

Leevi Niemi

YDINVOIMALAITOKSEN VARAVOIMADIESELIN
ENNAKKOHUOLTO-OHJELMAN SUUNNITTELU JA
VARAOSIEN MÄÄRITYS

Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma
2020

YDINVOIMALAITOKSEN VARAVOIMADIESELIN ENNAKKOHUOLTO-OHJELMAN SUUNNITTELU JA VARAOSIEN MÄÄRITYS

Niemi, Leevi
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma
Tammikuu 2020
Sivumäärä: 37
Liitteitä: 2

Asiasanat: ennakkohuolto, varavoima, ydinvoima, varaosa

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli tutustua syvällisesti varavoimadieselin toimintaan ja tarkoitukseen Teollisuuden Voima Oyj:n ydinvoimalaitoksilla 1 ja 2. Kun edellä mainittuun oli tutustuttu, oli seuraava askel suunnitella varavoimadieselille ennakkohuolto-ohjelma ja kartoittaa sen varaosien tarvetta.

Työssä tutustuttiin varavoimadieseliin ja ennakkohuolto toimintaan TVO:n sisäisillä lähteillä. Sen lisäksi tutustuttiin kolmeen turvallisuusperiaatteeseen ja ydinlaitosten varavoimalähteiden lainsäädäntöön TVO:n sisäisten aineistojen ja verkkolähteiden avulla.

Opinnäytetyön lopputuloksena oli tietämyksen karttuminen varavoimadieselin ja ennakkohuollon osalta, ennakkohuolto-ohjelman laadinta uusille varavoimadieseleille ja ohjeistus varaosien määrien määrittelylle.

DESIGN OF PREVENTIVE MAINTENANCE PROGRAMME AND SPARE PART DETERMINATION FOR NUCLEAR POWER PLANTS EMERGENCY DIESEL GENERATOR

Niemi, Leevi

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Electrical and Automation Engineering

January 2020

Number of pages: 37

Appendices: 2

Keywords: preventive maintenance, emergency generator, nuclear power, spare part

The purpose of this thesis was to profoundly familiarize what is the purpose and how does the emergency diesel generator function at the Teollisuuden Voima Oyj nuclear power plants 1 and 2. After what stated above had been familiarized the next step was design a preventive maintenance programme for the emergency diesel generator and to chart the need of spare parts for it.

Emergency diesel generator and preventive maintenance operation was familiarized via TVO internal sources in this thesis. In addition to that three safety principles and legislation of nuclear plant emergency generators were familiarized via TVO internal and online material.

Result of this thesis was accumulated knowledge of emergency diesel generators and preventive maintenance, preventive maintenance programme and instructions for how to define the amount of spare parts needed.

SISÄLLYS

LYHENTEET JA TERMIT	6
1 JOHDANTO.....	7
2 TYÖN TOIMEKSIANTAJA	8
2.1 Teollisuuden Voima Oyj.....	8
2.2 Tavoitteet	9
2.2.1 Ennakkohuolto-ohjelma	9
2.2.2 Varaosien riittävyys.....	9
3 ENNAKKOHUOLTO.....	10
3.1 Ennakkohuollon tarkoitus	10
3.2 Teollisuuden Voima Oyj:n ennakkohuollon suunnittelu	10
4 OLKILUODON VARAVOIMADIESELIN TARKOITUS JA TOIMINTA.....	14
4.1 Varavoimadieselin tarkoitus	14
4.2 Varavoimadieselin toiminta	15
4.2.1 Käynnistys	15
4.2.2 Pysäytys	16
4.3 Epänormaalit käyttötilanteet	17
4.3.1 Tyhjäkäynti	17
4.3.2 Rinnankäyttö muuntajan kanssa	17
5 TURVALLISUUSPERIAATTEET	19
5.1 Redundanssi	19
5.1.1 Aktiivinen redundanssi	19
5.1.2 Varallaolo redundanssi	20
5.1.3 Passiivinen redundanssi.....	21
5.2 Erottelu.....	22
5.3 Monimuotoisuus	23
6 YDINLAITOKSEN VARAVOIMALÄHTEIDEN LAINSÄÄDÄNTÖ	25
6.1 Yleisesti.....	25
6.2 Kunnossapidon näkökulmasta	25
7 ENNAKKOHUOLTO-OHJELMA.....	27
7.1 Ennakkohuolto-ohjelman suunnittelu	27
7.2 Ennakkohuolto-ohjelman raamit.....	28
7.3 Turvallisuustekniset käyttöehdot (TTKE)	28
7.4 Ennakkohuolto-ohjelman huoltovälien perustelu	29
7.5 Poikkeaminen toimittajan ohjeistuksesta	30
7.6 Ennakkohuoltotehtävien hallinta	30

7.6.1 Työtilausjärjestelmä	30
7.6.2 Ennakkohuoltojärjestelmä	31
7.7 Suoritusohjeet	32
7.8 Tietojen tallennus.....	32
8 VARASTOINNIN KARTOITUS	33
8.1 Varaosien tarve	33
8.2 Varaosien kriittisyyden määrittäminen	33
8.3 Varastoinnin määrä	34
8.4 Varaosavaraston hallinta.....	35
9 YHTEENVETO	36
LÄHTEET.....	37
LIITTEET	

LYHENTEET JA TERMIT

TVO	Teollisuuden Voima Oyj
EDG	Emergency Diesel Generator, varavoimadiesel
EH	Ennakkohuolto
DIP	Dieseiden ennakkohuolto-paketit
TTKE	Turvallisuustekniset käyttöehdot
TTJ	Työtilausjärjestelmä
ENKKU	Ennakkohuoltojärjestelmä

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella uusittavien varavoimadieseleiden automaatiolaitteille ennakkohuolto-ohjelma Olkiluoto 1 ja Olkiluoto 2 ydinvoimalaitoksilla. Sen lisäksi tutustutaan varavoimadieselin toimintaan ja kartoitetaan varaosien riittävyyttä lähinnä ongelmatilanteiden kannalta. Tutustutaan myös laitosten suunnittelussa käytettyihin turvallisuusperiaatteisiin sekä ydinlaitoksen varavoimalähteitä koskeviin lainsäädäntöihin.

Työ alkaa ennakkohuoltoon varavoimadieseliin syvällisemmin tutustumalla. Näihin tutustuttiin Teollisuuden Voima Oyj:n tietojärjestelmistä löytyvillä kattavilla dokumenteilla. Varavoimadieselin tarkoitus on määrätyissä hätätilanteissa, joissa laitosesikön oma sähkönsyöttö menetetään, syöttää sähköä turvallisuuden kannalta tärkeille järjestelmille. Tällaisia järjestelmiä ovat lähinnä ne, jotka turvaavat reaktorin jäähdytyksen. Fissioreaktion pysähtyttyä reaktorissa oleva polttoaine tuottaa vielä niin paljon ja niin pitkään lämpöä, että jälkilämmönpoisto on välttämätöntä.

Ennakkohuolto-ohjelma on tärkeä osa varavoimadieselin luotettavan ja turvallisen toiminnan kannalta. Työssä käydään läpi ennakkohuolto-ohjelman suunnittelun vaiheita ja perustellaan minkä takia kuhunkin päätökseen on tultu. Lisäksi käydään läpi miten laitepaikkojen huoltohistoriaa pidetään yllä ja miten ennakkohuolto tehtävät luodaan ja hyväksytään TVO:lla.

Varaosien osalta pohditaan minkä takia varaosien varastointi on tärkeää ja miten määritellään kriittiset ja vähemmän kriittiset varaosat. Sen lisäksi määritellään kaksi menetelmää, joita voidaan käyttää hyväksi varaosien varastoinnin määrien päätöksenteossa. Selostetaan myös, miten varaosavaraston hallinta toimii TVO:lla.

2 TYÖN TOIMEKSIANTAJA

2.1 Teollisuuden Voima Oyj

”TVO toimii omakustannusperiaatteella ja tuottaa sähköä omistajilleen omakustannushintaan. Omistajat vastaavat kaikista TVO:n toiminnan kustannuksista ja saavat vastineeksi sähköä omistusosuksiensa suhteessa. Sähkön he käyttävät itse tai myyvät edelleen.” (Teollisuuden Voima Oyj:n www-sivut 2019.)

Sähkön tuotanto tapahtuu tällä hetkellä käyvillä Olkiluoto 1 ja Olkiluoto 2 laitosyksiköillä, jotka ovat kiehutusvesireaktoreita. Käyvien OL1 ja OL2 laitosten alkuperäinen nettoteho niiden valmistuttua oli 600MW. Nykyään kummankin laitoksen nettotehot ovat nousseet 890MW:in vuosihuolloissa tehtyjen parannusten myötä. Valmistuessaan OL3 laitosyksikkö tulee olemaan painevesireaktori, joka tuottaa noin 1600MW sähkötehon.

Kuvassa 1 on esitelty Olkiluodossa sijaitsevat voimalaitosyksiköt Olkiluoto 1, Olkiluoto 2 ja Olkiluoto 3.



Kuva 1 Kuva TVO:n voimalaitosyksiköistä (vasemmalta OL3, OL1 ja OL2) (TVO:n kuvapankki 2015)

2.2 Tavoitteet

2.2.1 Ennakkohuolto-ohjelma

Ensimmäinen tavoite opinnäytetyölle on arvioida toimittajan ennakkohuolto-ohjelmaa uusitulle varavoimadieselille eli EDG:lle. EH-ohjelma tulee kattamaan EDG:n ennakkohuollot automaatiokunnossapidon osalta. Ennakkohuolto-ohjelman tarkoitus on pystyä säännöllisesti määritellyin väliajoin tarkastamaan siihen kuuluvien komponenttien suunniteltu toiminta. Sen lisäksi saadut tulokset kirjataan TVO:n tietojärjestelmään, jotta saatuja tuloksia voidaan tarvittaessa myöhemmin katselmoida.

Suunnittelun apuna hyödynnetään käytössä olevien EDG:iden ja toimittajan suosittelemaa ennakkohuolto-ohjelmaa. Ennen ennakkohuolto-ohjelman suunnittelun aloitusta kuitenkin selvitetään EDG:n tarkoitusta ja toimintaa TVO:n tietojärjestelmistä ja projektissa mukana olevilta henkilöiltä.

Käyvien laitosten varavoimadieselit uusitaan tulevaisuudessa. EH-ohjelma tehdään aluksi uudelle yhdeksännelle varavoimadieselille, joka on sijoitettu erilleen laitoksista niiden väliin. Tämän EH-ohjelman on tarkoitus toimia pohjana myös myöhemmin uusittaville varavoimadieseleille, joita on kummallakin laitosyksiköllä 4 kappaletta.

2.2.2 Varaosien riittävyys

EH-ohjelman valmistuttua siirrytään varavoimadieselin varaosien riittävyyden kartoitukseen. Laitteiden vikaantumis- ja ongelmatilanteissa varaosia on oltava saatavilla välittömästi ja tämän työn yhtenä tavoitteena on määritellä kuinka paljon varaosia tulisi olla varastoituna, jotta varavoimadieseleitä pystytään pitämään toimintakuntoisena. Varaosien määrää määriteltäessä tulee kuitenkin pitää varaosien kustannukset kohtuullisina.

3 ENNAKKOHUOLTO

3.1 Ennakkohuollon tarkoitus

Ennakkohuollolla tarkoitetaan laitteiden säännöllistä toimivuuden varmistamista. Näin tunnistetaan, jos jokin laite on vikaantunut esimerkiksi niin, ettei siitä ole tullut vian indikointia tai laitteen kalibroidut arvot poikkeavat hyväksyttävistä rajoista, muttei kuitenkaan ole aiheuttanut muuten huomattavaa vikaa. Tasaisin väliajoin määriteltyissä ennakkohuolloissa laitteet huolletaan, vaihdetaan uuteen määritellyin välein tai kalibroidaan hyväksyttäviin rajoihin ja tarkastetaan laitteen toiminta.

”STUK valvoo käytön aikana ydinlaitoksen sähkö- ja automaatiojärjestelmiä, -laitteita sekä kaapeleita arvioimalla luvanhaltijan toimintaa ja menettelytapojen tehokkuutta. Tarkastuksessa keskitytään menettelyihin, joilla luvanhaltija varmistaa järjestelmien ja laitteiden luotettavan ja oikean toiminnan. Valvontaa voidaan tehdä mm. arvioimalla luvanhaltijan ohjeistoa, toimintaprosesseja, raportteja tai järjestelmien ja yksittäisten laitteiden huolto-, korjaus- tai muutostöitä.” (YVL E.7, Ydinlaitoksen sähkö- ja automaatiolaitteet. 2019, 1009)

”Järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden käyttökuntoisuutta on valvottava ja todennettava suunnitelmallisesti.” (YVL A.6, Ydinvoimalaitoksen käyttötoiminta. 2019, 307)

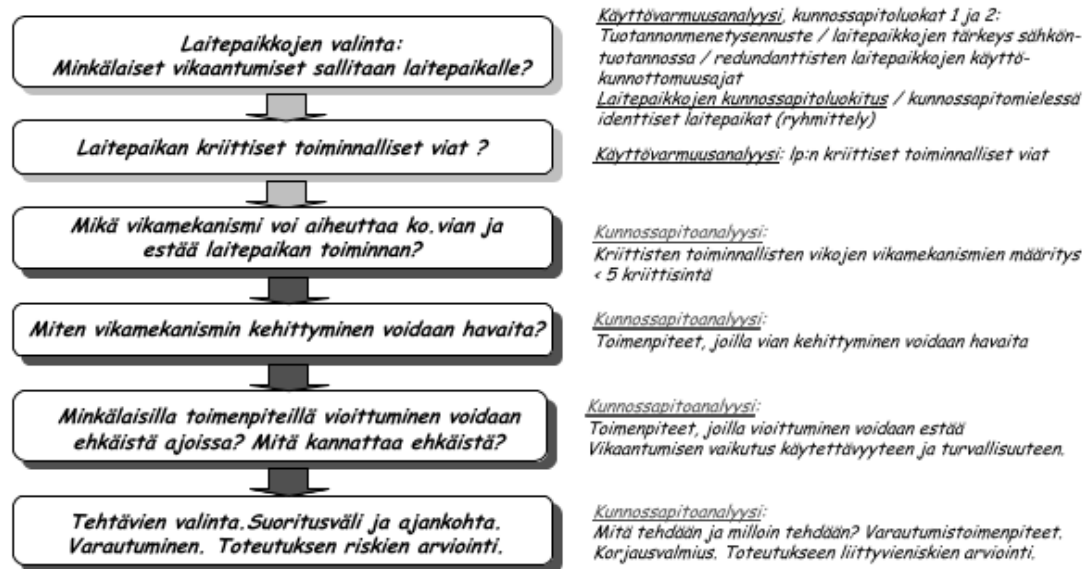
”Ydinvoimalaitoksella on oltava määräaikaishoito-ohjelma, jolla varmistetaan laitoksen turvallisuuden liittyvien rakenteiden, järjestelmien ja laitteiden luotettava toiminta ja kunto.” (YVL A.6, Ydinvoimalaitoksen käyttötoiminta. 2019, 508)

3.2 Teollisuuden Voima Oyj:n ennakkohuollon suunnittelu

Kunnossapitosuunnittelulla pyritään mahdollisimman tehokkaaseen oikein kohdistettuun huoltoon. Tämä perustuu mittaavaan kunnossapitoon ja todelliseen laitepaikan kuntoon. Turhaa huoltoa vältetään ja kunkin ennakoivan tarkastuksen sekä ennakkohuoltotyön on ehkäistävä laitoksen käytettävyyden tai turvallisuuden kannalta merkittävää vikaa. (Olkidoc ohje 114208. 2019, 4)

Laitteen huollolle on aina oltava selkeästi perusteltu syy. Kustannusten optimoimiseksi laitteiden huolto- ja tarkastusvälit tulee pitää mahdollisimman pitkinä. Tämä mahdollistetaan optimoidulla käytön- ja kunnonvalvonnalla sekä määräaikaikokeilla. Laitteiden avaamisissa on aina kunnossapitovirheen tai muun ennalta arvaamattoman lisätyön riski. Sen lisäksi tarpeettomat laitteiden avaukset eivät palvele systemaattisen kunnonvalvonnan turvallisuus-, käytettävyyss- tai tehokkuustavoitteita. (Olkidoc ohje 114208. 2019, 4)

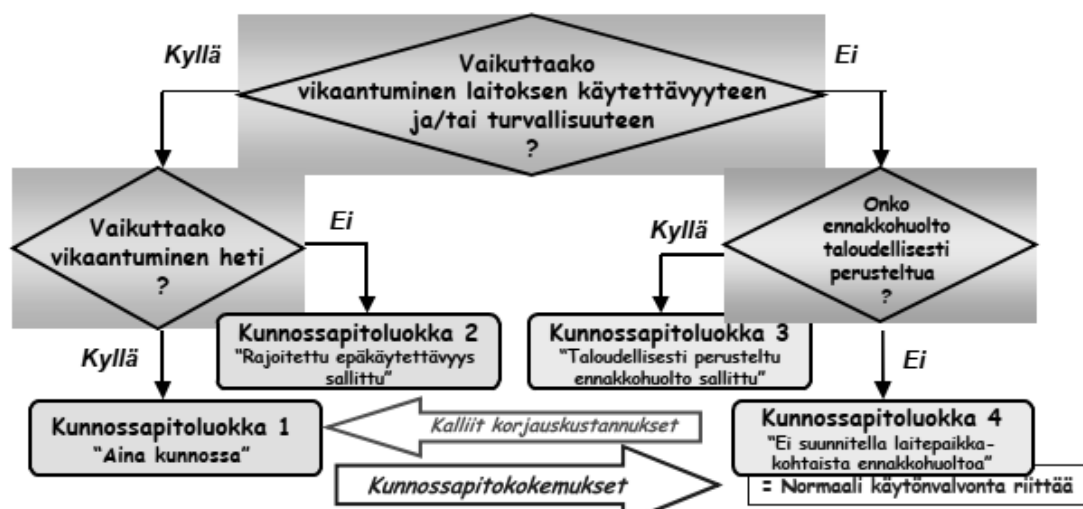
Kuvassa 2 on kuvattu kunnossapitotoimenpiteiden oikea kohdentaminen ja tarvittavien toimenpiteiden määrittäminen. Määrittely tehdään laitepaikan toiminnallisten vikojen turvallisuus- ja käytettävyyssmerkitykseen perustuen. Arvioinnissa hyödynnetään kokemusperäisen tiedon lisäksi Olkiluodon laitoksille tehtyjä alustavia turvallisuus- ja käyttövarmuusanalyyssejä. (Olkidoc ohje 114208. 2019, 5)



Kuva 2 Kunnossapitotoimenpiteiden oikea kohdentaminen ja tarvittavien toimenpiteiden määrittäminen (Olkidoc ohje 114208 2019, 5)

”Vika- ja vaikutusanalyysi on toimintavarmuuden analysointimenetelmä. Analyysillä pyritään tunnistamaan systemaattisesti laitteen tai järjestelmän viat, niiden seuraukset ja havaittavuus. Kunnossapitoanalyysistä saatuja tietoja käytetään hyväksi laitepaikan ennakkohuolto-ohjelman rakentamisessa.” (Olkidoc ohje 114208. 2019, 11)

Laittepaikkojen jako neljään ryhmään toimii niiden kunnossapitosuunnittelun perustana. Laitteen vikaantumisen merkitys järjestelmään tai koko laitoksen toimintaan vaikuttaa sen kunnossapitoluokan valintaan. Kunnossapitoluokka vaikuttaa mm. ennakkohuolto- ja kunnossapitotehtävien valintaan ja laitepaikan varaosahuollon järjestykseen. Lisäksi luokituksessa huomioidaan erilaisten laitteiden käyttövarmuus- ja turvallisuusmerkitys sekä kunnossapidolliset kustannukset. (Olkidoc ohje 114208. 2019, 6) Kuvassa 3 on esitelty laitepaikkojen jako neljään eri kunnossapitoluokkaan. Luokittelu määräytyy niiden turvallisuus- ja käytettävyyserkityksen sekä korjauskustannusten ja saatujen kunnossapitokokemusten suuruuden perusteella.



Kuva 3 Laittepaikkojen jako kunnossapitoluokkiin (Olkidoc ohje 114208 2019, 6).

Tehoajon aikana laitousyksikön varavoimadieselin ennakkohuoltopaketit tulee toteuttaa maksimissaan kerran vuodessa huolto-ohjelman mukaisesti. Pakettien toteutuksen on tapahduttava niin, että vain yksi osajärjestelmä eli varavoimadiesel on kerrallaan ennakkohuollettavana. Samanaikaisesti kahta tai useampaa ennakkohuoltopakettia ei saa suorittaa. Pääasiallisesti saman osajärjestelmän ennakkohuoltopaketit tehdään peräkkäin yhtenä työkokonaisuutena. (Olkidoc ohje 102098. 2018, 6)

Dieselin ennakkohuollon (DIP) sallitut kestot on määritelty TVO:n ohjeiden mukaan seuraavasti:

”DIP - pakettien vuotuiset maksimikestot

Keskimääräinen vuotuinen erotusaika on noin 64 tuntia

- Vuosittain tehdään 1 vrk:n paketti, jonka erotusaika on noin 12 tuntia

- Joka toinen vuosi tehdään 5 vrk:n paketti, jonka erotusaika on noin 106 tuntia
- Joka 10. vuosi tehdään 7 vrk:n paketti, jonka erotusaika on noin 160 tuntia
- 1 vrk:n paketti sisältyy 5 vrk:n pakettiin, joka sisältyy 7 vrk:n pakettiin” (Olkidoc ohje 102098. 2018, 6)

Laitteiden huoltoja suunniteltaessa tulee olla käytettävissä mahdollisimman paljon perustietoa kuten valmistajan suositus, kunnossapitoanalyysi tai jokin muu peruste, jonka pohjalta huolto-ohjeet ja ohjelmat laaditaan. Huoltoja suunniteltaessa tulee huomioida huoltomenetelmät, varaosien ja varusteiden, testauslaitteiden, työkalujen, teknisten ohjeiden jne. vaatimukset. Huoltoja suunniteltaessa tulee ottaa huomioon myös huoltoja rajoittavat tekijät kuten huolloissa tarvittava kallis instrumentointi, kalliit varaosat ja henkilökunnan taito ja määrä. (Olkidoc ohje 103507. 2016, 6)

TVO:n ydinvoimalaitoksilla tullaan todennäköisesti poikkeamaan toimittajan määrittelemistä varavoimadieselin huoltoväleistä, sillä huolloista saadun hyödyn tulee olla suurempi kuin epäkäytettävyydestä johtuva haitta.

4 OLKILUODON VARAVOIMADIESELIN TARKOITUS JA TOIMINTA

Tässä kappaleessa käydään läpi mikä on varavoimadieselin tarkoitus ja miten se toimii.

”Varavoimalähteellä tarkoitetaan dieselmoottorin tai kaasuturbiinin ja generaattorin muodostamaa kokonaisuutta ja kaikkia sen käynnistyksessä ja käytössä tarvittavia järjestelmiä, rakenteita ja laitteita. Kun ohjeessa tarkastellaan tiettyä varavoimalähteen osaa, se mainitaan erikseen.” (YVL E.10, Ydinlaitoksen varavoimalähteet, 15.8.2014, Määritelmät)

4.1 Varavoimadieselin tarkoitus

Varavoimadieselin tarkoitus on syöttää 660V dieselvarmennettua järjestelmää sellaisessa tapauksessa kun dieselvarmennettu järjestelmä menettää syöttönsä 6,6 kV:n pääkiskolta. (TVO:n koulutusaineisto, Dieselgeneraattorijärjestelmät, 2019, 2.)

Pääasiallinen tarkoitus varavoimadieselille on varmistaa reaktorin jäähdytys pikasulun yhteydessä. Pikasulun sattuessa reaktori tuottaa vielä pitkään niin paljon lämpöä, että se vaatii aktiivista jäähdytystä. Varavoimadieselit turvaavat sähkönsaannin 660V järjestelmälle, josta muun muassa reaktorin varsinaiset ja varajäähdytysjärjestelmät saavat sähkönsä.

Pikasulun tarkoitus on pysäyttää fissioreaktio häiriötilanteessa ja täten ajaa laitossykli turvalliseseen tilaan. Pikasulku voi aiheutua useasta eri syystä kuten 2/4 laukaisulla (kuva 5) korkea pinta reaktorissa tai useasta laiteviasta, mutta häiriöstä tai viasta riippumatta reaktori pyritään sammuttamaan ajamalla neutroneita absorboivat säätösauvat sisään reaktoriin mahdollisimman nopeasti (alle 4 sekuntia), jolloin fissioreaktio pysähtyy. Pikasulun epäonnistuessa viimeinen tapa sammuttaa fissioreaktio on pumpata booriliuosta reaktoriin.

4.2 Varavoimadieselin toiminta

Kummallakin käyvällä laitoksella on neljä erillistä varavoimadieseliä. 9EDG-projektin myötä laitosten välille rakennettiin uusi yhdeksäs varavoimadiesel, jolla pysytään tulevaisuudessa tarvittaessa korvaamaan kummankin laitosesikön mikä tahansa varavoimadieseleistä vian tai tulevien uusintojen aikana.

Varavoimadiesel ei normaalisti ole käynnissä, mutta se on aina käynnistysvalmiudessa mistä tahansa käynnistyskäskystä. Korkean käynnistysvalmiusasteen ylläpitämiseksi moottorit ovat aina esivoideltuja ja esilämmitettyjä. (TVO:n koulutusaineisto, Dieselgeneraattorijärjestelmät, 2019, 64.)

Varavoimadiesel käynnistyy, kun dieselvarmennettu järjestelmä menettää syöttönsä 6,6 kV:n pääkiskolta tai reaktorin suojausjärjestelmältä tulee käynnistyskäsky. Ne saavuttavat täyden käyntinopeuden viimeistään 10s kuluttua käynnistysignaalin saamisesta vaihtokytkentäautomaatiikalta. Täyden käyntinopeuden saavutettuaan varavoimadieseleitä voidaan kuormittaa käynnistyssekvenssiautomaatiikan mukaisesti. (TVO:n koulutusaineisto, Dieselgeneraattorijärjestelmät, 2019, 2.)

Varavoimadieselin oma järjestelmät ylläpitävät automaattisesti kierrosluvun säätöä, polttoaineen syöttöä, voitellua, jäähdytystä ja jännitteen säätöä sen käynnistyksen ja normaalin käytön aikana. Edellä mainitut toiminnot valvovat myös omaa toimintaansa. (TVO:n koulutusaineisto, Dieselgeneraattorijärjestelmät, 2019, 68.)

4.2.1 Käynnistys

Käynnistyskäskyn varavoimadieselit saavat vaihtokytkentäautomaatiikalta ja reaktorin suojausjärjestelmältä. Käynnistyskäsky menee käynnistysreleelle jos yksikään laukaiseva vika ei ole aiheuttanut käynnistyksen estävää lukitusta. Käynnistysilmajärjestelmän magneettiventtiili avautuu ja käynnistysaikaa vahtiva aikarele aktivoituu saadessaan käynnistyskäskyn. Käynnistysilmajärjestelmän pneumaattisen moottorin hammaspyörä työntyy varavoimadieselin vauhtipyörän hammaskehälle ja alkaa kasvattamaan varavoimadieselin kierroksia 100r/min asti. Tämän jälkeen varavoimadiesel

käynnistyy ja alkaa omalla voimallaan nostaa kierroksia kierroslukusäätäjään määritelyyn arvoon. Kun varavoimadiesel saavuttaa kierrosnopeuden 140r/min, käynnistysilmajärjestelmän hammaspyörä puolestaan vetäytyy varavoimadieselin hammaskehältä ja sähkökäyttöiset esilämmitys- ja esivoitelupumput pysähtyvät. Varavoimadieselin kuormituksen saavutettua noin 35 prosentin tason alkavat turboahdit vaikuttaa sen tehoon. Täyden määritellyn kierrosluvun saavutettuaan tapahtuu kytkentä dieselvarmennettuun 660V verkkoon, jolloin varavoimadieseliin kytketty generaattori alkaa syöttää sitä. Kytkentä tapahtuu vaihtokytkentäautomaatiikan logiikkaehtojen mukaisesti. Tässä kohtaa käynnistysohjelma on tullut päätökseensä, ja käynnistytessä aikana estettyinä olleet vahdit ja suojaukset kytkeytyvät taas päälle. Myös käynnistysaikaa vahtiva aikarele palautuu. (TVO:n koulutusaineisto, Dieselgeneraattorijärjestelmät, 2019, 65-68.)

Varavoimadiesel voidaan myös käynnistää käsin. Käsin käynnistys voidaan tehdä kolmesta paikasta, suoraan moottorilta, paikallisvalvomosta tai keskusvalvomosta. Käynnistyspaikasta riippuen käyttövalitsimen ja PAIKALLIS/KAUKO- kytkimien tulee olla oikeissa asennoissa käynnistystä varten. (TVO:n koulutusaineisto, Dieselgeneraattorijärjestelmät, 2019, 69.)

4.2.2 Pysäytys

Varavoimadieselin pysäyttäminen normaalisti voidaan tehdä ainoastaan käsin. Se onnistuu samoista paikoista kun käsin käynnistyskin, eli suoraan moottorilta, dieselvalvomosta tai keskusvalvomosta. (TVO:n koulutusaineisto, Dieselgeneraattorijärjestelmät, 2019)

Kun pysäytyskäsky aktivoidaan, dieselmoottorin säätäjän solenoidi sähköistyy. Piiri toimii niin, että kun pysäytys nappia pidetään painettuna kolme (3) sekuntia, niin solenoidi saa itsepidon. Itsepidon saatuaan pysäytysnapin viereiseen 'Dieselin pysäytys'-lamppuun syttyy valo. Tämä valo kertoo käyttäjälle, että varavoimadieselin pysäytys on alkanut ja nappia ei tarvitse enää pitää pohjassa. 32 sekunnin kulutta pysäytyssole-

noidi vapautuu. Pysäytyssolenoidin aika aktiivisessa tilassa on siis yhteensä 35 sekuntia, joka on riittävä aika varavoimadieselin pysähtymiselle. (TVO:n koulutusaineisto, Dieselgeneraattorijärjestelmät, 2019, 70-71.)

4.3 Epänormaalit käyttötilanteet

4.3.1 Tyhjäkäynti

Varavoimadieselit käyvät tyhjäkäynnillä laitoksen joissain käyttötilanteissa, vaikeivat dieselvarmennetut 660V-kiskot ole menettäneet syöttöjensä. Tällaisia käyttötilanteita ovat kuormanpudotus, eristys ja syötön palautuminen niin, ettei varavoimadieselin tuottamaa sähköä enää tarvita. (TVO:n koulutusaineisto, Dieselgeneraattorijärjestelmät, 2019, 72.)

Varavoimadieselit nokeentuvat kun niitä ajetaan tyhjäkäynnillä pitkiä jaksoja, jolloin niiden toimintavalmius ja kuormitettavuus heikentyvät. Tästä syystä 30 min ylittäviä tyhjäkäyntijaksoja on vältettävä. (TVO:n koulutusaineisto, Dieselgeneraattorijärjestelmät, 2019, 73.)

Varavoimadieseliä on kuormitettava tyhjäkäyntijakson jälkeen, jotta saadaan palotilat puhdistettua nokikasautumista. Tämä suoritetaan ajamalla varavoimadieseleitä rinnan verkon kanssa. (TVO:n koulutusaineisto, Dieselgeneraattorijärjestelmät, 2019, 73.)

4.3.2 Rinnankäyttö muuntajan kanssa

Varavoimadieseleitä koestettaessa, se tahdistetaan verkkoon ja sitä ajetaan rinnan muuntajan kanssa. (TVO:n koulutusaineisto, Dieselgeneraattorijärjestelmät, 2019, 74.)

Lyhytaikaisesti rinnan muuntajan kanssa ajamista tapahtuu myös silloin, kun yksikkö on syöttänyt omaa verkkoaan ja sitä ollaan pysäyttämässä. (TVO:n koulutusaineisto, Dieselgeneraattorijärjestelmät, 2019, 74.)

Jännitteen asetusarvoa muuntamalla saadaan säädettyä loistehoa, kun taas kierrosluvun säädöllä säädetään yksikön tuottamaa pätötehoa. (TVO:n koulutusaineisto, Dieselgeneraattorijärjestelmät, 2019, 74.)

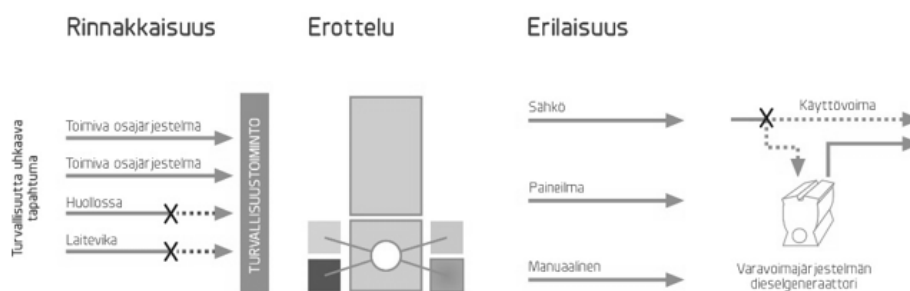
Sellaisessa tilanteessa kun varavoimadiesel käy rinnan verkon kanssa ja samanaikaisesti laitos putoaa verkosta, tapahtuu hetkellisesti sen ylikuormittuminen. Ylikuormitus kyseisessä tilanteessa verraten normaaliin kuormitukseen on noin kahdeksan (8) kertainen, jolloin virta- ja momenttiolosuhteet generaattorilähdöllä vastaavat osittain oikosulkutapausta. Dieselkisko on varustettu alitaajuussuojalla, jotta se erottuisi varsinaisesta verkosta nopeasti. Alitaajuussuoja on aktiivinen ainoastaan varavoimadieselin rinnakkaisajon aikana. (TVO:n koulutusaineisto, Dieselgeneraattorijärjestelmät, 2019, 75.)

Varavoimadiesel kokonaisuudessaan on suunniteltu kestäämään tällainen hetkellinen ylikuormitus, mutta pieniä vaurioita saattaa ilmetä kytkimelle. Yksikkö on siltikin täysin kuormitettavissa välittömästi. (TVO:n koulutusaineisto, Dieselgeneraattorijärjestelmät, 2019, 75.)

5 TURVALLISUUSPERIAATTEET

Tämän otsakkeen alla avataan kolmea suunnitteluratkaisua ydinturvallisuuden varmistamiseksi, jotka ovat redundanssi, erottelu ja monimuotoisuus. Käytetään havainnollistavina esimerkkeinä Teollisuuden Voima Oyj:n käyvien ydinvoimalaitosten prosessien eri toimintoja.

Kuvassa 4 on havainnollistettu redundanssi, erottelu ja monimuotoisuus.



Kuva 4 Redundanssi, erottelu ja monimuotoisuus (TVO:n opetusmateriaali 2018, 50).

5.1 Redundanssi

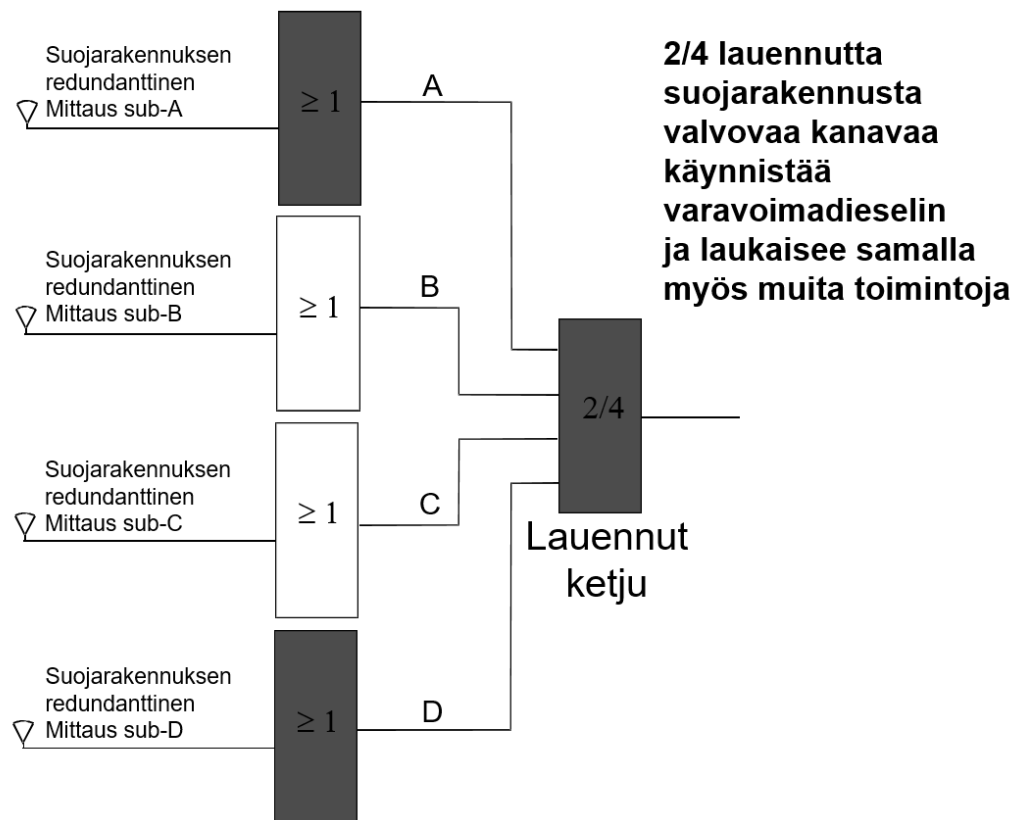
Redundanssilla eli rinnakkaisuusperiaatteella tekniikan alalla tarkoitetaan kriittisten komponenttien ja toimintojen monentamista. Monentamista käytetään järjestelmien suorituskyvyn ja turvallisuuden parantamiseksi. Näin voidaan taata järjestelmän toimiminen esimerkiksi yksittäisten komponenttien vikaantumisissa tai huoltotoimenpiteissä, sillä kyseinen prosessin osa korvataan toimenpiteen tai vian aikana monennetulla osalla. (Delft University of Technology, 2007.)

5.1.1 Aktiivinen redundanssi

Aktiivisessa redundanssissa kaikki järjestelmän osat ovat aktiivisia ja toimivat samanaikaisesti. Tässä mallissa yhden osajärjestelmän osa voi varmistaa prosessin toiminnan muiden osajärjestelmien ollessa käyttökeltottomia. (Calixto 2016)

Esimerkkinä tästä voidaan käyttää aktiivisia redundanttisia suojarakennusta vahtivia mittauksia. Oletetaan, että kuvassa alla on suojarakennuksen lämpötilaa mittaavat redundanttiset mittapisteet. Yhden niistä saavuttaessa laukaiseva raja tai vikaannuttua ei vielä tapahdu mitään, mutta jos kaksi tai useampi kanavaa laukeaa, seuraa siitä muiden toimintojen ohella varavoima dieselin käynnistys ja pikasulku. Kuvassa 5 on esitelty suojarakennuksen redundanttisen mittausketjun laukeaminen.

Esimerkki aktiivisesta redundanssista



Kuva 5 Redundanttisen mittauspiirin laukeaminen. (Leevi Niemi 2019)

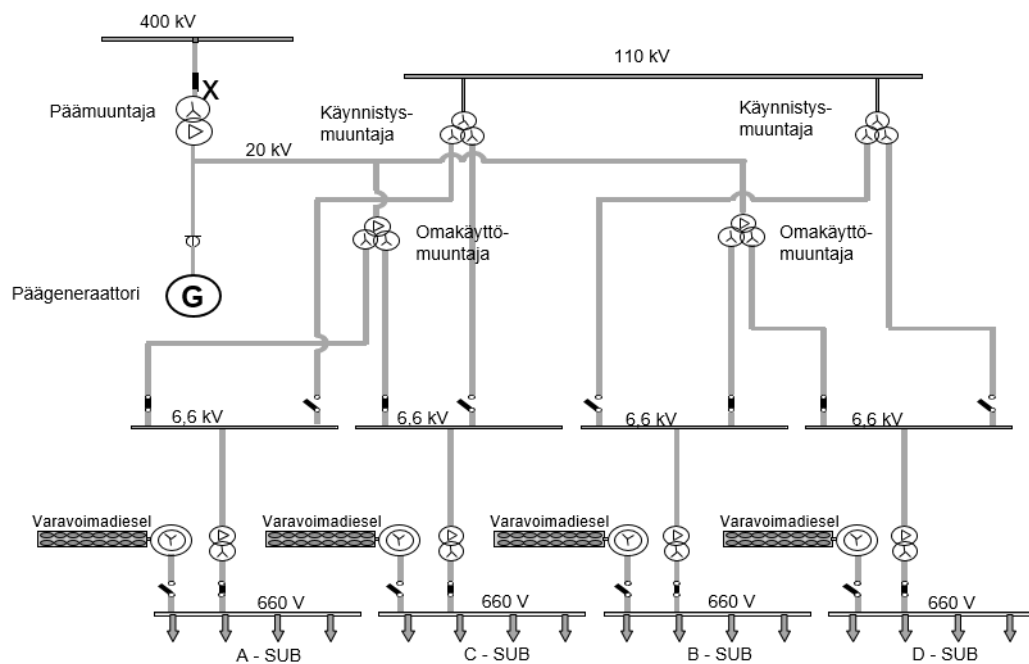
5.1.2 Varallaolo redundanssi

Varallaolo redundanssissa prosessin kaikki osat eivät ole aktiivisia, vaan sen ympärille on lisätty laitteita, jotka turvaavat tarvittavat toiminnot prosessin vikaantuessa. Varalla olevat laitteet ovat välittömässä käynnistysvalmiudessa. (Calixto 2016)

Esimerkkinä tästä voidaan käyttää dieselvarmennettua 660V-järjestelmää. Normaalissa tilanteessa kyseinen järjestelmä saa sähkönsä reaktorissa tehdystä lämmöstä joka

pyörittää turpiinia, joka taas pyörittää generaattoria, kun taas vikatilanteessa kyseistä järjestelmää syöttää varavoimadiesel.

Esimerkiksi suojarakennusta valvovat aktiiviset redundanttiset mittaukset lauetessaan käynnistävät varalla olevat, jatkuvasti valmiustilassa olevat varavoimadieselit, jotka tällöin tuottavat sähköä dieselvarmennetulle 660V-järjestelmälle. Kuvassa 6 on esitelty laitosten OL1 ja OL2 sähköverkko, josta ilmenee, että varavoimadieselit ovat varalla varmistamassa 660V-kiskon sähkönsyöttöä, jos 6,6V:n kiskolta menetetään syöttö.



Kuva 6 OL1 ja OL2 laitosten identtiset sähköverkot. (TVO:n opetusmateriaali 2018, 36)

5.1.3 Passiivinen redundanssi

Passiivisessa redundanssissa varalla oleva laite on toimeettomassa tilassa, toisin kuin varallaolo redundanssissa. Eli on siis lisätty ylimääräistä suorituskykyä varmentamaan toimintaa. Monennettuja eli redundanttisia laitteita voidaan käyttää vuorotellen tai voidaan pääasiallisesti käyttää vain toista. Varalla olevan laitteen toiminta on varmistettava tietyin väliajoin. (Calixto 2016)

Esimerkkinä voidaan käyttää ympäristön suojausta radioaktiivisilta aineilta. Ydinturvallisuuden keskeisiä periaatteita on moninkertaisten esteiden järjestäminen radioaktiivisten aineiden ja ympäristön välille (TVO:n opetusmateriaali, OL1 ja OL2 laitostuntemuksen perusteet 2018, 52.).

”Ensimmäisenä vapautumisesteenä toimii keraaminen polttoaine, joka pidättää tehokkaasti siinä olevia fissiotuotteita. Toinen este on polttoaineen suojakuori. Kolmannen esteen muodostaa reaktorin paineastia, jonka sisällä reaktorin sydän sijaitsee. Neljäntenä esteenä on koko reaktorijärjestelmää ympäröivä kaasutiivis suojarakennus ja viidentenä reaktorirakennus, jossa suojarakennus sijaitsee.” (Teollisuuden Voima Oyj:n www-sivut 2019.)

Kuvassa 7 on kuvin esitelty edellä mainitut suojaavat esteet.



Kuva 7 Uraanipolttoaineen suojaus (TVO:n opetusmateriaali, OL1 ja OL2 laitostuntemuksen perusteet 2018, 52)

5.2 Erottelu

Turvallisuuteen vaikuttavien sähköjärjestelmien toiminnan varmistamiseen tulee käyttää osajärjestelmien erottelua. Erottelulla pyritään erottamaan järjestelmien monenne-
tut osat toisistaan siten, että ulkoisista syistä johtuva vikaantuminen on epätodennä-
köistä. Tämä toteutetaan esimerkiksi sijoittamalla osajärjestelmät eri palotiloihin tai
erottamalla ne riittävälle etäisyydelle toisistaan.

- Sähkö- ja automaatiojärjestelmät on jaettu neljään fyysisesti ja sähköisesti eroteltuun redundanttiseen osajärjestelmään eli subtiin A, B, C ja D (sub = subdivision)
- Osajärjestelmät on jaettu subipareihin AC (subit A ja C) ja BD (subit B ja D). AC- ja BD-subiparit on fyysisesti sijoitettu eri palo-osastoihin, joiden välinen palonkestoisuusluokka on vähintään A60.

- Subien A ja C samoin kuin vastaavasti subien B ja D välinen erottelu on toteutettu joko etäisyydellä tai palo-osastoinnilla
(TVO:n opetusmateriaali, Sähkökurssi sähköjärjestelmistä yleistä 2019)

5.3 Monimuotoisuus

Monimuotoisuudella eli diversiteetillä tarkoitetaan saman asian tekemistä tai toteuttamista eri tavoilla. Ajatellaan vaikka työmatkaa. Saatat kulkea töihin normaalisti omalla autolla. Joku kerta autosi hajoaa, on huollossa tai muuten vaan päätät mennä töihin linja-autolla, pyörällä, kävellen tai vaikka työkaverin kyydillä. Käytät siis jotain muuta keinoa suorittaa saman asian eli töihin kulkemisen.

Monimuotoisuuden käyttöä harjoitetaan myös tekniikan alalla. Ei turvauduta ainoastaan yhteen tapaan suorittaa jokin toiminto, vaan käytössä on useampi tapa saman asian suoritukseen. Tämä perustuu turvallisuustoimintojen varmistamiseen. Näin vältetään yhteisvika tilanteissa skenaarioilta, joissa jostain syystä vaikkapa sähköt menetetään. Sähköjen menetystä ajatellen voidaan jotkin toiminnot turvata myös akuilla.

Jonkin laitteen ohjaus voidaan pääasiallisesti tehdä sähköisesti, mutta sen lisäksi sama asia voidaan toteuttaa myös hydraulisesti tai pneumaattisesti. Esimerkkinä tästä voidaan käyttää säätösauvojen liikuttelua. Normaalisti säätösauvojen liikuttelu tapahtuu sähköisesti toimilaitemoottoreilla, mutta pikasulun yhteydessä säätösauvat tulee saada nopeasti sisään, jolloin käytetään hydraulikkaa.

Kuvassa 8 on listattu laitosten erilaisuusperiaatetta vaihtosähkön syöttölähteillä.

TURVALLISUUSPERIAATTEET

Lisäksi erilaisuusperiaatetta toteutetaan monilla erilaisilla vaihtosähkön syöttölähteillä, joita ovat:

- päägeneraattori
- 400 kV verkko
- 110 kV verkko
- varavoimadieselit
- kaasuturbiinilaitos
- syöttö toiselta laitostyksiköltä dieselkiskojen tai 400 kV verkon kautta
- erilliskytkentä Harjavallan vesivoimalaitokselta 110 kV verkon kautta
- Fukushima-selvitykset hätälisäjähdytyksestä käynnissä



Kuva 8 Vaihtosähkön syöttölähteet (Lähde: TVO:n opetusmateriaali)

6 YDINLAITOKSEN VARAVOIMALÄHTEIDEN LAINSÄÄDÄNTÖ

Tässä kappaleessa käsitellään Ydinturvallisuusohjeita, eli YVL-ohjeita ydinlaitosten varavoimalähteiden osalta.

”Ydinenergialain (990/1987) 7 r §:n mukaan Säteilyturvakeskuksen tehtävänä on asettaa ydinenergialain mukaisen turvallisuustason toteuttamista koskevat yksityiskohtaiset turvallisuusvaatimukset.” (STUK:n kotisivut, viitattu 5.8.2019)

6.1 Yleisesti

”Normaalisti ydinlaitos tuottaa omakäyttö- ja turvallisuusjärjestelmiensä tarvitseman sähkön itse päägeneraattorillaan tai sähkö syötetään ydinlaitokseen ulkoisesta sähköverkosta. Häiriö- ja onnettomuustilanteita varten on kuitenkin varauduttava siihen, että ydinlaitoksen turvallisuudesta huolehtiville järjestelmille ei kyetä syöttämään sähköä näistä lähteistä. Tästä syystä sähköenergian jatkuva saatavuus ydinlaitoksella on varmennettava luotettavilla ja kapasiteetiltaan riittävillä varavoimalähteillä.” (YVL E.10, Ydinlaitoksen varavoimalähteet. 2014, 101)

6.2 Kunnossapidon näkökulmasta

”Varavoimalähteen turvallisuusluokkiin 2 ja 3 kuuluvien järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden käyttökuntoisuutta on oltava mahdollista valvoa, tarkastaa ja ylläpitää siten, että kunnostustarpeet voidaan havaita ennen vikaantumista ja huolto- ja korjaustyöt ovat kestoltaan lyhyitä. Tähän voidaan suunnitteluvaiheessa vaikuttaa esim. laite-, sijoitus- ja prosessisuunnittelulla, instrumentoinnilla ja materiaalivalinnoilla.” (YVL E.10, Ydinlaitoksen varavoimalähteet. 2014, 512)

”Varavoimalähteen on luotettavasti säilytettävä käyttökuntoisuutensa huoltovälin yli kaikissa suunnitteluperusteisissa käyttötilanteissa. Kunnostustarve on kyettävä luotettavasti havaitsemaan ennen vikaantumista ja vika reaaliaikaisesti.” (YVL E.10, Ydinlaitoksen varavoimalähteet. 2014, 1202)

”Varavoimalähteen käyttö, kunnonvalvonta ja kunnossapito on ohjeistettava. Ohjeistuksen (käyttöohjeet, huolto-, tarkastus-, koestus-, näytteenotto-ohjelmat ja ohjeet) on perustuttava valmistajan suositukseen tai luvanhaltijan omiin tai muilta ydinlaitoksilta saatuihin käyttökokemuksiin, ja sitä on säännöllisesti arvioitava ja havaitut muutostarpeet selvitettävä.” (YVL E.10, Ydinlaitoksen varavoimalähteet. 2014, 1206)

”Varavoimalähteen kunnonvalvonta- ja kunnossapito-ohjeistuksessa on määriteltävä

- määräaikaishuolloissa tehtävät työt
- kunnonvalvonnan menetelmät
- huoltotöiden, tarkastusten ja koestusten jaksotus
- tarkastusten ja koestusten hyväksymisrajat
- varaosa- ja tarveainetarpeet.” (YVL E.10, Ydinlaitoksen varavoimalähteet. 2014, 1207)

Näiden asioiden toteutusta TVO:lla on käsitelty kappaleessa 3.2.

7 ENNAKKOHUOLTO-OHJELMA

7.1 Ennakkohuolto-ohjelman suunnittelu

Varavoimadieselin ennakkohuolto-ohjelman suunnittelu alkoi tutustumalla käytössä olevien varavoimadieseleiden ennakkohuolto-ohjelmaan. Käytössä olevien varavoimadieseleiden ennakkohuolloissa suoritetaan vuoro vuosin lyhempi ja pidempi ennakkohuolto, jonka lisäksi kymmenen vuoden välein suoritetaan laajempi ennakkohuolto. Tähän laajempaan ennakkohuoltoon sisältyy myös edellä mainittujen lyhemmän ja pidemmän ennakkohuolto-ohjelman työt. Näiden DIP-pakettien pituudet ja aikavälit on listattu kappaleessa 3.2.

Suunnittelu jatkui keräämällä tietoa uudesta varavoimadieselistä. Tutustuttiin moniin PI-kaavioihin ja mittapistelistoihin, jotta pystyttiin arvioimaan tarvetta ennakkohuolloille ja arvioimaan, mitkä mittaukset tarvitsisi tuoda ennakkohuollon piiriin. Monesta paikasta kysytyäni sain käsiini melko kattavan taulukon, johon oli merkitty kaikki uuden varavoimadieselin mittapisteet ja niistä tarvittavia tietoja, joita voisin hyödyntää ennakkohuolto-ohjelman suunnittelussa.

Pitkän tiedonkeruun ja kunnossapidon sisäisten keskustelujen tuloksena päätettiin, että pyritään pitämään uuden ennakkohuolto-ohjelman raamit mahdollisimman samanlaisena kuin käytössä olevienkin varavoimadieseleiden ennakkohuolto-ohjelma tällä hetkellä on. Toisaalta raamit eivät ole samat kuin vanhoilla varavoimadieseleillä joilla tarkistettiin kaikki laitteet, koska uusilla noin 70% laitteista jää tarkastamatta ja ajetaan vikaan saakka.

Tässä vaiheessa pääsin osallistumaan sähkö- ja automaatiokunnossapidolle suunnattuun syventävään EDG-koulutukseen, jossa Wärtsilän henkilö, joka tuntee uuden varavoimadieselin sähkö- ja automaatiopuolen perinpohjaisesti kertoi siihen liittyvistä järjestelmistä ja niiden toiminnasta. Tästä koulutuksesta oli paljon apua, sillä sain selvennystä moniin minua askarruttaneisiin asioihin, kuten esimerkiksi muutamien mittapisteiden vaikutus varavoimadieselin toimintaan. Koulutuksen lopuksi kävimme

myös paikanpäällä uudella varavoimadieselillä tutustumassa konkreettisesti kurssilla läpi käytyihin asioihin.

7.2 Ennakkohuolto-ohjelman raamit

Vanhaa varavoimadieselin ennakkohuolto-ohjelmaa mukailleen uuden ennakkohuolto-ohjelman raameiksi muodostui samankaltaiset huoltovälit. Vuoden välein suoritettaviksi mittapisteiksi tulevat ne mittapisteet, joilla on TTKE-vaatimus. Sen rinnalle joka toisen vuoden välein tarkistettaviksi mittapisteiksi valittiin ne mittapisteet, jotka voivat aiheuttaa varavoimadieselin pysäytyksen.

Uusille varavoimadieseleille on myös suunnitteilla pidemmän aikavälin ennakkohuoltokierto niin kuin käytössä olevillakin on. Tämän pidemmän huoltovälin jaksotus tullaan toteuttamaan niin, että varavoimadieseleiden huoltokierto toimii mutkattomasti ajatellen koko laitoksen toimintaa ja huoltojaksotusta.

7.3 Turvallisuustekniset käyttöehdot (TTKE)

Turvallisuustekniset käyttöehdot, eli TTKE. ”Turvallisuustekniset käyttöehdot muodostavat viranomaisten hyväksymät ja määräämät puitteet, joissa ydinvoimalaitosyksiköiden käyttö on sallittua ympäristön turvallisuusnäkökohdat huomioiden.” Sillä varmistetaan, että laitossyksikköä käytetään sen suunnitteluperusteiden mukaisesti. Se koostuu kokoelmasta konkreettisia rajoja ja ehtoja, joiden puitteissa laitosta saa käyttää. Se ohjaa myös laitoksen käyttö- ja kunnossapitotoimintaa. (TVO:n koulutusmateriaali, OL1 ja OL2 TTKE:n sisältö yleisesti, 2019, 3.)

Turvallisuuden kannalta tärkeillä laitteilla on TTKE vaatimus. Tällaiset laitteet tulee olla välittömässä käyttövalmiudessa ja niiden tulee pystyä suorittamaan niille määritellyt tehtävät vaaditussa ajassa. Laitteiden toiminta varmistetaan määräaikaikokein, joita ohjataan ja hallinnoidaan kunnossapidon tietojärjestelmillä. Jokaiselle laitteelle on myös määritelty aika, kuinka pitkään niiden on hyväksyttyä olla epäkunnossa ilman rajoitteita reaktorin käytölle. Jos korjaustyöt eivät toteudu tämän ajan puitteissa, on

vaatimuksena tyypillisesti laitoksen alasajo. (TVO:n koulutusmateriaali, OL1 ja OL2 TTKEn sisältö yleisesti, 2019, 8.)

”TTKE on pidettävä jatkuvasti ajan tasalla. TTKE on arvioitava säännöllisin määräajoin ja päivitettävä laitosmuutosten, turvallisuusanalyysien, käyttökokemusten ja uusimman tietämyksen pohjalta.” (TVO:n koulutusmateriaali, OL1 ja OL2 TTKEn sisältö yleisesti, 2019, 6.)

Tämän työn kannalta TTKE-vaatimus tarkoittaa sitä, että TTKE asiakirjoissa määritettyjen mittapisteiden toiminta tulee varmistaa siinä määritellyin aikavälein. Näitä mittapisteitä automaatiokunnossapidon osalta on kaksi kappaletta.

7.4 Ennakkohuolto-ohjelman huoltovälien perustelu

Varavoimadieselin ennakkohuolto-ohjelman huoltovälit perustuvat DIP-pakettien jaotteluun. Vuoden välein suoritettavan DIP-paketin kesto on 1 vrk, jonka erotusaika on vain noin 12 tuntia. Tämän takia tässä 1 vrk:n DIP-paketissa voidaan tarkistaa ainoastaan sellaiset mittapisteet, joilla on TTKE-vaatimukseksi määrätty tarkistus aikaväliksi 1 vuosi. Sen lisäksi kahden vuoden välein suoritetaan 5 vrk kestävä DIP-paketti, jonka erotusaika on noin 106 tuntia. Tässä paketissa tarkistetaan kaikki mittapisteet, jotka ovat ehtona varavoimadieselin pysäytykselle. Sen lisäksi tämä kahden vuoden välein suoritettava DIP-paketti sisältää myös 1 vuoden välein tarkistettavat mittapisteet.

7.5 Poikkeaminen toimittajan ohjeistuksesta

Ennakkohuolto-ohjelmassa poiketaan toimittajan ohjeistuksesta, sillä DIP-paketeilla on määrätty aikavälit, jotka ovat ainoita ajankohtia, jolloin varavoimadiesel saa olla käyttökunnottomana niin, ettei siitä seuraa vaikutusta ydinlaitoksen käyttöön. Ja niin kuin aiemmin kappaleessa 3.2 on mainittu, turhaa huoltoa tulee välttää ja huolloista saadun hyödyn tulee olla suurempi kuin epäkäytettävyydestä johtuva haitta. Tästä syystä kaikkia huoltoja ei voida suorittaa toimittajan suositusten mukaan, vaan suosituksia oli arvioitava ja sovellettava niin, että ne soveltuvat käyttöön TVO:lla.

Toimittaja suosittelee myös useiden komponenttien vaihtoa suoritettavaksi kuuden vuoden välein, mutta tarpeettomat laitteiden avaukset eivät palvele systemaattisen kunnonvalvonnan turvallisuus-, käytettävyys- tai tehokkuustavoitteita, joten päätettiin, että näin ei toimita.

7.6 Ennakkohuoltotehtävien hallinta

7.6.1 Työtilausjärjestelmä

TTJ:n avulla ohjataan laitoksilla suoritettavia kunnossapitotöitä, kuten ennakkohuolto- ja viankorjaustöitä. Sitä apuna käyttäen varmistetaan myös siitä, että töiden suoritusta varten prosessiin tehtävät erotukset eivät heikennä laitosturvallisuutta. Sen lisäksi varmistetaan työturvallisuuden ja HU- menettelyjen edellyttämät toimenpiteet. (Olkidoc ohje 113144. 2019, 7)

TTJ:n avulla saadaan määriteltyä töiden vaiheille kaikki tarpeelliset asiat kuten esimerkiksi kuka on työnjohtaja, mitä erotustoimenpiteitä tulee tehdä ennen työn suorituksen aloittamista ja mitä mahdollisia lupia työn suoritukseen tarvitaan. Kun työ tulostetaan TTJ:stä, tulostuu siitä valvomoon työlupa ja työnjohtajalle työvaiheluettelo, josta hän antaa työn tekeväälle työntekijälle työvaiheen. Työvaiheissa luetellaan laitepaikat, joille työ kohdistuu ja sen lisäksi muun muassa edellä mainitut tarvittavat erotustoimenpiteet sekä siitä ilmenee tarvitaanko työn suoritukselle jotain lupia, kuten

esimerkiksi tulityölupa. Ennen työn aloitusta tulee sitä varten pyytää lupa vuoropäälliköltä, joka varmistaa, ettei työn aloitukselle ole mitään esteitä ja hän kuittaa työn aloitetuksi ja kirjaa työlupaan ajan, jolloin työ on aloitettu, ja tämä työlupalappu jää valvomoon. Työn päätyttyä tulee siitä ilmoittaa vuoropäällikölle, joka merkitsee kuittaa työluvan tehdyksi ja kirjaa siihen aikaleiman, jolloin työ on palautettu. Työluvan valmiiksi kuittaamiseen tarvitaan myös siihen oikeutetun henkilön kuittaus. Liitteenä 2 on kuvankaappaus työluvan kuittaus kohdasta. Liitteestä on peitetty ei julkiset tiedot.

7.6.2 Ennakkohuoltojärjestelmä

Ennakkohuoltojärjestelmä eli ENKKU. Työt, jotka on valittu ennakkohuollon piiriin, lisätään ENKKU järjestelmään. Ennakkohuoltotehtävän perustamiseen ja hyväksyntään liittyy monia eri askeleita. Laitevastaava analysoi laitepaikan toiminnallisen vian merkitystä laitoksen käytettävyyden ja turvallisuuden kannalta. Tämän arvion perusteella määritellään laitepaikan kunnossapitoluokka sekä ennakkohuoltotehtävän suorituksen aikaväli. Päätöksen tehtyään ennakkohuoltotehtävälle kirjataan erinäisiä tietoja, kuten esimerkiksi:

- Vastuuorganisaatio
- Työn toteuttava työnjohtaja
- Suure, jota kohde mittaa
- Kohteelle suoritettava huoltotoimenpide
- Onko kyseessä EH vai TTKE-tehtävä
- Kohteen ollessa on joukko mittapisteitä, listataan ne kuvaus ikkunaan.

Tästä ENKKU-järjestelmän kaavakkeesta on otettu ruudunkaappaus liitteeksi 1. Laitevastaavan laadittua ennakkohuoltotehtävä, sen tarkastaa varalaitevastaava, jonka jälkeen yksikön päällikkö hyväksyy sen. Jos työ on TTKE-tehtävä, lähetetään se ennen yksikön päällikön hyväksyntää tarkastettavaksi myös Ydinturvallisuuden valvonta – tiimin edustajalle, joka hyväksytyään oman osuutensa lähettää edelleen sen yksikön päällikölle.

7.7 Suoritusohjeet

Kullakin suoritettavalle työllä tulee olla suoritusohje. Tavanomaiselle töille, kuten esimerkiksi koko lämpötilamittausketjun kalibroinnille tai painevahtien kalibroinneille on TVO:lla olemassa yleisohjeet, joten tavanomaisille töille ei suoritusohjeita tarvitse erikseen tehdä. Jos työ tulee suorittaa poikkeavalla tavalla tai on tavanomaisesta poikkeava työ, tulee sille tehdä jokaisen työvaiheen erikseen täsmentävä suoritusohje, jonka avulla käytännössä kuka vain pystyisi kyseisen työn suorittamaan. Kunnossapidon suoritusohjeet löytyvät TVO:n sisäisestä kunnossapitokäsikirjasta.

7.8 Tietojen tallennus

Ennakkohuoltotehtävät ja niiden suoritusajankohdat hallitaan kunnossapidon tietojärjestelmillä, jonka perusteella saadaan pöytäkirjat työtä varten. Kaikkien mittapisteiden tarkastuksen yhteydessä mittaustulokset kirjataan suorituskohteella ylös pöytäkirjaan, jonka jälkeen omalla työpisteellä ne kirjataan ylös TVO:n kalibrointien hallintajärjestelmään. Näin saadaan pidettyä yllä kattavaa historiaa mittatuloksista. Järjestelmään kirjataan myös tekijöiden nimet ja ajankohta, jolloin se on suoritettu. Sen lisäksi järjestelmässä kohteilla on ikkuna, johon voi kirjoittaa jos kohteella on jotain erityistä huomioitavaa. Näin tiedetään kuka on kohteella suorittanut ennakkohuoltotyön viimeksi ja häneltä voidaan mahdollisesti kysyä apua työ suoritukseen tai muuta työkohteeseen liittyvää.

8 VARASTOINNIN KARTOITUS

8.1 Varaosien tarve

Uusia varavoimadieseleitä tulee olemaan yhteensä yhdeksän kappaletta, neljä kummallekin laitokselle ja yhdeksäs niiden väliin. Tämä yhdeksäs valmistuu käyttöön ensimmäisenä ja sitä voidaan käyttää korvaamaan mikä tahansa, kumman tahansa laitoksen varavoimadieseleistä vikatilanteen sattuessa tai sillä aikaa kun vanhaa vaihdetaan uuteen jommallakummalla laitoksella.

Varavoimadieselin vikaantuminen niin, ettei sitä voida käyttää, johtaa tietyn ajan sisällä tyypillisesti laitoksen alasajoon. Tämän takia varaosia tulee olla aina vähintään sen verran, että mikä tahansa komponentti, joka on mahdollista vaihtaa, voidaan vian sattuessa vaihtaa uuteen ja näin saada varavoimadiesel taas käyttökuntoiseksi. Tavoite on aina se, että varavoimadiesel saadaan käyttökuntoiseksi ilman, että siitä aiheutuu rajoitteita laitoksen käyttöön.

8.2 Varaosien kriittisyyden määrittäminen

Kriittisimpiä ja vikaherkempiä komponentteja tulee olla varastoituna enemmän kuin niitä, jotka ovat taas vähemmän vikaherkkiä ja vähemmän kriittisiä osia. Komponentin kunnossapitoluokka määräytyy sen kriittisyyden mukaan. Kunnossapitoluokan määrittely on kuvain havainnollistettu kappaleessa 3.2 (kuva 6). Komponentit, joiden vikaantuminen vaikuttaa laitoksen käytettävyyteen ja turvallisuuteen, ovat kunnossapitoluokkaa 1 tai 2 ja näin ollen ovat kriittisempiä komponentteja. Vähemmän kriittisten komponenttien vikaantuminen ei suoraan vaikuta laitoksen käytettävyyteen eikä sen turvallisuuteen ja silloin ne kuuluvat kunnossapitoluokkaan 3 tai 4. Näiden kohdalla ennakkohoitoa harjoitetaan vain, jos se on taloudellisesti perusteltua, mutta muuten niitä käytetään vikaantumiseen saakka.

8.3 Varastoinnin määrä

Komponenttien toimitusajat saattavat olla huomattavankin pitkiä ja komponentit ovat yleisesti kalliita. Lisäksi komponentit ikääntyvät myös varastoinnin aikana, varsinkin esimerkiksi tiivisteiden osalta. Näiden faktojen seurauksena tulee varastoinnin määrän ja huoltotoimenpiteiden mahdollistamisen välille löytää ideaalinen harmonia. Varastoitavien komponenttien määrän määrittelylle voitaisiin käyttää kahta erilaista tapaa.

Ensimmäisessä tavassa varastoitavien komponenttien määrän määrittely kriittisille laitepaikoille tulisi olla 20%. Eli käytännössä jos komponentille on 10 kohdistettua laitepaikkaa, tulisi varastossa silloin olla varaosina 2 kappaletta kyseistä komponenttia. Vaihteeksi taas ne komponentit, jotka eivät ole kriittisiä, niiden varastoinnin määrä on 10% kohdistetuista laitepaikoista. Jos tämän jälkeen varaosien määrä on laitepaikan kannalta liian pieni tai 0 kappaletta taikka vaihteeksi määrä olisi kohtuuttoman suuri, käytettäisi toista määrätymisen tapaa.

Toisen tavan mukaan varaosia laitepaikalle tulee olla vähintään 1 kappale. Toisessa tavassa tulee myös jokaista komponenttia arvioida, tulisiko niitä olla enemmän kuin 1 kappale, sillä mikäli ennakkohuollossa havaitaan, että joku komponentti on viallinen ja se päätetään vaihtaa uuteen, jää varastosaldoksi silloin 0. Ja koska varaosien toimitusajat ovat pitkät, on tämä epäsuotuisa tilanne jos ennen uuden osan saapumista viikaantuukin jokin laitepaikka johon tarvittaisiin kyseistä komponenttia, jonka varastosaldo sillä hetkellä on 0 kappaletta. Pahimmassa tapauksessa tämä voisi aiheuttaa laitosyksikön alasajon jos varaosaa ei saada tarpeeksi ajoissa.

Varaosien määrien määrätymisen tavat tiivistettynä

- 1. Kriittisille laitepaikoilla 20% kohdennuksista, ei kriittisille 10% kohdennuksista
- 2. Jos ensimmäisen tavan jälkeen varaosia on liian vähän tai kohtuuttoman paljon, arvioidaan kuinka paljon niitä tulisi olla, mutta kuitenkin aina vähintään 1kpl

8.4 Varaosavaraston hallinta

Kunnossapito-organisaatio pitää huolen siitä, että varastoitavien varaosien määrät on järkevästi määritelty. Hankinta on vastuussa siitä, että varastossa on oikea määrä varaosia. TVO:n tietojärjestelmistä voidaan tarkistaa varaosien määrä. Hankinnalle on tietojärjestelmissä asetettu hälytysrajat, jotka ilmoittavat jos jotain varaosia tulee tilata lisää. Näin varmistutaan, että varaosia on riittävästi, eivätkä ne pääse loppumaan.

9 YHTEENVETO

Työssä tutustuttiin aluksi varavoimadieselin tarkoitukseen ja toimintaan. Tämän tarkoituksena oli saada itselle käsitys sen toiminnasta. Lisäksi tutustuttiin ennakkohuoltoon TVO:lla ja ydinlaitoksilla yleisesti, kolmeen eri turvallisuusperiaatteeseen ja ydinlaitosten varavoimalähteiden lainsäädäntöön. Näihin tutustumisen johdosta sain avarrettua tietämystäni erittäin paljon, sillä lähtökohtaisesti tiesin näistä asioista vain vähän.

Ennakkohuolto-ohjelman suunnittelu oli vuorossa seuraavana. Sen suunnittelu oli eniten aikaa vievä osuus tässä työssä. Ennakkohuolto-ohjelman lopputulemana oli vuorovuosin toteutettava pidempi ja lyhempi ennakkohuolto paketti. Lisäksi suunnitteilla on myös pidemmän aikavälin laajempi ennakkohuoltokierto. Ennakkohuollon piiriin kuuluvista mittapisteistä, komponenteista tai muista spesifisistä tiedoista ei työssä kerrottu yksityiskohtaisesti, sillä tällaiset tiedot ovat ainoastaan TVO:n sisäiseen käyttöön, eikä niitä tule julkaista minnekään.

Varaosien osalta käsiteltiin niiden tarvetta ja kriittisyyden määrittelyä. Varaosien määrille luotiin ohjeistus, jonka mukaan voidaan määrittää kuinka paljon mitäkin varaosia tulisi olla varastoituna. Avattiin myös, miten varaosavaraston hallinta toimii TVO:lla.

LÄHTEET

Calixto, E. 2016. Gas and Oil Reliability Engineering. Houston: Gulf Professional Publishing. Viitattu 27.9.2019. <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/active-redundancy>

Delft University of Technology. Microelectronics Reliability course. 2007. Viitattu 5.9.2019. <http://biodevices.et.tudelft.nl/ReliabilityEngineering/Redundancy/Theory/>

Olkidoc ohje 102098 Ennakkohuoltopaketit tehoajon aikana 2018. TVO. Eurajoki.

Olkidoc ohje 103507 Ennakkohuollon yleisohje. 2016. TVO. Eurajoki.

Olkidoc ohje 109169. OL1/OL2 Dieselgeneraattorit – Lopullinen Turvallisuusseloste. 2016. TVO. Eurajoki.

Olkidoc ohje 113144 Työtilausjärjestelmän käyttöohje. 2019. TVO. Eurajoki

Olkidoc ohje 114208 Systemaattisen kunnossapitosuunnittelun periaatteet 2019. TVO. Eurajoki.

Säteilyturvakeskuksen www-sivut. 2019. Viitattu 6.8.2019. stuk.fi

Teollisuuden Voima Oy 2015. Teollisuuden Voima Oyj:n kuvapankki. <https://kuvapankki.tvo.fi>

Teollisuuden Voima Oyj:n koulutusaineisto. Dieselgeneraattorijärjestelmät. 2019. TVO. Eurajoki.

Teollisuuden Voima Oyj:n koulutusaineisto. OL1 ja OL2 laitostuntemuksen perusteet. 2018. TVO. Eurajoki.

Teollisuuden Voima Oyj:n koulutusaineisto. OL1 OL2 TTKEn sisältö yleisesti. 2019. TVO. Eurajoki.

Teollisuuden Voima Oyj:n opetusmateriaali. Sähkökurssi sähköjärjestelmistä yleistä. 2019. TVO. Eurajoki.

Teollisuuden Voima Oyj:n www-sivut. 2019. Viitattu 6.8.2019. <https://www.tvo.fi>

YVL A.6 Ydinvoimalaitoksen käyttötoiminta. Viitattu 8.8.2019 <https://www.stuklex.fi/fi/ohje/YVLA-6#a2>

YVL E.7 Ydinlaitoksen sähkö- ja automaatiolaitteet. Viitattu 8.8.2019 <https://www.stuklex.fi/fi/ohje/YVLE-7>

YVL E.10, Ydinlaitoksen varavoimalähteet. Viitattu 5.8.2019. <https://www.stuklex.fi/fi/ohje/YVLE-10#a3>

	Pvm	Klo	Kuittaus
Turvatoimet valmisteltu	:	_____	_____ / _____
Voimassaolo alkaa Työlupa vastaanotettu	:	_____	_____ / _____
Voimassaolo päättyy	:	_____	_____ / _____
Työ suoritettu	:	_____	_____ / _____
Turvatoimet palautettu	:	_____	_____ / _____