomessa käytössä olevia sähkölaitteiden turvallisuuteen liittyviä standardeja. Suunnitteluvaiheessa täytyy huomioida sähköjärjestelmien huolto- ja korjaustoiminta, jonka tulee olla mahdollisimman nopeaa ja helppoa. Suunnittelun täytyy sisältää tarvittavat testaukset järjestelmien kunnan toteamiseksi. Myös sähkölaitteet tulee liittää ydinvoimalaitoksen tunnistusjärjestelmään todentamisen helpottamiseksi. Lisäksi sähköjärjestelmien suunnittelussa ja asennuksessa tulee ottaa huomioon laitoksen korkeat tietoturvamääräykset. (YVL 5.2, kpl. 3)

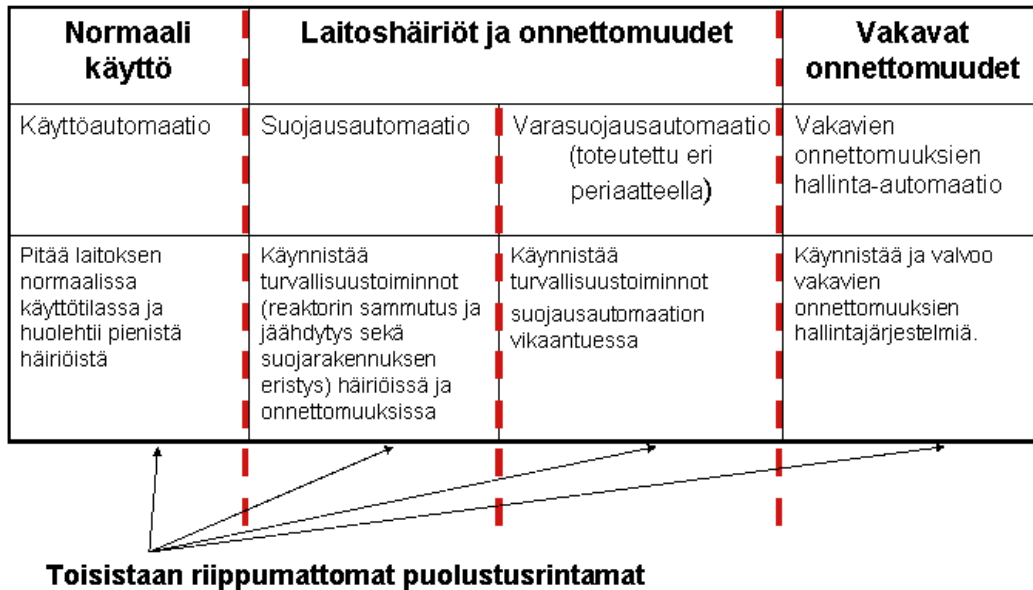
Sähköjärjestelmien suunnittelussa täytyy huomioida kohteen turvallisuusmerkitys, joka vaikuttaa esimerkiksi laitteen ympäristöolosuhteisiin ja muihin vaatimuksiin. Suunnittelussa tulee käyttää kansainvälisiä sähköjärjestelmien ja -laitteiden standardeja sekä mahdollisuuksien mukaan soveltuvia ydintekniikkaan liittyviä standardeja ja ohjeita. Käytetyt standardit esitetään ja perustellaan suunnittelun dokumentoinnissa. Koko sähköjärjestelmien toimitusketjun aina suunnittelusta huoltoon ja ylläpitoon asti on käytettävä toiminnassaan kehittyntä laadunhallintajärjestelmää. Korkeammissa turvallisuusluokissa lisäksi vaaditaan erillisiä laatusuunnitelmia, joilla voidaan todentaa tuotteen riittävä laatu jokaisessa vaiheessa. Laatusuunnitelmasta käyvät ilmi vastuut, vaadittava dokumentointi sekä tarvittavat katselmukset ja testaukset. Lisäksi turvallisuusluokkaan 2 kuuluville laitteille voidaan suorittaa riippumattomia arviointeja. Suunnitteluorganisaation tulee olla riittävän kokenut ja ammattitaitoinen. Ennen korkeamman turvallisuusluokituksen omaavan laitteen lopullista suunnittelua laaditaan vaatimusmäärittely, jossa tarvittavat ominaisuudet ja käyttöolosuhteet määritetään. Riittävä dokumentoinnin taso on säilytettävä koko suunnittelu- ja valmistusprosessin ajan. (YVL 5.2, kpl. 4.1 – 4.3)

Luvanhaltija vastaa sähkölaitteiden ja -järjestelmien erityyppisistä tarkastuksista, mutta osan tarkastuksista suorittaa STUK tarkastuksesta ja kohteen turvallisuusmerkityksestä riippuen. Sähkölaitteille suoritettavia tarkastuksia ovat muun muassa vastaanotto-, asennus-

ja käyttöönottotarkastukset. Tarkastuksissa todetaan tuotteen moitteettomuus, laatusuunnitelman mukaiset toimenpiteet sekä dokumentaation taso. Käytön aikaista järjestelmien ja laitteiden vanhenemista tulee pystyä seuraamaan sitä varten tehdyn ohjelman avulla, mikä täytyy ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa. Lisäksi järjestelmien ikääntyminen täytyy olla käytön aikana muutoinkin todennettavissa ja sitä täytyy käytön aikana seurata. Vanhenemisen seurannan vaatimukset riippuvat järjestelmien turvallisuusluokituksista. STUK hyväksyy turvallisuusluokiteltujen laitteiden suunnitelmat, arviot ja ennakkotarkastusaineistot sekä laadunvarmistuksen. Lisäksi STUK seuraa osaltaan valmistusta, asentamista ja käyttöönottoa haluamassaan laajuudessa sekä suorittaa käytönaikaista valvontaa. (YVL 5.2, kpl. 4.5 – 6)

5.2.3 Esimerkit viranomaistoiminnasta sekä –vaatimuksista

Olkiluoto 3:n sähkö- ja eritoten automaatiojärjestelmistä on käyty julkisuudessa paljon keskustelua. Syynä tähän keskusteluun on ollut automaatiojärjestelmän suunnittelun viivästyminen ja STUKin kielteinen päätös ja lisäselvityspyynnöt automaatiojärjestelmän turvallisuustason hyväksynnästä. Yhtenä Olkiluoto 3:n haasteena on ollut digitaalisiin turvallisuusjärjestelmiin siirtyminen vanhoissa laitoksissa käytetyistä analogisista järjestelmistä. Julkinen keskustelu aiheen ympärillä on välillä saanut jopa aika tiukkojakin sävyjä, kuten esimerkiksi Pohjolan Voiman ja Arevan keskinäisestä kommunikoinnista voi päätellä. Vuonna 2008 Arevan luvanhaltijan kautta toimittamat suunnitelmat laitoksen turvallisuuteen liittyvistä automaatiojärjestelmistä vaativat STUKin mielestä tarkennuksia ja parannuksia. Ensimmäiset parannukset järjestelmäsuunnitteluun eivät olleet vielä riittävät, joten STUK vaati vielä lisäselvityksiä järjestelmien toimivuudesta ja kytköksistä. Vaatimuksia EPR-reaktorityypin turvallisuusjärjestelmien riippumattomuuden parantamisesta esittivät sekä Suomen, Iso-Britannian että Ranskan viranomaiset. Vuonna 2011 automaatiojärjestelmän suunnittelu oli edelleenkin kesken, jonka seurauksena OL3-projekti saattaa viivästyä vielä entisestään. Kuvassa 13. on esitetty Olkiluoto 3 - projektin syvyyssuuntaisten turvallisuusjärjestelmien peruseriaate. (STUK, 2009 f; Kärki, 2009; Rakennuslehti 2009; TVO, d)



Kuva 13. OL3 automaation syvyysuuntainen turvallisuus. (STUK, 2009 f)

Automaatiojärjestelmän viivästyminen syitä ovat myöhässä tehty suunnittelu sekä suunnitelmien erot viranomaisvaatimukseen nähden. Tämä toimii jälleen esimerkkinä siitä, että ajoissa tehty korkeatasoinen suunnittelu on nopeampi ja halvempi ratkaisu kaikille osapuolille. Lisäksi tämä on osoitus Suomen viranomaisten tinkimättömyydestä turvallisuuteen liittyvissä järjestelmissä. Automaatiosuunnittelun viivästyminen on ollut yksi merkittävimmistä syistä, jos ei jopa merkittävin Olkiluoto 3 –projektin viivästyksessä. Tästä johtuen myös seuraavissa ydinvoimalaitosprojekteissa tullaan todennäköisesti kiinnittämään erittäin paljon huomiota automaation suunnitteluun ja toteutukseen.

5.3 Muut ydinvoimalaitokseen liittyvät rakenteet, järjestelmät sekä asennustoiminta

Tässä kappaleessa käsitellään erityyppisiä ydinvoimalaitokseen kuuluvia rakenteita ja järjestelmiä sekä muita toimintoja. Ydinvoimalaitoksen turvallisuustaso sekä erityisvaatimukset tuovat haasteita useaan eri osa-alueeseen ydinvoimalaitoksen rakentamisessa. Kappaleessa on pyritty tuomaan esille tärkeimpiin järjestelmiin ja laitteisiin, mitä yllä olevissa

kappaleissa ei ole kuvattu, liittyvät erityisvaatimukset. Tärkeimpinä näistä ovat paineenalaiset laitteet, joiden merkitys sekä määrät ovat ydinvoimalaitoksella suuria.

5.3.1 Ilmastointijärjestelmä

Ydinvoimalaitos tulee varustaa kunnollisella ja myös ydinlaitoksen erikoistarpeet täyttävällä ilmastointijärjestelmällä. Päätehtävänä ydinvoimalaitoksen ilmastoinnilla on pitää koneiden ja työntekijöiden ympäristön tila vaatimusten mukaisena. Ilmanvaihdon toimintaan vaikuttaa myös vaatimus säteilyannoksen pitämisestä niin pienenä kuin mahdollista. Tämä on ydinvoimalaitoksessa vaativa tehtävä, sillä mahdollisen, joskin erittäin epätodennäköisen reaktorionnettomuuden tapahtuessa suurin osa vapautuvista päästöistä on kaasumaisessa tai aerosolimaisessa muodossa. Ilmanvaihtojärjestelmien pitää pystyä toimimaan tästä johtuen niin normaaleissa käyttöolosuhteissa, kuin erikoistilanteissakin. Ydinvoimalaitoksen ilmastointijärjestelmään liittyy yleisesti samantyyppisiä vaateita kuin muihinkin laitoksen osajärjestelmiin. Esimerkiksi eri rinnakkaisten turvallisuustoimintoja tekevien yksiköiden ilmastointijärjestelmät tulee olla erotettu toisistaan, jotta ilmastoinnin häiriöt tai sitä kautta tulevat muut ongelmat eivät vaaranna laitoksen turvallisuutta. Ilmastointi tai sen toiminnan alla olevat osa-alueet on luokiteltava turvallisuusluokituksen mukaisesti. Luokkaan 2 kuuluville järjestelmille STUK määrittää vaatimukset tapauskohtaisesti, kun taas luokkaan EYT kuuluvat käsitellään normaalisti Suomen rakennusmääräyskokoelman mukaisesti. STUK edellyttää myös, että turvallisuusluokitelluille järjestelmille pohjatietoina käytetään rakennusmääräyskokoelman antamia vaatimuksia ja ohjeita. (YVL 5.6, kpl 1. – 2.2)

Laitoksen ilmastoinnin tulee olla jaettuna vyöhykkeisiin ja suunniteltu siten, että paineerojen avulla ilmavirtaus saadaan kulkemaan puhtaammalta alueelta mahdollisesti säteilevään alueeseen päin mahdollisen säteilyaltistuksen vähentämiseksi. Valvottavan alueen ja alueen, jolla työskennellään, tulee olla ilmastointiteknisesti suunniteltu erillisiksi. Riski tuloilmaan joutuvasta savusta on saatava mahdollisimman pieneksi ja muutoin vaarallisten aineiden tuloilmaan pääsy on oltava mahdollisimman epätodennäköistä. Poistoilma on

poistettava valvonta-alueelta ilmastointipiipun kautta ja ilmastointikanavien suunnittelussa on otettava huomioon dekontaminointimahdollisuus. Poistoilmastoinnin tehtävänä on myös poistaa laitoksen ilmasta mahdolliset kaasut tai muut haitalliset aineet kuitenkin siten, että tarvittaessa laitteistoilla pystytään rajoittamaan päästöjä ympäristöön. Valvomo ja muut onnettomuuden aikana työskentelyyn tarvittavat tilat tulee varustaa tarvittavilla laitteilla ja suojarusteilla onnettomuuden aikaisen säteilyaltistuksen minimoimiseksi. Näille laitteille on asetettu myös toimintavaatimus yksittäisvikautumisen sattuessa. Ilmastointijärjestelmää koskevat samat paloluokitusvaatimukset kuin muitakin osastojen välillä kulkevia järjestelmiä. Lisäksi paloteknisessä suunnittelussa tulee ottaa huomioon ilmastoinnin suodattimien mahdollinen palotilanne niissä suodattimissa, joiden palamista ei voida muilla keinoin ehkäistä. Ydinteknisesti luokitelluille ilmastointilaitteille rakennetarkastuksen suorittaa STUK tai STUKin edustaja, luvanhaltija suorittaa saman luokituksen laitteille käyttöönottotarkastuksen. EYT-luokitellut laitteet kuuluvat tarkastuksiltaan normaalin rakennusvalvonnan ja luvanhaltijan sisäisen valvonnan piiriin. (YVL 5.6, kpl 2.3 – 2.10)

Rakentamislupahakemuksessa on STUKille toimitettava ilmastointijärjestelmästä tarvittavat tiedot, joista käy ilmi yllä kuvattujen vaatimusten täyttyminen, huonetilojen olosuhdemääritys sekä ilmastoinnin palotekninen selvitys. Loput dokumentit tulee saada vaadittavaan valmiustasoon rakentamisen aikana. Turvallisuusluokitellun osa-alueen hyväksynnän ja tarkastukset tekee STUK tai sen valtuuttama kolmas taho, EYT-luokitellun osa-alueen hyväksynnän hoitaa luvanhaltija tai rakennusviranomainen. Turvallisuusluokkaan luokitellun laitteen rakennesuunnitelmista tulee käydä selväksi vähintään seuraavat asiat:

- ”Suunnittelutiedot”
- ”Laaduntarkastussuunnitelma”
- ”Tyyppihyväksytyt laitteet”
- ”Selitys valmistajasta ja testauslaitoksista” (YVL 5.6, kpl. 3.2.2)

Rakennetarkastuksessa tarkastava taho käy läpi:

- "Rakennesuunnitelman toteutumisen tarkastamisen
- Valmistuksen tulosaineiston tarkastamisen
- Laitteen silmämääräisen tarkastamisen
- Mahdollisen toiminta- ja tiiviyskokeen." (YVL 5.6, kpl. 3.2.3)

Käyttöönottotarkastuksen laajuuden määrittelee STUK. Käyttöönottotarkastuksessa tarkastetaan, että dokumentointi on tehty kunnolla. Järjestelmistä on suoritettava myös koekäytöt, joita STUK seuraa haluamassaan laajuudessa. (YVL 5.6, kpl. 3.)

Olkiluoto 3:ssa suomalaisia turvallisuusvaatimuksia ilmastointijärjestelmälle on toteutettu esimerkiksi suojarakennuksessa, mikä on jaettu yhdistettävillä osastoilla kahteen osaan. Osastojen jaot on toteutettu käyttäen välillä murtopeltejä ja luokkuja, jotta ilmatilat voidaan yhdistää vakavan reaktorionnettomuuden tapahtuessa. Erityisvaatimuksia järjestelmälle aiheuttavat vakavassa reaktorionnettomuudessa mahdollisesti syntyvät vetypäästöt ja –räjähdykset, joiden mahdollisuutta järjestelmällä pyritään pienentämään. (STUK, 2005, s. 49)

5.3.2 Painesäiliöt ja –putkistot

Tässä kappaleessa käsitellään erityyppisiä ydinvoimalaitokseen kuuluvia paineteknisiä laitteita. Paineteknisellä laitteella tarkoitetaan sellaista laitetta, jonka jollekin osalle asetettu mitoituspaine on suurempi kuin 0,5 bar. Painelaitteiksi ei kuitenkaan lueta tietyissä tapauksissa laitteita, joissa paine on joissain osissa suurempi kuin 0,5 bar hydrostaattisen paineen vuoksi. Painelaitteet luokitellaan ydinvoimalaitoksella samoin kuin muutkin laitteet, eli turvallisuusluokituksen mukaan. Laitteen turvallisuusluokitus vaikuttaa suunnittelun sekä tarkastusprosessin vaatimuksiin, tosin painelaitteille asetetut vaatimukset ovat tiukkoja jo normaalissakin käytössä. Väärin valmistetut, käytetyt tai vioittuneet painelaitteet voivat missä tahansa käyttökohteessa saada aikaan hengenvaaran niitä käyttävälle henkilöstölle tai

sivullisille. Lisäksi painelaitteen vioittumisella voi tulla merkittäviä materiaalisia tai rahallisia vahinkoja. Tästä johtuen vaatimukset painelaitteille ovat tiukat. Ydinturvallisuuden osalta vaativiin turvallisuusluokkiin kuuluville laitteille on tästä syystä erittäin kovat vaatimukset. Lisäksi niihin kohdistuvat rasitukset ovat poikkeuksellisen suuria ja vaativia sekä mahdolliset ongelmat painelaitteissa, eritoten primääripiirissä, ovat aina vakavia tapahtumia. Riittävä varmuuskertoimilla ja jatkuvalla valvonnalla kyetään kuitenkin tekemään luotettava ja turvallinen reaktori, vaikka olosuhteet ovatkin vaativat.

Ydinvoimalaitokseen liittyvien paineteknisten laitteiden määrät ovat suuria, kuten myös mittasuhteet joissain osissa. Kallion mukaan Hanhikivi 1 – laitokseen tullaan käyttämään noin 600 pumppua, 23 500 venttiiliä, 1100 lämmitintä tai jäähdytintä, 550 kompressoria, 550 lämmönvaihdinta, 600 kappaletta tankkeja tai säiliöitä sekä 29 000 metriä putkilinjoja (2012). Näistä suurin osa on paineteknisesti luokiteltuja. Painelaitteista suurimmat ovat reaktoripaineastia ja painevesilaitoksissa höyrystimet. Esimerkiksi Olkiluoto 3 – projektissa reaktoripaineastian kokonaispaino on noin 526 tonnia, seinämäpaksuus 250 millimetriä, suunnittelupaine 176 bar ja suunnittelulämpötila 351 °C. Ydinvoimalaitoksen reaktoripaineastia on esitetty myös kuvassa 14. (TVO, 2009, s. 26)



Kuva 14. Reaktoripaineastia (Psam 11)

Painesäiliöiden ja putkistojen koot ja vaatimustasot vaihtelevat ydinvoimalaitoksessa huomattavasti. Vaatimus- ja valvontatasoon vaikuttaa kohteen turvallisuusluokitus sekä putkissa putken kokoluokka. Painelaitteiden valmistus on muutoinkin tarkoin valvottua, mutta korkean turvallisuusluokituksen omaavassa laitteessa suunnittelun sekä valmistuksen tarkkuus ja hyväksyntämenettelyt ovat erittäin vaativat korkean turvallisuustason varmistamiseksi. Putkistojen luokituksissa pienputkiksi katsotaan tapauksesta riippuen \leq DN 20 tai \leq DN 50 – kokoluokkiin kuuluvat putket ja putkiosat. Pienputkissa turvallisuusluokka laskee yhdellä pykälällä muuhun laitteistoon verrattuna, mikäli kyseisen putken putkirikossa ei menetetä turvallisuustoimintoa. Putkisto ja siihen liittyvät toimilaitteet luetaan pääsääntöisesti samaan turvallisuusluokkaan. (YVL 3.3, kpl. 3)

Ydinteknisesti luokiteltujen painelaitteiden lopullisista hyväksynnöistä vastaa STUK. Painelaitetuotannon yleistä valvontaa Suomessa tekee Tukes, joka valvoo myös CE-hyväksytyjä tai EY-vaatimuksenmukaisuustodistuksella varustettuja painelaitteita. Luvanhaltijan tulee kuitenkin tehdä painesäiliöiden sekä -putkistojen yleistarkastussuunnitelma sekä yleistarkastusohjeisto jo rakentamislupavaiheessa olevaan laadunhallintaselvitykseen. Yleistarkastussuunnitelmaan sekä -ohjeistoon kirjataan ne toimet, joilla säiliöiden valmistuksen sekä käytönaikaisen valvonnan laatu pystytään todentamaan. Lisäksi luvanhaltijan tulee ottaa painelaitteiden laadun riittävä varmistus ja valvonta huomioon omassa laadunhallintajärjestelmässään sekä suunnittelun, valmistuksen että käytön osalta. Koska luvanhaltija lopulta vastaa ydinlaitoksen turvallisuudesta ja toiminnasta, valvoo luvanhaltija myös matalamman ydinteknisen turvallisuusluokituksen omaavien painelaitteiden tuotantoa. Luvanhaltija voi tehdä tarvittavia auditointeja ja muuta valvontaa ydinteknisten painelaitteiden laadun varmistamiseksi. (YVL 3.0, kpl 4.1; YVL 3.1, kpl. 3; YVL 3.2, kpl. 4)

Ydinteknisestä painelaitteesta on tehtävä ennen valmistuksen aloittamista kattava rakennesuunnitelma, jonka hyväksyy joko STUK tai STUKin valtuuttama tarkastuslaitos. Rakennesuunnitelman on myös oltava hyväksyttynä ennen valmistuksen aloittamista pois lukien muutamat poikkeustapaukset. Rakennesuunnitelmista tulee käydä ilmi seuraavat asiat:

- ”Painelaitteen turvallisuusluokka
- Suunnitteluperusteiden oikeellisuus
- Suunnitteluarvot
- Hyväksymiskriteerit
- Rakenneaineiden valinta
- Lujuusanalyysit
- Valitun valmistusmenetelmän soveltuvuus
- Laaduntarkastusohjelman laajuus ja vaatimustaso
- Määräaikaistarkastettavuus
- Toimittajan laatima yhteenveto suunnitteluvaatimusten täytymisestä” (YVL 3.0, kpl. 5.2).

Suunnitteluorganisaation vaatimuksina ovat riittävän kokemuksen omaava, pätevä henkilöstö sekä toimiva laadunhallintajärjestelmä. Suunnittelussa tulee kiinnittää huomiota huollettavuuteen, valvottavuuteen sekä tarvittaviin vaurioitumismekanismeihin, esimerkiksi niin kutsuttuun vuoto ennen murtumaa – periaatteeseen. Suunnittelun asiakirjoissa tulee lisäksi todentaa, kuinka suunniteltu tuote vastaa YVL-ohjeiden vaatimuksia. Kaikille paineenalaisille laitteille tärkeää on lujuustekninen suunnittelu, jolla varmistetaan tuotteen riittävä kestävyys mitoitusolosuhteissa. Lujuusteknisessä mitoituksessa on paineen aiheuttaman kuorman lisäksi otettava huomioon muut mekaaniset rasitukset, lämmön aiheuttamat rasitukset, säteilyhaurastuminen, paineiskut ja muut kappaleelle rasitusta aiheuttavat kuormat. Painesäiliöissä lujuuslaskennat suositellaan STUKin ohjeistuksessa laskettavaksi ASME:n Boiler and Pressure Vessel Code –standardien mukaan turvallisuusluokasta riippuen. Lisäksi painesäiliöiden hyväksynnässä voidaan ottaa huomioon tyyppikokeiden sekä käyttökokemusten tuloksia. Putkistojen suunnitteluun liittyviä erikoisvaatimuksia on tarvittavien tuintojen sekä kannatoinnin suunnittelu ja mitoitus. Sekä putkistoissa että painesäiliöissä olennaisena mitoittavana tekijänä ovat nesteiden sekä kaasujen virtaukset. Virtausteknisessä suunnittelussa tulee ottaa huomioon painehäviöt sekä virtausten aiheuttamat rasitukset. Painelaiteiden suunnittelussa on otettava huomioon myös muita seikkoja, kuten lämmönsiirrollista mitoitusta sekä automaation ja kunnonseurannan tarpeita. Luvanhaltija varmistaa

suunnittelun oikeellisuuden ennen asiakirjojen luovuttamista STUKin tarkastettavaksi. Myös suunnittelun aikainen toiminta esimerkiksi koordinoitukokouksineen ja lähtötietoineen kannattaa dokumentoida riittävän tarkasti mahdollisten tulevien riskien vähentämiseksi. (YVL 3.0, kpl. 3.2, 4.1 – 4.2; YVL 3.1, kpl. 3, 4.1 – 4.5; YVL 3.3, kpl. 3 - 5.4)

Painelaitteiden piirustuksista pitää ilmetä osien valmistustapa, lopullinen muoto sekä tarvittavat ominaisuudet yksiselitteisesti. Lisäksi niistä tulee käydä ilmi ainakin:

- “Turvallisuusluokat ja niiden rajat
- PI-kaavio
- Kokoonpano- ja osakokoonpanotiedot osaluetteloiineen”
- ”Osien materiaalien standardimerkinnot, nimelliskoot ja paineluokat tai vastaavasti mitat ja muodot sekä viittaukset standardoimattomien osien piirustuksiin
- Hitsausliitosten sijainnit, mitat ja railomuodot sekä viittaukset hitsausohjeisiin
- Viittaus laitekohtaiseen tarkastussuunnitelmaan ja/tai tarkastuksiin ja testauksiin liittyviin standardeihin ja ohjeisiin.” (YVL 3.1, kpl. 4.5)
- ”Isometriset piirustukset, joista ilmenevät riittävät tiedot putkistojen (DN > 50) esivalmistusta varten sekä tukien ja kannakkeiden sijainti ja tyyppi joustavuustarkasteluja varten
- Osapiirustukset kaikista standardoimattomista putkiston osista (niistä tulee ilmetä kaikki perusmitoituksessa sekä mahdollisessa jännitysanalyysissä tarvittavat tiedot).” (YVL 3.2, kpl. 5.5)

Lisäksi voidaan piirustuksiin vaatia myös muita tietoja turvallisuusluokitus- ja tapauskohtaisesti. (YVL 3.1, kpl. 4.5; YVL 3.2, kpl. 5.5)

Turvatekniikan keskuksen eli Tukesin raporttiin on kirjattu painelaitteen valmistajan vastuusta seuraavasti: ”Valmistajalla on vastuu siitä, että markkinoille saatettava painelaite täyttää vaatimukset. Valmistajan omaksumat toimintatavat ja asenteet ovat erityisen tärkeitä laatujärjestelmään perustuvissa menettelyissä. Vastuu painelaitteen vaatimustenmukaisuudesta on myös silloin valmistajalla, kun tarkastuslaitos on mukana vaati-

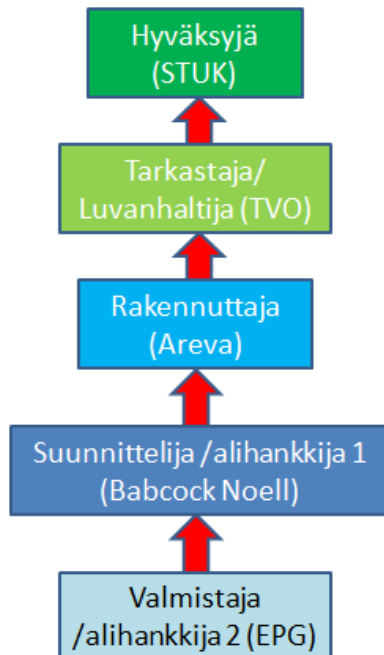
mustenmukaisuuden arvioinnissa.” (Turvatekniikan keskus, s. 15) Nämä vaatimukset koskevat myös ydinteknisesti luokiteltujen painelaitteiden valmistajia, tosin luvanhaltijalla on lopullinen vastuu laitoksen turvallisuudesta. STUK arvioi ja hyväksyy jokaisen ydinteknisien painelaitteiden valmistajan, pois lukien standardisoidut osien valmistajat. Minimivaatimuksena ydinvoimateknisten laitteiden valmistukseen ovat kattava riippumattoman tarkastuslaitoksen hyväksymä laadunhallintajärjestelmä ja pätevä organisaatio. Painelaitteiden valmistuksessa nämä ovat vaatimuksena jo myös tavallisille painelaitteille. Korkeammissa turvallisuusluokissa tulee valmistajasta toimittaa muutakin tarkentavaa tietoa STUKille. STUK varmistaa valmistajan soveltuvuuden tehtävään saamansa materiaalin sekä suorittamiensa auditointien perusteella. Muita valmistajalle annettuja vaatimuksia ovat ydinvoimalaitokseen liittyvien erikoisohjeiden noudattaminen, suunnitelmienmukaisuus sekä tarvittava ohjeistus. Valmistajan organisaatiolla tulee olla riittävällä kokemuksella ja koulutuksella varustettu henkilö, jonka tehtävänä on seurata laadunhallinnan toimivuutta sekä valvoa valmistuksen laatua ja oikeita työmenetelmiä sekä materiaaleja. Lisäksi valvoja pitää yllä valmistuksen aikaisia dokumentteja sekä vastaa niiden oikeellisuudesta. Tuotetta valmistavat henkilöt tulee pätevoittää vaadittaville materiaaleille ja työmenetelmille. Pätevöinnin tulokset täytyy arvioida ulkopuolisen testauslaitoksen taholta. Lisäksi heillä tulee olla käytössään riittävät ohjeistukset työmenetelmistä sekä tarkastetut ja huolletut työkonet. Työn ja laadun valvontaa suorittaa valmistava yritys laadunhallintajärjestelmänsä mukaisesti. Luvanhaltija sekä STUK arvioivat laadunhallintajärjestelmän ja tekevät lisäksi muita tarkastuksia kesken prosessin laadunhallintajärjestelmän toimivuuden tarkastamiseksi. (YVL 3.4, kpl. 2. – 5.2)

Luvanhaltija määrittelee painelaitteiden valmistustavat ja niiden valvonnan. Ydinturvallisuusluokitelluissa painelaitteissa saa käyttää vain ympäristön olosuhteet kestäviä ja ennalta hyväksytyjä materiaaleja ja menetelmiä. Menetelmistä käytettävien koneineen täytyy olla riittävät ohjeet hyväksyttävästi testatuin tuloksin. Tuotteen vaatimukset valmistusmenetelmille sekä käytettävillä materiaaleilla ovat sitä tiukemmat, mitä vaativampaan turvallisuusluokkaan mennään. Myös tuotteelle tehtävät tarkastukset tulee tehdä rakennesuunnitelman mukaisesti. Painelaitteiden valmistusta koskee seurattavuuden periaate, eli kaikkien osien

sekä pysyvien liitosten tulee olla jäljitettävissä tekijä- ja eräkohtaisesti toimittajaan saakka. Nämä tulee myös merkitä piirustuksiin, mikä lisää vaatimuksia dokumentaation hallintaan. Painelaitteille ja niissä käytetyille aineille ja liitoksille tehdään rikkomattomia ja rikkovia testauksia sekä valmistajan että ulkopuolisten testauslaitosten toimesta vaatimuksenmukaisuuden osoittamiseksi. Esimerkiksi koeponnistus ja painekoe ovat tyypillisiä testejä painelaitteille. (YVL 3.0, kpl. 4.1; YVL 3.1, kpl. 4.7 – 6; YVL 3.3, kpl. 5.7 - 6.3)

Painelaitteille tulee tehdä vastaanottotarkastus sen saapuessa työmaalle ja käyttöönottotarkastus asennuksen ja varustelun jälkeen. Turvallisuusluokasta riippuen sen suorittaa joko STUK tai luvanhaltija. Asennuksen aikana suoritetaan myös muita tarkastuksia. Asennus tulee tehdä ennalta tehtyjen ohjeiden ja määräysten mukaistesti ja asentavan organisaation tulee olla hyväksytty, mikäli asennettava painelaite on ydinturvallisuusluokiteltu. Asennuksen toteutus ja käytetyt menetelmät täytyy päivittää rakennesuunnitelmaan. (YVL 3.1, kpl 7; YVL 3.3, kpl. 9 – 10)

Olkiluoto 3 – projektissa reaktorin suojarakennuksen teräsvuorauksen valmistamista on käsitelty STUKin raportissa vuodelta 2006. Reaktorirakennuksen teräsvuoraus on tiivis rakenne, joka yhdessä betonisen ulkokuoren kanssa pitää reaktorirakennuksen tiiviinä myös onnettomuustilanteissa. Vaikkei reaktorirakennuksessa käytön aikana ole painetta, voi sitä onnettomuustilanteissa muodostua. Tämän vuoksi täytyy teräsvuorauksen olla tiivis, joten sen valmistusta määrittelevät vastaavat vaatimukset kuin muitakin painelaitteita. Teräsvuoraus kuuluu lisäksi turvallisuusluokkaan 2, joten sen vaatimustaso on korkea. Vastuu- ja toimitusprosessi teräsvuoraukselle oli kuvan 15. mukainen.



Kuva 15. OL3:n reaktorirakennuksen teräsvuorauksen vastuu- ja toimitusprosessi

Teräsvuoraus valmistettiin osina, kasattiin osaltaan satamassa Puolassa ja kokoonpantiin Olkiluodossa. Rakentamisesta ja valmistusmenetelmistä oli määritelty pääsääntöisesti tarkat ohjeet ja suoritettu menetelmäkokeet. Lisäksi valmistajalle oli tehty auditointi laadunhallintajärjestelmän toimivuuden varmistamiseksi. Lopulliset suunnitelmat kuitenkin laahasivat jäljessä alkuperäisestä toimitusaikataulusta, mikä lisäsi kiirettä, vaikeutti hyväksyntöjä ja aiheutti laatupoikkeamia. Valmistajalle ei oltu myöskään toimitettu tarvittavia tietoja ydinvoimalaitoksiin liittyvien toimitusten erikoisvaatimuksista. Valmistuksen yhteydessä havaittiin, että hitsauksen railo oli suurempi kuin menetelmäkokeissa testattu, minkä vuoksi kokeita jouduttiin uusimaan ja osa hitseistä korjaamaan. Korjauksessa käytettiin hitsausmenetelmää, jolle ei oltu tehty hyväksytyä menetelmäkoetta, minkä vuoksi saumat avattiin ja hitsattiin uudelleen hyväksytyllä menetelmällä. STUK ja TVO kritisoiivat tämän vuoksi valmistajan laadunhallintajärjestelmän toimintaa. Myöskään suunnittelijan tai laitostoimitajan tekemä valvonta tehtaalla ei ollut riittävää joko kokemattoman henkilökunnan tai liian vähäisen osallistumisen johdosta. Tämä lisäsi huomattavasti valvonnan ja laadunvarmistuksen määrää sekä STUKilla että TVO:lla. Tämä on hyvä esimerkki siitä, kuinka puutteellisesti tehdyt esivalmistelut, aikataulustaan jäljessä oleva suunnittelu sekä huonosti hoidettu

laadunhallinta tekevät projektista loppukustannuksiltaan kalliin sekä lisäävät kaikkien osapuolien työkuormaa. Lisäksi monimutkaiset vastuurakenteet hankaloittavat ja hidastavat projektin toteutusta. OL 3:n paineenalaisissa osissa on ollut myös muita laatu poikkeamia, esimerkiksi pääkiertoputkia on jouduttu korjaamaan jälkikäteen, kuten taulukosta 1. ilmenee. (STUK, 2006 a, s. 25 – 32)

5.3.3 Pumput ja venttiilit

Ydinteknisesti luokiteltuja pumppuja ja venttiilejä koskevat myös tiukat laatuvaatimukset ja laadunvalvonta. Pumpuista ja venttiileistä täytyy myös pitää yllä korkea dokumentoinnin taso koko niiden elinkaaren ajan. Eritoten korkean turvallisuusluokan pumpuilla ja venttiileillä on myös todella merkittävä turvallisuusmerkitys, jonka vuoksi niiden käyttöiän on oltava pitkä, huollon tarpeen vähäistä ja ennaltaehkäisevää sekä niiden täytyy toimia luotettavasti myös poikkeustilanteissa.

Sekä pumppu- että venttiilivalmistajalla täytyy viranomaisvaatimusten mukaan olla:

- ”Ammattitaitoinen ja kokenut henkilökunta
- Valmistuksen edellyttämät laitteet ja välineet ja pätevoidyt valmistusmenetelmät
- Järjestelmälliset menettelytavat arvioida, valita ja valvoa alihankkijoitaan”
- ”Ohjeen YVL 1.4 ”Turvallisuuden- ja laadunhallinta ydinlaitoksen johtamisjärjestelmässä” vaatimukset täyttävä johtamisjärjestelmä.” (YVL 5.3, kpl 3.1; YVL 5.7, kpl. 3.1)

Lisäksi kummankin tuotteen valmistajilla täytyy olla referenssejä vastaaventyyppisten laitteiden toimittamisesta. Pumppujen tai venttiilien valmistajalla täytyy olla painelaitteita tekevän valmistajan hyväksyntä STUKilta, mikäli tuotteisiin tehdään paineenalaiselle puolelle pysyviä liitoksia. Muita rakennusmenetelmiä arvioidaan joko STUKin tai tarkastuslaitoksen toimesta. Valmistaja vastaa riittävän dokumentaation toimittamisesta luvanhaltijalle. Riittävään dokumentaatioon kuuluvat vähintään rakennesuunnitelman asiakirjat, dokumentaatio valmistuksesta ja tarkastuksista sekä riittävät asennus- ja huolto-ohjeet. Sekä pumppu-

pujen että venttiilien valmistuksen aikana tarkastuksia toteuttavan ulkopuolisen tarkastuslaitoksen tulee olla STUKin hyväksymä. (YVL 5.3, kpl 3; YVL 5.7, kpl. 3)

Pumpuille ja venttiileille on STUKin puolelta asetettu tiettyjä vaatimuksia. Tärkeimpiä näistä ovat:

- Laskennallinen ja todistettu kestävyys käyttöiän ajan
- Soveltuminen käyttöolosuhteisiin
- Riittävän pitkä käyttöikä ja keskeytymättömän käytön mahdollisuus
- Huollettavuus
- Kunnonvalvonnan mahdollisuus, turvallisuusluokissa 1 ja 2 oltava mahdollista myös valvomosta käsin (YVL 5.3, kpl. 4; YVL 5.7, kpl 4)

Luvanhaltijan on pidettävä kirjaa laitoksella käytetyistä pumpuista ja venttiileistä sekä niiden teknisistä tiedoista ja tarvittavista huolloista. Ennen pumpun, pumpun sähkömoottorin tai venttiiliyksikön valmistusta on siitä toimitettava rakennesuunnitelma. Rakennesuunnitelma pitää sisällään seuraavat tiedot:

- ”Laitapaikkatunnus, turvallisuusluokka ja tuoteluokka
- Valmistaja ja testauslaitos
- Käyttökokemukset
- Suunnitteluperusteet
- Mitoituslaskelmat
- Tekniset tiedot
- Tarkastussuunnitelma
- Tarkastusohjeet
- Varaosat.” (YVL 5.3, kpl. 6.1; YVL 5.7, kpl. 6.1)

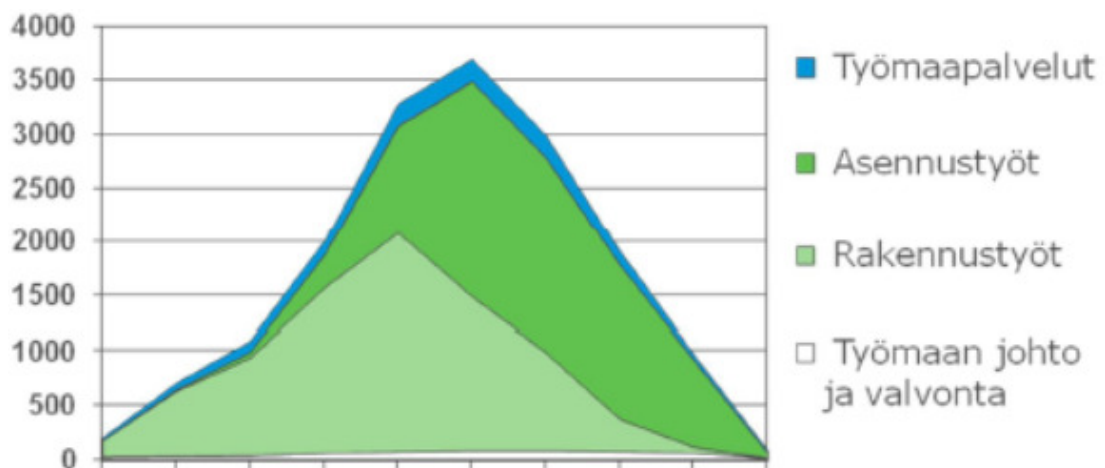
Luvanhaltijan ja valmistajan vastuulla on erilaisten tarkastusten ja testien hoitaminen pumpuille ja venttiileille. Tyypillisiä tarkastuksia ja testejä ovat rakennetarkastus, tyyppitestit, vastaanottotarkastus, asennustarkastus sekä käyttöönottotarkastus. Näitä tarkastuksia val-

voo joko STUK tai ulkopuolinen tarkastuslaitos kohteesta riippuen. (YVL 5.3, kpl. 5 – 11; YVL 5.7, kpl. 5 – 12)

Olkiluoto 3:een liittyvistä pumppu- ja venttiilitoimituksista ei ole käyty julkisuudessa vastaavanlaista keskustelua kuin monesta muusta OL3:een liittyvästä osa-alueesta laatuun ja toimitusvaikeuksiin liittyen. Todennäköisesti suunnittelun viivästyminen on kuitenkin aiheuttanut haasteita näille toimituksille, koska osasuunnittelun ja valmistuksen aloittamisen pohjatietoihin tarvitaan riittävän hyvätasoiset perus- ja prosessisuunnitelmat.

5.3.4 Rakennus- ja asennustoiminta työmaalla

Ydinvoimalaitoksen työmaalla tapahtuva rakennus- ja asennustoiminta on merkittävä osa ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessia. Koska työkohteet ovat vaativia ja hyvin erityyppisiä, on ydinvoimalaitostyömaalla hyvin erityyppisillä ammattitaidoilla varustettua henkilöstöä. Tämän vuoksi henkilöstöä on myös useista maista. Esimerkkinä ydinvoimalaitosprojektin henkilöstömääristä työmaalla on kuvassa 16. esitetyt työmaan arvioidut henkilöstömäärät osa-alueittain Fennovoiman tulevalla ydinvoimalaitosprojektilla.



Kuva 16. Arvioitu työmaan henkilövahvuus Fennovoiman projektin aikana (Kallio, 2012)

Työturvallisuudessa ydinvoimalaitoksella on sitouduttu nollatavoitteeseen, eli tavoitteena on saada työtaturmien määrä nollatasolle. Lisäksi ydinvoimalaitoksen rakentamisessa ja

käytössä oleva turvallisuuskulttuuri edellyttää asianmukaisia koulutuksia ja perehdytyksiä ydinvoimalaitoksen työturvallisuuteen ja laatuun liittyvistä toiminnoista. Työntekijöiden täytyy myös olla muuten päteviä ja heidän täytyy omata kokemusta vastaavan työn suorittamisesta, ainakin vaativammissa asennuksissa. Työmaalla tapahtuvia asennuksia myös koskevat Suomen muu työturvallisuuteen ja muutoin työhön vaikuttava lainsäädäntö sekä verovelvoitteet. Esimerkiksi Olkiluoto 3 – projektiin liittyvästi TVO on julkaissut tiedotteen, jossa todetaan seuraavasti: ”Teollisuuden Voima Oyj edellyttää, että OL3-työmaalla noudatetaan Suomen lakeja ja työehtoja. TVO ei salli minkäänlaisia poikkeamia lakimääräisistä velvoitteistaan omassa toiminnassaan. Samaa TVO odottaa kaikilta Olkiluodossa toimivilta yrityksiltä, myös OL3-työmaalla toimivilta.” (TVO c) Työturvallisuuden kehittämisessä on saatu merkittäviä tuloksia, joista esimerkkinä Olkiluoto 3:n tapaturmataajuus, joka on noin 15 tapaturmaa per miljoona työtuntia. Vertailulukuna tälle on suomalaisten rakennustyömaiden keskiarvo, joka on noin 80 tapaturmaa per miljoona tuntia. (TVO c; TVO d)

6. JOHTOPÄÄTÖKSET JA ESITETYT TOIMENPITEET

Tässä kappaleessa käsitellään työn aikana esille nousseita johtopäätöksiä niin viranomais-toiminnasta, vaatimuksista kuin riskienhallinnastakin ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessin aikana. Lisäksi on myös esitetty toimet, joilla viranomaisvaatimuksiin pystyy vastaamaan helpommin ja ydinvoimalaitostoitimituksiin liittyvät riskit saadaan minimoitua. Näiden johtopäätöksien ja toimenpiteiden pohjalta on mahdollista varautua osaltaan ydinvoimalaitoksiin liittyvien toimitusten haasteisiin, mutta jokaista alaa erikseen koskevat vaatimuksista ja riskeistä tulevat johtopäätökset sekä toimet on jouduttu jättämään tämän tarkastelun ulkopuolelle.

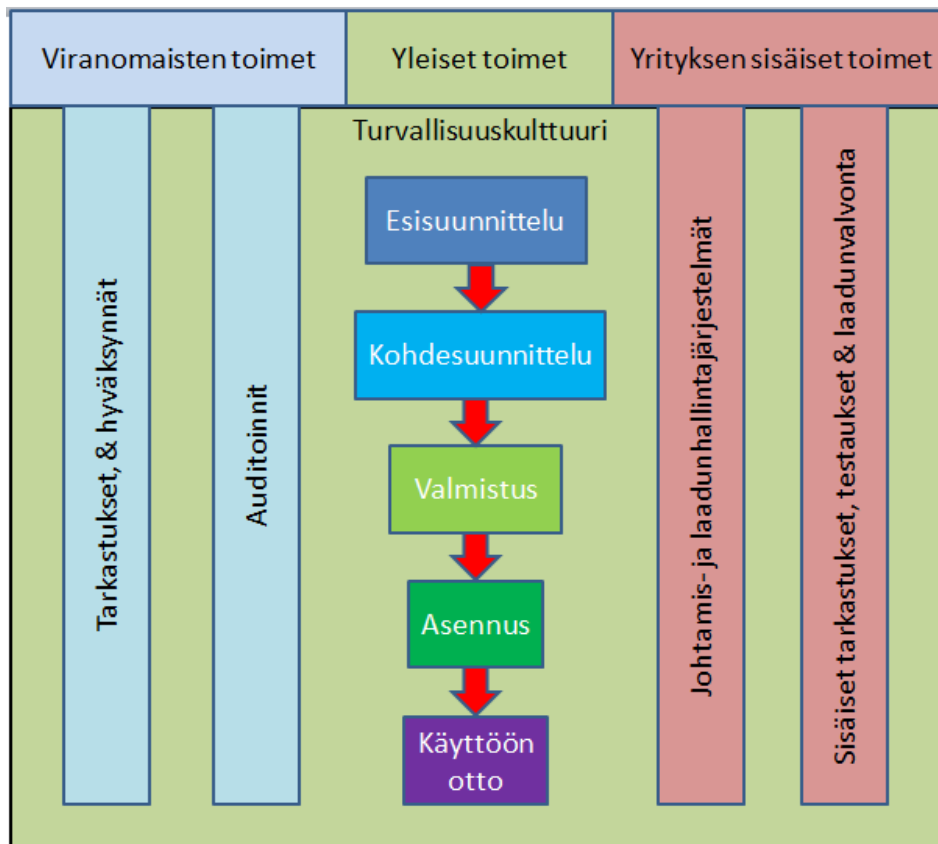
Yhtenä työn tavoitteista oli tutkia viranomaistoimintaa ja viranomaisten vaatimuksia ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessin aikana. Johtopäätöksenä voi sanoa sen, että suomalaisten viranomaisten toiminta on tavoitteistaan tinkimätöntä sekä vaatimustaso on asetettu korkeaksi heidän puoleltaan. Tämä on kuitenkin ydinvoimalaitoksissa hyvä asia, minkä ovat osoittaneet myös kansainvälisten testien ja vertailujen tulokset. Suomalaiset viranomaiset ottavat myös kansainväliset vaatimukset hyvin huomioon työssään. Lisäksi suomalainen politiikka ja tästä johtuen myös viranomaistyö on pitkäjänteistä, eikä turhaa poukkoi-lua tapahdu. Viranomaistoiminnasta rakentamisen aikana voi todeta sen, että se pyrkii keskittymään suunnitelmien lopulliseen hyväksymiseen sekä muiden tahojen laadunvalvonnan valvontaan. Näin suurissa, mutta kertaluontoisissa projekteissa kaiken työn kokoaikainen seuranta olisikin mahdotonta yhdelle viranomaistaholle. Vastuujako ydinvoimalaitoksessa menee siten, että viranomaisella on lain määrittelemä viranomaisvastuu, johon kuuluu puolueeton valvonta. Kokonaisvastuu laitoksesta on taas luvanhaltijalla, ja sitä ei voi siirtää muille osapuolille. Ohjeina olevat viranomaisvaatimukset on selkeästi jaoteltu omiksi osa-alueikseen. YVL-ohjeet eivät kuitenkaan ota yksityiskohtaisesti kantaa minkään tuotteen tai osa-alueen rakentamiseen, tosin eri rakenteet ja tuotteet pystyy toteuttamaan niin monella tavalla, ettei se olisi edes järkevää. Ohjeissa keskitytään enemmän organisaatioiden, dokumentaation, laadun ja testausten ohjeistuksiin sekä niihin seikkoihin, jotka suunnittelussa, rakenteessa tai lopputuotteessa tulee ottaa huomioon. Lisäksi YVL-ohjeista käyvät ilmi uusien laitosten suunnitteluvaatimukset sekä viittaukset käytettäviin suunnitteluohjeisiin.

Työn aikana läpikäydystä materiaalista voi myös todeta, että ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessiin sekä siihen liittyvään viranomaistyöhön ja -vaatimuksiin liittyy kolme erittäin tärkeää asiaa. Nämä asiat ovat turvallisuuskulttuuri, käytössä oleva ja toimiva johtamisjärjestelmä sekä näistä kumpuava kriittinen suhtautuminen laatuasioihin ja laatuun liittyviin vaatimuksiin. Nämä periaatteet korostuvat sekä YVL-ohjeiden eri osa-alueilla että myös muussa viranomaisten taholta tulleessa raportoinnissa. Näihin sisältyy tärkeänä seikkana erityyppisistä laatupoikkeamista tiedottaminen sekä niiden asianmukainen käsitteleminen. Mikäli Olkiluoto 3 – projektissa nämä asiat olisi omaksuttu jokaisella taholla jo ennen projektin alkua, olisi projekti edennyt todennäköisesti joiltakin osin huomattavan paljon sujuvammin, kuin se on nyt mennyt. Vielä näitäkin merkittävämpi seikka nousi esiin työn lopputulosten verifiointihaastattelussa, eli suunnitelmien ja tarkastusten etupainotteisuus. Etupainotteisuudella tarkoitetaan tässä sitä, että suunnitelmien ja tarkastusten valmiusasteen olisi pitänyt olla mahdollisimman suuri, ja ne olisi pitänyt tehdä mahdollisimman hyvissä ajoin. Suunnitelmien ja hyväksyntöjen etupainotteisuudella helpotetaan huomattavasti myöhempien vaiheiden toimintaa. Lisäksi sekä alihankkijat että laitostoimittaja olisivat todennäköisesti säästäneet lopullisissa kustannuksissa, koska jälkikäteen tehdyt selvitykset, testaukset ja korjaukset ovat useimmiten todella kalliita toteuttaa. Nämä aiheuttavat myös kokonaisuikatauluun viivästymisiä, jotka kumuloituvat koko laitoksen rakentamisprosessin aikana. Tällöin koko aikataulun kiinnisaaminen muuttuu lähes mahdottomaksi. Tästä hyvästä osoituksena ovat Olkiluoto 3:n aikataulun viivästyminen. (Nevalainen, Välikangas & Nissinen, tulosten verifiointihaastattelu, 2012)

Viranomaistoiminnasta voi myös vetää sen johtopäätöksen, että pitkät hyväksyntäprosessit ydinvoimalaitosta rakennettaessa voivat aiheuttaa aikataulujen venymisen. Koska hyväksyntäprosessi on moniportainen, ainoa tapa nopeuttaa prosessia on, että suunnitelmien ja etukäteen tehtävien testausten taso on hyväksyntäprosessin alkaessa riittävällä tasolla. Tällä voidaan välttää puolivalmiiden tai huonolaatuisten suunnitelmien hylkääminen jollain hyväksyntätasolla ja siitä aiheutuvat useat hyväksyntäkierrokset suunnitelmille.

Johtopäätöksenä voidaan myös sanoa, että konservatiivinen turvallisuuskulttuuri tuo haasteita uusien tekniikoiden käyttöönotolle ydinvoimalaitoksissa. Mikäli jotain uutta tekniikkaa halutaan käyttää, tulisi sen turvallisuus todistaa perusteellisella suunnittelulla, mallintamisella sekä testauksella. Joissain tapauksissa luvanhaltija voi auttaa tässä hyväksyntäprosessissa. Kaikki esityö olisi hyvä saada mahdollisimman pitkälle ennen tekniikan viemistä hyväksyttäväksi, jotta hyväksynnät menisivät helpommin läpi eivätkä epäonnistuneet testaukset tai muuten negatiiviset tulokset venytä niiden aikatauluja.

Koska riskienhallinta on toiminut tämän työn teoriapohjana, käsitellään työssä esiin nousseita riskejä ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessin aikana. Pohjana näille riskeille ovat osaltaan viranomaisten erikoisvaatimukset ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessiin liittyen, kuten IAEA:n standardien vaatimukset. Lisäksi riskien pohjana ovat Olkiluoto 3 –projektista saatujen tietojen pohjalta esiin nousseet haasteet. Viranomaisvaatimukset korostavat koko laitoksen toimivuutta, minkä seurauksena korkea vaatimustaso jokaisella osalla tuo haastavuutta ydinvoimalaitosprojektiin. Viranomaisten ja luvanhaltijan tekemät auditoinnit sekä turvallisuuskulttuurin ja johtamisjärjestelmän tuomat vaatimukset vähentävät riskejä itse lopullisilla tuotteilla tai palveluilla, mutta nostavat vaatimustasoa ja siten myös lisäävät riskejä ennen varsinaisen toiminnan aloittamista sekä laitostoimittajalla että alihankkijoilla. Näillä toimilla mahdollisesti toteutuvat riskit on pyritty saamaan mahdollisimman proaktiivisiksi, jolloin varsinaisten tuotteiden tai palveluiden valmistuksessa, käyttöönotossa ja käytössä riskitaso ja riskien toteutumisen todennäköisyys saataisiin mahdollisimman pieneksi. Kuvassa 17. on esitetty laitoksen rakennusprosessi ja siihen liittyvien riskien minimointiin vaikuttavat toimet. Näillä toimilla pyritään riskejä huomioimaan ajoissa ja siirtämään prosessissa enemmän alkuun päin, jolloin riskit on helpompi huomata ja niille tarvittavat toimenpiteet ovat mahdollisimman vähäiset.



Kuva 17. Suunnittelu- ja valmistusprosessin aikaiset riskien minimoimiseen liittyvät tukitoimet

Työn aikana läpi käydyn materiaalin perusteella on kerätty taulukko, jossa ovat riskit ja niihin varautuminen jotka kannattaa ottaa huomioon ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessin aikana. Taulukkoon on kerätty sekä viranomaisvaatimuksista saadut huomiot, viranomaisten Olkiluoto 3:een liittyvistä raporteista kerätyt tiedot että muista tietolähteistä esiin nousseet asiat. Lisäksi taulukkoon on kerätty riskien toteutumisen mahdollisia seurauksia sekä riskien minimoimiseksi tehtäviä toimenpiteitä. Tämä riskitaulukko on esitetty työssä taulukkona 10.

Taulukko 10. Todennäköisimmät riskit, seuraukset ja riskienhallinnan toimet rakentamisprosessin aikana

Riski	Toteutumisen tuomat ongelmat										Toimenpiteet
	Laatu	Motivaatio	Uraakkaraja	Vastuu	Auditoinnit	Aikataulu	Seurattavuus	Hyväksynnit	Asenne- vuus	Kustannus	
Turvallisuuskulttuurin puute	X	X									Riittävä koulutus ja testaus koko henkilöstölle
Puutteellinen tarjouspyyntömateriaali	X		X	X	X						Pyydettävä/annettava tarkennukset ennen tarjouksen jättämistä
Puutteellinen johtamis/laaturjestelmä	X				X		X	X			Pyrittävä saamaan standardien mukaiseksi ja käytettävä koko yrityksessä. Auditoinneista saadut huomautukset tulee korjata.
Puutteelliset lähtötiedot	X					X		X	X		Pyydettävä/annettava riittävät tiedot ennen suunnittelun tai valmistuksen aloittamista, noudatettava viimeisimpiä tietoja
Puutteellinen/viivästynyt suunnittelu	X					X		X	X		Suunnittelu aloitettava ajoissa, puutteet korjattava ennen työn aloittamista, tarvittavat hyväksynnit suoritettava etukäteen
Puutteellinen dokumentaatio				X			X	X			Dokumentointi tehtävä huolella heti projektin alusta saakka, dokumentaation laatu tarkastettava aika-ajoin ja saatettava kuntoon
Puutteellinen muu materiaali	X								X		Selvitettävä muut tarvittavat tiedot, esimerkiksi standardit, ohjeistukset, viranomaisvaatimukset tuotteelle ja niin edelleen.
Puutteita ohjeiden noudattamisessa	X				X			X		X	Turvallisuuskulttuurin mukainen koulutus, johtamisjärjestelmän tiiviimpi toteuttaminen yrityksessä
Liian kireä aikataulu	X										Pyrittävä aikaistamaan suunnittelua, tehdään toiminnot mahdollisimman proaktiivisesti hyväksyntöjen puitteissa
Puutteellinen laatu						X		X	X	X	Johtamis- ja laaturjestelmän mukaiset tarkastukset ja korjaukset, tiedotus eteenpäin vakavissa poikkeamissa
Virheellinen asennus	X					X					Johtamis- ja laaturjestelmän mukaiset tarkastukset ja korjaukset, tiedotus eteenpäin vakavissa poikkeamissa
Laite ei toimi halutulla tavalla								X		X	Suunnittelun toiminnallisuuden tarkastus, laadun tarkastus, tiedotus eteenpäin

Kuten taulukosta 10. huomataan, mikäli ensimmäiset 7 kohtaa on hoidettu mahdollisimman hyvin, myöhemmin toteutuvat riskit ovat huomattavan paljon epätodennäköisempiä. Tämä asia on saatu toteutumaan jo IAEA:n ohjeista lähtöisin olevilla periaatteilla, joita myös STUK toteuttaa. Näiden syiden vuoksi ydinvoimalaitosten rakentamiseen vaikuttavat samat periaatteet kaikissa IAEA:n toiminnassa mukana olevissa valtioissa. Valvonnan taso kuitenkin vaihtelee maittain. Näillä toimilla pystytään pitämään koko ydinvoimalaitoksen turvallisuustaso mahdollisimman korkeana sekä laskemaan lopullisia kustannuksia työmaalla, vaikka työmäärä ennen suunnittelua ja asennusta kasvaakin. Kyseiset tiedot toimivat osaltaan esimerkiksi ydinvoimalaitokseen liittyvän toimituksen riskienhallintasuunnitelman pohjana. Pitkät toimitus- ja hyväksyntäketjut lisäävät myös omalta osaltaan riskejä sekä pahentavat taulukossa esitettyjen riskien seurauksia. Toimitus- ja hyväksyntäketjujen tuomiin riskeihin pystyy osaltaan varautumaan noudattamalla tarkasti projektille asetettuja spesifikaatioita. (Nevalainen, Välikangas, Nissinen, 2012)

Riskeihin kannattaa myös ottaa mukaan kulttuuririskit ja sopimusriskit, jotka eivät suoraan vaikuta projektin onnistumiseen tuotteen tai palvelun osalta, mutta saattavat vaikuttaa kassavirtaan, sopimusten tulkintaan ja muihin talouteen liittyviin asioihin. Näihin riskeihin on mahdollista vaikuttaa esimerkiksi lakimiehen käytöllä sopimusvaiheessa. Täysin kokonaisvaltainen riskienhallintasuunnitelma ja toteutuskeinot vaatisivat vielä kuitenkin huomattavan paljon laajemman tutkimuksen ja enemmän alakohtaista tietoa aiheesta. Lisäksi tiettyjä alakohtaisia vaatimuksia ja niiden tuomia riskejä on mahdoton tuoda tässä työssä kokonaisuudessaan esille. Alakohtaisia vaatimuksia sekä jo aikaisemmin toteutuneita riskejä on kuitenkin pyritty tuomaan esiin viranomaisvaatimusten ja OL 3:een liittyvien kokemusten osalta, millä perusteella osa riskeistä on helpompi hahmottaa.

7. YHTEENVETO

Tämän diplomityön käsittely aloitettiin johdannolla, jossa käsiteltiin työn sisältöä, tavoitteita, ja rajausta, sekä ydinvoiman historiaa ja nykytilaa Suomessa. Näillä tiedoilla on pyritty luomaan pohjaa ydinvoimalaitosten vaatimuksille ja kehitykselle tähän päivään mennessä. Johdannossa tarkastellaan myös lähitulevaisuuden projekteja ja niistä tällä hetkellä saatavissa olevaa tietoa. Seuraavana työssä käsiteltiin riskienhallintaa ja sen teoriaa. Lisäksi tässä osiossa tutkittiin riskienhallinnan soveltamismahdollisuutta ydinvoimalaitosprojektiin ja tämän työn aihepiiriin. Riskienhallinta osoittautui hyväksi teoriapohjaksi viranomaisvaatimusten käsittelylle, koska sen periaatteilla on helppoa tuoda vaatimuksista esille tärkeät kohdat. Riskienhallinnan teorian jälkeen työssä käsiteltiin kansainvälisiä ja suomalaisia viranomaisia sekä muuta ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessiin liittyvää päättävien tahojen toimintaa. Näiden tietojen pohjalta pystyttiin tuomaan esiin suomalaiseen viranomaistoimintaan vaikuttavat ulkoiset tekijät sekä viranomaisten saamat valtuutukset työhönsä. Tämän jälkeen käytiin läpi viranomaisten vaatimukset yleisesti ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessin aikana, sekä tarkemmat aihepiirikohtaiset vaatimukset. Yleiset vaatimukset korostuivat kaikissa aihepiirikohtaisissa vaatimuksissa; lisäksi aihepiireittäin pyrittiin tuomaan esiin kussakin aihepiirissä merkittävät asiat. Vaatimukset aihepiireittäin eivät sinänsä ole mitenkään poikkeuksellisia, mutta dokumentaation ja laadunvalvonnan ja tarkkuuden lisääntyminen tulee selkeästi esiin ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessiin liittyvissä vaatimuksissa. Aihepiirikohtaisesti korostuivat myös eri tahojen vastuut toiminnan osa-alueista. Esimerkkien kautta pyrittiin tuomaan esiin aihepiiriin liittyneitä haasteita tai jo esitettyjä toimia kunkin osa-alueen toiminnan parantamiseksi. Lopuksi aiheesta kerätyt tiedot koottiin ja niistä tehtiin tarvittavat johtopäätökset. Myös johtopäätöksistä pystyy perustelemaan hyvin riskienhallintaa tämän työn teoriaosana, koska johtopäätöksissä tärkeiksi nousseet asiat ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessin aikana toimivat parhaiten myös projekteihin liittyvässä riskienhallinnassa ennaltaehkäisevinä keinoina.

Tässä työssä saatiin kerättyä kattava kuvaus viranomaistoiminnasta ja erityyppisistä riskeistä ydinvoimalaitoksen rakentamisprosessin aikana. Työssä käytetystä aineistosta ja niistä

tehdyistä johtopäätöksistä voidaan nostaa yksi tärkeä asia esiin – etukäteen tehtävät toimenpiteet, kuten turvallisuuskulttuurin ja johtamisjärjestelmän kehittäminen, vähentävät riskejä ja ongelmia projektin myöhemmissä vaiheissa. Näihin etukäteen tehtäviin toimiin kuuluvat myös mahdollisimman valmiit suunnitelmat sekä niiden hyväksyttäminen. Näiden asioiden löytäminen ja esille tuominen on ollut kaikkein merkittävin osa tämän työn tavoitteiden, eli luvanhaltijan, laitostoimittajan sekä urakoitsijoiden työn helpottamisen, saavuttamisessa.

LÄHTEET

Eduskunta, 2010, Ydinvoiman lisärakentamisen käsittely eduskunnassa [verkkodokumentti] [Viitattu 15.5.2012] Saatavilla

<http://web.eduskunta.fi/Resource.phx/eduskunta/ajankohtaista/ydinvoima.ht>

El-Shanawany, 2010, IAEA safety standards for design safety, IAEA, Division of Nuclear Installation Safety [verkkodokumentti] [Viitattu 29.5.2012] Saatavilla http://www-ns.iaea.org/downloads/ni/training/safety_standards_presentations/IAEA%20Safety%20Standards%20for%20Design%20Safety.pdf

Energiateollisuus Ry, Ydinvoima [verkkodokumentti] [Viitattu 18.5.2012] Saatavilla <http://www.energia.fi/energia-ja-ymparisto/energiالاhteet/ydinvoima>

Energiateollisuus Ry, 2012 Energiavuosi 2011 – Sähkö – Kalvosarja [verkkodokumentti] [Viitattu 18.5.2012] Saatavilla <http://www.energia.fi/kalvosarjat/energiavuosi-2011-sahko>

Euratom, Euratom [verkkodokumentti] [Viitattu 24.5.2012] Saatavilla <http://www.euratom.org/>

Fennovoima, Ydinvoimalahanke [verkkodokumentti] [Viitattu 22.5.2012] Saatavilla <http://www.fennovoima.fi/hanke>

Finnvera, Finnvera [verkkodokumentti] [Viitattu 21.6.2012] Saatavilla <http://www.finnvera.fi/Finnvera3>

Finpro, 2010, Venäjän maaraportti, 51 s. [verkkodokumentti] [Viitattu 18.5.2012] Saatavilla <http://www.finpro.fi/documents/10304/16284/Russia0820192.pdf>

Fortum, Loviisan voimalaitos – esite [verkkodokumentti] [Viitattu 16.5.2012] Saatavilla http://www.fortum.com/SiteCollectionDocuments/Energy%20production/106-voimalaitosesite_fin.pdf

Fortum, 2012, Loviisa 1&2/Historia [verkkodokumentti] [Viitattu 15.5.2012] Saatavilla <http://www.fortum.com/fi/energiantuotanto/ydinvoima/loviisa-12/historia/pages/default.aspx>

Grose, V., 1987, Managing risk, systematic loss prevention for executives, Prentice-Hall INC, Englewood Cliffs, 404 s., ISBN 0-13-551110-0

Hylkilä, I, 2003, Suomen viidennen ydinvoimalan lobbaus kansanedustajan näkökulmasta, Pro Gradu –tutkielma, Jyväskylän yliopisto, Humanistinen tiedekunta/Viestintätieteiden laitos/Yhteisöviestinnän koulutusohjelma, Jyväskylä, 189 s.

- IAEA, 1994, INFCIRC/449, Convention on Nuclear Safety - sopimus [verkkodokumentti] [Viitattu 24.5.2012] Saatavilla
<http://www.iaea.org/Publications/Documents/Infcircs/Others/inf449.shtml>
- IAEA, 2000, Quality assurance standards: comparison between IAEA 50-C/SG-Q and ISO 9001:1994, Wien, ISSN 1011-4289
- IAEA, 2012, About the IAEA [verkkodokumentti] [Viitattu 24.5.2012] Saatavilla
<http://www.iaea.org/About/>
- Juvonen et al., 2005, Yrityksen riskienhallinta, Suomen vakuutusalan koulutus ja kustannus Oy, Helsinki, 195 s., ISBN 952-9770-90-1
- Kallio, T. 2012, Fennovoima; Ydinvoimahankkeen toteutus, Ydinvoima-alan alihankkija – tapaaminen Varkaus, 29.3.2012, Navitas Kehitys Oy
- Kankare, M., 2011, Uusi paljastus: Olkiluoto 4 maksaakin kuusi miljardia euroa, julkaistu 22.9.2011 [verkkodokumentti] [Viitattu 29.5.2012] Saatavilla
<http://www.talouselama.fi/uutiset/uusi+paljastus+olkiluoto+4+maksaakin+kuusi+miljardia+euroa/a2083141>
- Kaye, D., 2008, Managing risk and resilience in the supply chain, Business Information, Lontoo, 258 s., ISBN 978-0-580-60726-4
- Kerzner, H., 2006, Project management, a system approach to planning, scheduling and controlling, John Wiley & Sons Inc, Hoboken New Jersey, 1014 s., ISBN 13 978-0-471-74187-9
- Kiiras, J. et al, 2011, Projektinjohtohankkeen riskienhallinnan kehittäminen, Rakennustieto Oy, Helsinki, 128 s., ISBN978-951-682-982-4
- Koivula, J., 2011, FinNuclear tukee valmistautumista vaativiin haasteisiin – esitelmä [verkkodokumentti] [Viitattu 21.6.2012] FinNuclear ry Saatavilla <http://www.elykeskus.fi/fi/ELYkeskukset/varsinaissuomenely/Ajankohtaista/Energiasta%20ja%20ymparistosta%20liiketoimintamahdollisuuks/Jouko%20Koivula%20FinNuclear.pdf>
- Kupi, E. et al., 2009, Riskienhallinta osana pk-yritysten strategista johtamista, VTT, 59 s., ISBN 978-951-38-7476-6
- Kärki, J., 2009, Kohukirje paljastaa: Olkiluoto-kiistassa ilmiriita [verkkodokumentti] [Viitattu 18.6.2012] MTV3, Saatavilla
<http://www.mtv3.fi/uutiset/kotimaa.shtml/arkistot/kotimaa/2009/10/966814>

L 13.3.2003/230, Laki rakennustuotteiden hyväksynnästä

NEA, 2012, The OECD Nuclear Energy Agency –esite [verkkodokumentti] [Viitattu 24.5.2012] Saatavilla <http://www.oecd-neo.org/pub//NEA-brief-2012.pdf>

Nevalainen, J., 2012, Ydinvoiman rakentaminen, viranomaisnäkökulma ja tehtävät, Enterprise Forum 15.2.2012, STUK [verkkodokumentti] [Viitattu 29.5.2012] Saatavilla http://www.kotu oulu.fi/ef20/esitykset/2012_1/Janne_Ne valainen_STUK_esitys.pdf

Nevalainen, J., Toimistopäällikkö, STUK. Välikangas, P., Toimistopäällikkö, STUK. Nissinen, H., Varatoimitusjohtaja, Aaro Kohonen Oy. Helsinki, diplomityön tulosten verifiointihaastattelu, 13.9.2012

Nissinen, H., 2012 Diplomi-insinööri; varatoimitusjohtaja, Aaro Kohonen Oy, Sähköpostiviestit työn tulosten tarkastelun liittyen 1.10.2012, 8.10.2012

Nokia, 2007, Nokian historia 1865 - 2006, [verkkodokumentti] [Viitattu 15.5.2012] Saatavilla http://web.nokia.fi/NOKIA_FINLAND_50/Campaigns/historia/esitys/

Osaamiskeskus, 2012, Osaamiskeskus / Yhteistyökumppanit [verkkodokumentti] [Viitattu 21.6.2012] Saatavilla <http://www.oske.net/>

Psam 11, Etusivu, [verkkodokumentti] [Viitattu 10.7.2012] Saatavilla <https://www.psam11.org/www/fi/>

Rakennuslehti, 2009, Areva suunnittelee Olkiluoto 3:n turvajärjestelmät uusiksi –artikkeli [verkkodokumentti] [Viitattu 18.6.2012] Saatavilla <http://www.rakennuslehti.fi/uutiset/uutiset/19530.html>

Salminen, K., 2011, ”Hanhikivi – 1” Energiaa ja elinvoimaa Pohjois-Suomeen” –esitelmä [verkkodokumentti] [Viitattu 25.5.2012] Fennovoima, 23 s. Saatavilla http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=hanhikivi%201&source=web&cd=8&sqi=2&ved=0CGUQFjAH&url=http%3A%2F%2Fwww.ats-fns.fi%2Findex.php%3Foption%3Dcom_joomdoc%26task%3Ddoc_download%26gid%3D306%26Itemid%3D%26lang%3Dfi&ei=61XgT8vwIfDP4QTN4eGdDQ&usq=AFQjCNHOhk52e7B1QqgrXmHXKPxLEBh6TQ

Salminen, P. YVL-ohjeiston kokonaisuudistus, 17.11.2010, Säteilyturvakeskus [verkkodokumentti] [Viitattu 25.5.2012] Saatavilla http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=yvl-ohjeiden%20uudistaminen&source=web&cd=2&ved=0CE8QFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.ats-fns.fi%2Findex.php%3Foption%3Dcom_joomdoc%26task%3Ddoc_download%26gid%3D

117%26Itemid%3D%26lang%3Dfi&ei=WBS_T_7kG-
mB4ATag4TBCQ&usg=AFQjCNHjXMN9BcP3UQMsV8-oXMqn8753pQ

Sandberg, J., 2004, Ydinturvallisuus, Hämeenlinna, Säteilyturvakeskus, 418 s. ISBN 951-712-507-0

SFS, Julkaisut ja palvelut / Tuotteet valokeilassa / ISO 31000 Riskienhallinta [verkkodokumentti] [Viitattu 26.6.2012] Saatavilla
http://sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/tuotteet_valokeilassa/iso_31000_riskienhallinta/

Shoji, T. 2012. "Developing safety culture and management system to incorporate the latest lessons learned over the world" 50 s. World Association of Nuclear Operators [verkkodokumentti] [Viitattu 15.5.2012] Saatavilla
<http://www.iaea.org/NuclearPower/Downloads/Infrastructure/meetings/2012-01-TM-WS-Vienna/Day-3/2.DevelopingSafetyCultureandManagementSystem-TShoji.pdf>

Sosiaali- ja terveysministeriö, 2012, International Evaluation of the Research Activities of the Finnish Radiation and Nuclear Safety Authority (STUK) [verkkodokumentti] [Viitattu 24.5.2012] Saatavilla http://www.stm.fi/en/publications/publication/-/_julkaisu/1790598

STUK, STUK / Proinfo / Turvallisuuden varmistaminen [verkkodokumentti] [Viitattu 27.6.2012] 94 s. Saatavilla
http://www.stuk.fi/proinfo/vaatimukset_kaytolle/fi_FI/turvallisuus/_print/

STUK, 2005, Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön turvallisuusarvio rakentamislupaa varten [verkkodokumentti] [Viitattu 6.6.2012] 94 s. Saatavilla
http://www.tem.fi/files/14319/30_STUK_liite_1.pdf

STUK, 2006 a, Turvallisuusvaatimusten hallinta Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitoksen rakentamisessa [verkkodokumentti] [Viitattu 21.5.2012] 71 s. Saatavilla
http://www.stuk.fi/ydinturvallisuus/ydinvoimalaitokset/olkiluoto3/fi_FI/olkiluoto3/_files/80589934049362571/default/tutkintaraportti_106.pdf

STUK, 2006 b, SKI vaatii parannuksia Forsmarkin ydinvoimalaitokselle [verkkodokumentti] [Viitattu 24.5.2012] http://www.stuk.fi/stuk/tiedotteet/2006/fi_FI/news_424/

STUK, 2007, VTT ja STUK päivittivät yhteistyösopimuksensa -tiedote [verkkodokumentti] [Viitattu 23.5.2012] Saatavilla http://www.stuk.fi/stuk/tiedotteet/2007/fi_FI/news_438/

STUK, 2009 a, Alustava turvallisuusarvio Fennovoiman ydinvoimalaitoshankkeesta, [verkkodokumentti] [Viitattu 22.5.2012] 27 s. Saatavilla
http://www.stuk.fi/ydinturvallisuus/ydinvoimalaitokset/uudet_laitosyksikot/fi_FI/uudet_laitosyksikot/_files/82314730077945925/default/Alustava%20turvallisuusarvio_PAP-FV.pdf

STUK, 2009 b, Alustava turvallisuusarvio Fennovoiman ydinvoimalaitoshankkeesta; Liite 1: Laitosvaihtoehtojen soveltuvuuden arviointi, [verkkodokumentti] [Viitattu 22.5.2012] 53 s. Saatavilla
http://www.stuk.fi/ydinturvallisuus/ydinvoimalaitokset/uudet_laitosyksikot/fi_FI/uudet_laitosyksikot/_files/82314746286768206/default/Alustava%20turvallisuusarvio_PAP-FV_liite1_laitosvaihtoehdot.pdf

STUK, 2009 c, Alustava turvallisuusarvio Olkiluoto 4 - ydinvoimalaitoshankkeesta [verkkodokumentti] [Viitattu 23.5.2012] 19 s. Saatavilla
http://www.stuk.fi/ydinturvallisuus/ydinvoimalaitokset/uudet_laitosyksikot/fi_FI/uudet_laitosyksikot/_files/81500702783898196/default/Alustava%20turvallisuusarvio_PAP-TVO.pdf

STUK, 2009 d, Alustava turvallisuusarvio Olkiluoto 4 - ydinvoimalaitoshankkeesta; Liite 1: Laitosvaihtoehtojen soveltuvuuden arviointi, [verkkodokumentti] [Viitattu 23.5.2012] 80 s. Saatavilla
http://www.stuk.fi/ydinturvallisuus/ydinvoimalaitokset/uudet_laitosyksikot/fi_FI/uudet_laitosyksikot/_files/81500721019421292/default/Alustava%20turvallisuusarvio_PAP-TVO_liite1_laitosvaihtoehdot.pdf

STUK, 2009 e, Ydinlaitostapahtumien vakavuusasteikko / Määritelmät ja esimerkkejä, [verkkodokumentti] [Viitattu 5.6.2012] Saatavilla
http://www.stuk.fi/ydinturvallisuus/ydinvoimalaitokset/vakavuusasteikko/fi_FI/maaritelmät/

STUK, 2009 f, STUK on pyytänyt lisäselvitystä Olkiluoto 3 –hankkeen automaatio suunnittelusta -tiedote [verkkodokumentti] [Viitattu 18.6.2012] Saatavilla
http://www.stuk.fi/stuk/tiedotteet/2009/fi_FI/news_550/

STUK, 2010, Ydinvoimalaitokset/Olkiluoto 3 [verkkodokumentti] [Viitattu 21.5.2012] Saatavilla
http://www.stuk.fi/ydinturvallisuus/ydinvoimalaitokset/olkiluoto3/fi_FI/olkiluoto3/

STUK, 2012 a, STUK / historia [verkkodokumentti] [Viitattu 23.5.2012] Saatavilla
http://www.stuk.fi/stuk/fi_FI/historia/

STUK, 2012 b, Ydinvoimalaitoksia koskeva säännöstö / Kansainväliset sopimukset [verkkodokumentti] [Viitattu 24.5.2012] Saatavilla
http://www.stuk.fi/ydinturvallisuus/ydinvoimalaitokset/saannosto/fi_FI/sopimukset/

STUK, 2012 c, Ydinvoimalaitoksia koskeva säännöstö / Standardit [verkkodokumentti] [Viitattu 25.5.2012] Saatavilla

http://www.stuk.fi/ydinturvallisuus/ydinvoimalaitokset/saannosto/fi_FI/standardit/

STUK, 2012 d, Swecon vierailu STUKssa –esitelmä, 21.6.2012

Suominen, A., 2003, Riskienhallinnan perusteet; Riskienhallinta liikkeenjohdon työvälilinenä –esitelmä, Turku, 29.10.2003 & 5.11.2003, [verkkodokumentti] [Viitattu 29.6.2012] Saatavilla

http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=riskienhallinta%20liikkeenjohdon%20ty%C3%B6v%C3%A4lineen%C3%A4&source=web&cd=2&sqi=2&ved=0CE8QFjAB&url=http%3A%2F%2Fusers.utu.fi%2Ffilmasi%2Fmatsku%2FSuominenTukkk2003.ppt&ei=w1LtT5SdN4j_4QSYyoSODg&usg=AFQjCNEqLXjw0AUZltH0PEduh9FsVN4Jvw

Sweco PM, 2012, Sweco PM Projektinhallinnan asiantuntija –esitelmä 23 s.

Turvatekniikan keskus, Tukes-opas / Painelaitteet [verkkodokumentti] [Viitattu 11.6.2012] Saatavilla [verkkodokumentti] [Viitattu 16.5.2012] 16 s. Saatavilla

http://tukes.fi/Tiedostot/painelaitteet/esitteet_ja_oppaat/painelaitteopas.pdf

TVO a, Voimalaitos/Olkiluoto 1 ja Olkiluoto 2 [verkkodokumentti] [Viitattu 16.5.2012] Saatavilla <http://www.tvo.fi/www/page/ol1ol2/>

TVO b, TVO lyhyesti [verkkodokumentti] [Viitattu 16.5.2012] Saatavilla <http://www.tvo.fi/www/page/1925/>

TVO c, Olkiluoto 3 (OL3) [verkkodokumentti] [Viitattu 21.5.2012] Saatavilla <http://www.tvo.fi/www/page/ol3projekti/>

TVO d, Arkisto [verkkodokumentti] [Viitattu 21.5.2012] Saatavilla <http://www.tvo.fi/www/page/2292/>

TVO e, Ajankohtaista/Pörssitiedotteet/Osavuosikatsaus tammikuu – kesäkuu 2012 [verkkodokumentti] [Viitattu 25.7.2012] Saatavilla <http://www.tvo.fi/www/page/3833/>

TVO, 2009, Perustietoa Olkiluoto 3:sta, Toimintaperiaate, käyttö, turvallisuus –esite [verkkodokumentti] [Viitattu 21.5.2012] Saatavilla http://www.tvo.fi/uploads/File/2009/OL3_perusesite_2009_FI_final.pdf

TVO, 2012, Teollisuuden Voima Oyj:n osavuosikatsaus tammikuu – maaliskuu 2012 – Pörssitiedote [verkkodokumentti] [Viitattu 23.5.2012] Saatavilla <http://www.tvo.fi/www/page/3784/>

Työ- ja elinkeinoministeriö, 2012, Energia / Ydinenergia Arkisto [verkkodokumentti] [Viitattu 21.5.2012] Saatavilla <http://www.tem.fi/index.phtml?s=183>

Ulkoministeriö, 725/1996 Asetus ydinturvallisuutta koskevan yleissopimuksen voimaansattamisesta

VNa 27.11.2008/733 Valtioneuvoston asetus ydinvoimalaitosten turvallisuudesta

VNp 1991/395 Valtioneuvoston päätös ydinvoimalaitosten turvallisuutta koskevista yleisistä määräyksistä

VTT, VTT-tuotesertifikaatti –esite [verkkodokumentti] [Viitattu 31.5.2012] Saatavilla http://www.vttexpertservices.fi/files/services/exp/brochures_fin/tuotesertifikaatti_low.pdf

Vuori, M. et al., 1999 - 2000, Riskienhallinnan perusteet pk-yrityksille ja työntekijöille -kirjanen, PK-RH –hanke, [verkkodokumentti] [Viitattu 29.6.2012] Saatavilla <http://www.pk-rh.fi/pdf/riskienhallinnan-perusteet-kirjanen.pdf>

Vuorisjärvi, E., 2008, Vuorineuvos Kalevi Numminen [verkkodokumentti] [Viitattu 16.5.2012] Saatavilla <http://www.kansallisbiografia.fi/talousvaikuttajat/?iid=1828>

YEL 11.12.1987/990 Ydinenergialaki

Ympäristöministeriö, 2004, Ympäristöministeriön moniste 133, Tyypinhyväksyntä vs. CE-merkintä, Helsinki, Asunto- ja rakennusosasto, 62 s.

Ympäristöministeriö, 2012, Ympäristöministeriö / Tehtävät ja tavoitteet [verkkodokumentti] [Viitattu 31.5.2012] Saatavilla <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=490&lan=FI>