

Niko Jalonen

Olkiluodon ydinvoimalaitoksien vuosihuolloissa vaihdettavien laitteiden kuljetus- ja varastointisuunnitelma

Logistiikan koulutusohjelma  
2014

## Olkiluodon ydinvoimalaitoksien vuosihuolloissa vaihdettavien laitteiden kuljetus- ja varastointisuunnitelma

Jalonen, Niko  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Logistiikan koulutusohjelma  
Marraskuu 2014  
Ohjaaja: Karinen, Jarmo  
Sivumäärä: 62  
Liitteitä: 2

Asiasanat: varastointi, kuljetus, suunnittelu, aikataulut, ydinvoimalaitos

---

Työn aiheena oli suunnitella vuosihuoltojen R116, R217 ja R118 aikana OL 1:lle ja OL 2:lle vaihdettaville laitteille kuljetus- ja varastointisuunnitelma. Laitteiden varastoinnissa tuli huomioida niiden tilantarve ja mahdolliset varastointipaikat. Lisäksi piirrettiin varastointisuunnitelmista layout kuvat. Kuljetuksista selvitettiin kuljetukseen käytettävän kaluston, kuljetusreitit, sekä nosto- ja käsittelylaitteet.

Työ tehtiin, koska kyseisten vuosihuoltojen aikana vaihdettavien laitteiden kuljetusten ja varastoinnin suunnittelulle on tavanomaista suurempi tarve, koska laitteet vaativat suuria varastointitiloja ja raskasta kuljetuskalustoa.

Työssä toimittiin monen eri jaoksen rajapinnassa, koska jokaisen laitteen vaihto on oma projektinsa. Laitteiden tietoja piti hankkia eri projektipäälliköiltä, sekä muilta henkilöiltä. Varastojen suunnittelussa käytettiin AutoCAD- ohjelmistoa, jolla piirrettiin varastointivaihtoehtojen layout kuvat.

Työn tuloksena saatiin suunnitelma, josta selviää vaihtoehtoja miten ja minne laitteet voitaisiin varastoida, sekä millä tavalla niitä voidaan kuljettaa. Työssä on myös hahmoteltu mahdollista aikataulua, missä järjestyksessä mikäkin laitteen vaihto voisi tapahtua.

Työn jälkeen tulisi selvittää vielä poistuvien laitteiden jatkokäsittely ja niiden hävitys tai myynti, jota voidaan alkaa miettiä vasta kun laitteiden säteilytasot ovat tiedossa.

Olkiluoto nuclear power plants the annual maintenances replacing devices transport-  
ing- and warehousing plan

Jalonen, Niko

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Logistics

November 2014

Supervisor: Karinen, Jarmo

Number of pages:

Appendices:

Keywords: warehousing, transport, planning, timetables, nuclear power plant

---

Subject of this thesis was to design the annual maintenance's R116, R217 and R118 in OL1 and OL 2 replacing devices transport and storage plan. In warehousing of devices needed to pay attention to space requirements of the devices and potential storage sites. In addition, drawn plans for the storage layout images. From transporting was figured out the transport equipments, transport routes, as well as lifting and handling equipments.

Thesis was made because the annual maintenance outages replacement devices transport and storage has a greater need to be planned than usually, because the devices require large storage spaces and heavy transport equipment.

I need to work with many different sections, because each device has its own replacing project. Information about devices had to find from a different project managers, as well as other persons. In the storages designing, was used AutoCAD software to drawn storage options layout images.

The result of the thesis was a plan, which is showing the options for how and where devices could be stored, as well as the manner in which way they can be transported. In work I also outlining possible schedule that tells in which order the devices must be replaced that it could happen.

After work, should be investigated removed devices for further processing and dis-

posal or selling, which can begin to think about when the devices radiation levels are known.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
1.1	Tehtävän kuvaus .....	7
1.2	Teollisuuden Voima Oyj.....	7
1.3	Olkiluodon ydinvoimalaitokset.....	9
1.3.1	OL 1 ja OL 2 .....	9
1.3.2	OL 3.....	9
2	VAIHDETTAVAT LAITTEET JA AIKATAULUT .....	10
2.1	Lauhdutin .....	11
2.2	Pääkiertopumput .....	11
2.3	Korkeapaine-esilämmittimet ja -jälkijäähdyttimet .....	12
2.4	Ejektorit .....	13
2.5	Taprogge- järjestelmän siivilät .....	13
2.6	Taajuusmuuttajat ja niiden läpivientiyksiköt.....	14
2.7	Kokonaisaikataulu .....	15
3	LAITTEIDEN VARASTOINTI.....	16
3.1	Uusien laitteiden tilantarpeen ja varastointivaatimusten määrittäminen .....	16
3.1.1	Lauhdutin .....	17
3.1.2	Pääkiertopumput.....	18
3.1.3	Korkeapaine- esilämmittimet ja -jälkijäähdyttimet.....	18
3.1.4	Ejektorit.....	18
3.1.5	Taprogge-järjestelmän siivilät.....	19
3.1.6	Taajuusmuuttajat ja niiden läpivienti yksiköt .....	19
3.2	Uusien laitteiden varastoinnin layout suunnittelu.....	20
3.2.1	Vuosihuolto 2016 .....	21
3.2.2	Vuosihuolto 2017 .....	22
3.2.3	Vuosihuolto 2018 .....	24
3.3	Poistuvien laitteiden tilantarpeen ja varastointivaatimusten määrittäminen.....	26
3.3.1	Lauhdutin .....	26
3.3.2	Pääkiertopumput.....	27
3.3.3	Korkeapaine- esilämmittimet ja -jälkijäähdyttimet.....	28
3.3.4	Ejektorit.....	28
3.3.5	Taprogge-järjestelmä siivilät.....	29
3.3.6	Taajuusmuuttajat ja niiden läpivientiyksiköt .....	29
3.4	Poistuvien laitteiden varastoinnin layoutsuunnittelu .....	30
3.4.1	Vuosihuolto 2016 .....	30
3.4.2	Vuosihuolto 2017 .....	32

3.4.3 Vuosihuolto 2018 .....	34
3.4.4 Säteilysuojelu ja muut erikoisjärjestelyt .....	36
4 KULJETUSKALUSTON SUUNNITTELU .....	38
4.1 Kaluston teoriaa .....	38
4.2 Erikoiskuljetukset .....	39
4.3 Kaluston saatavuus .....	40
4.4 Kaluston tarpeen aikataulutus .....	41
4.4.1 Vuosihuollot 2016 .....	41
4.4.2 Vuosihuollot 2017 .....	42
4.4.3 Vuosihuollot 2018 .....	45
4.5 Kuljetusreittien suunnittelu .....	46
4.6 Nostojen suunnittelu .....	48
5 YHTEENVETO .....	49
LÄHTEET .....	52
LIITTEET	

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tehtävän kuvaus

Tehtävänä on selvittää ja suunnitella Olkiluodon ydinvoimalaitosten vuosihuoltojen R116, R217 ja R118 aikana vaihdettavien raskaimpien laitteiden tarvitsemat varastointitilat, joita suunnitellessa ja kartoittaessa tulee ottaa huomioon varastojen layout, eli kuinka laitteet varastoidaan varastoon ja selvittää mihin varastoon ne mahtuvat. On myös selvitettävä varastoinnin aikataulut eli koska laitteet tulevat varastoitaviksi ja kuinka kauan niitä tulee varastoida. Laitteet on myös varastoitava niin, että tarvittava laite saadaan oikeaan aikaan ulos varastosta.

Työssä tulee selvittää myös näiden laitteiden kuljetukseen vaadittavat ajoneuvot, nostot ja kuljetusreitit. Näitä suunniteltaessa tulee ottaa huomioon se, että pystytäänkö käyttämään TVO:n omaa kalustoa vai täytyykö kalustoa vuokrata.

Oleellista on myös suunnitella eri projektien tarvitseman varastointitilan ja kaluston keskinäinen koordinaatio eli aikataulutettava kuljetukset ja varastoinnit niin etteivät ne haittaa toisiaan. Lisäksi tulee huolehtia myös laitokselta poistuvien laitteiden kuljetuksista, varastoinnista, laitteiden säteilysuojelusta ja muista erikoisjärjestelyistä.

## 1.2 Teollisuuden Voima Oyj

Teollisuuden Voima Oyj (TVO) on suomalainen ydinvoimayhtiö, joka on tuottanut turvallisesti ja luotettavasti kohtuuhintaista sähköenergiaa suomalaisille jo yli 35 vuotta. Olkiluodon molempien käyvien ydinvoimalaitosten (OL 1 ja OL 2) nykyinen nettotuotantoteho on 880 MW ja yhdessä ne tuottavat kuudesosan kaikesta Suomessa käytettävästä sähköstä. TVO on listaamaton julkinen osakeyhtiö, joka tuottaa sähköä omistajilleen omakustannusperiaatteella.

Yhtiön ydinvoimalaitosyksiköt, OL1 ja OL2, sijaitsevat Eurajoen Olkiluodossa, jossa tulee sijaitsemaan myös rakenteilla oleva uusi laitosyksikkö Olkiluoto 3 (OL3). Lisäksi TVO on osakkaana Meri-Porin hiilivoimalaitoksessa, sekä omistaa 60 % Posiva Oy:stä, joka on TVO:n ja Fortumin omistama yhteisyritys.

Olkiluodon ydinvoimaloilla on tuotettu ilmastoystävällistä sähköä yli 35 vuoden aikana yhteensä yli 400 miljardia kilowattituntia. Olkiluodon ydinsähkön avulla voidaan Suomessa vuosittain välttää noin 12 miljoonan tonnin hiilidioksidipäästöt verrattuna siihen, että sama sähkömäärä tuotettaisiin kivihieillä. Määrä vastaa Suomen liikenteen vuosittaisia hiilidioksidipäästöjä. (Teollisuuden Voiman www-sivut 2014.)

TVO:n omistajia ovat seuraavat energiayhtiöt:

	A-sarja (OL1+OL2)	B-sarja (OL3)	C-sarja (Meri-Pori)	Yhteensä
EPV Energia Oy	6,5	6,6	6,5	6,5
Fortum Power and Heat Oy	26,6	25,0	26,6	25,8
Karhu Voima Oy	0,1	0,1	0,1	0,1
Kemira Oyj	1,9	-	1,9	1,0
Oy Mankala Ab	8,1	8,1	8,1	8,1
Pohjolan Voima Oy	56,8	60,2	56,8	58,5
	100	100	100	100

Kuva 1. Teollisuuden Voiman omistajat ja osuudet (Teollisuuden Voiman www-sivut 2014)



## 1.3 Olkiluodon ydinvoimalaitokset

### 1.3.1 OL 1 ja OL 2

OL 1 ja OL 2 ovat molemmat kiehumisvesireaktorilaitoksia (BWR, Boiling Water Reactor). Niiden paineastiassa kierrätetään vettä reaktorisydämessä olevien polttoainepöjien läpi, jolloin vesi kuumenee ja höyrysty. Tästä syntyvä kylläinen höyry johdetaan paineastiassa olevien höyrynerottimen ja höyrynkuiivaimen kautta höyrylinjoihin ja niitä pitkin korkeapaineturbiinille, sieltä välitulistimille ja lopuksi matalapaineturbiineille. Turbiinit pyörittävät akselia, joka on kytketty generaattoriin, joka tuottaa sähköä valtakunnan kantaverkkoon. (Teollisuuden Voiman www-sivut 2014.)



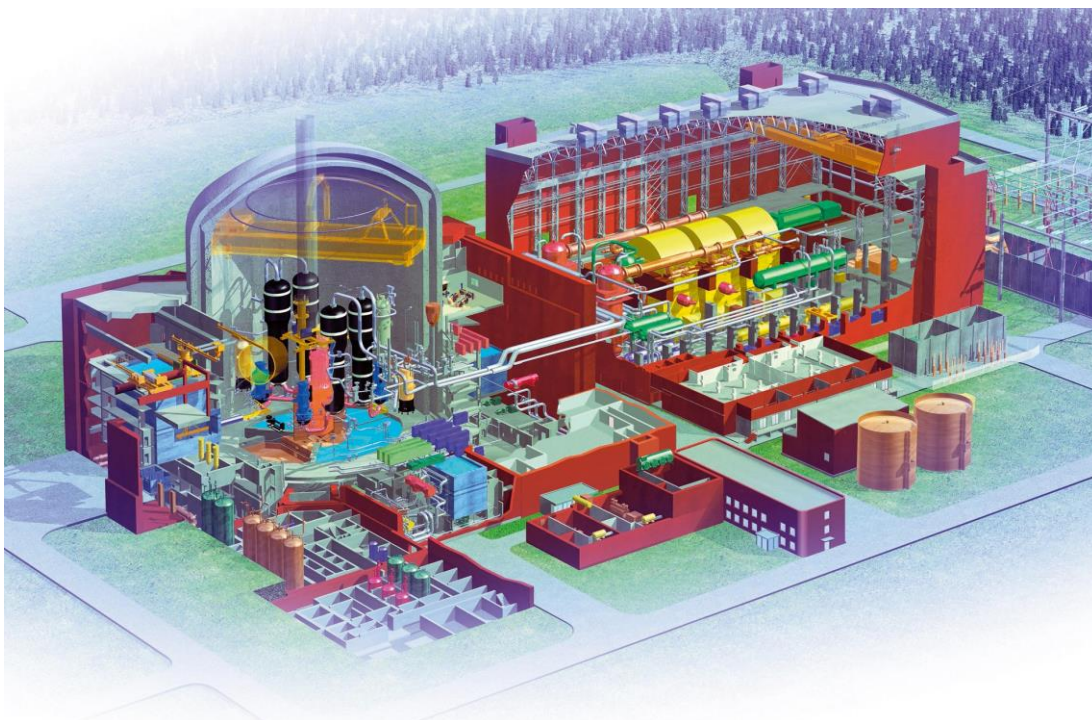
Kuva 2. OL 1 ja OL 2 laitosten läpileikkaus (Teollisuuden Voiman www-sivut 2014)

### 1.3.2 OL 3

Olkiluoto 3 (OL3) tulee olemaan uuden sukupolven voimalaitosyksikkö, jossa on viimeisimpään tekniikkaan perustuvaa modernia teknologiaa ja edistyksellisiä uusia turvallisuusominaisuuksia. Valmistuttuaan yksikkö tulee olemaan käyttötoiminnal-

taan, turvallisuudeltaan ja luotettavuudeltaan maailman huippuluokkaa. Sen nettosähköteho tulee olemaan noin 1600 MW.

OL 3 on painevesireaktorilaitos (PWR, Pressurized Water Reactor), jossa reaktorissa oleva polttoaine kuumentaa vettä, joka kiertää primääripiirissä. Primääripiirissä pidetään yllä niin korkea paine, että vesi ei kiehu. Tämä kuuma paineistettu vesi höyrystää sekundääripiirin vettä primääripiirin höyrystimissä, joista kylläinen höyry johdetaan ensin korkeapaineturbiinille ja sieltä välitulistimien kautta matalapaineturbiineille. Turbiinit pyörittävät akselia, joka on kytketty generaattoriin, joka tuottaa sähköä. (Teollisuuden Voiman www-sivut 2014.)



Kuva 3. OL 3 läpileikkaus (Teollisuuden Voiman www-sivut 2014)

## 2 VAIHDETTAVAT LAITTEET JA AIKATAULUT

Vaihdeettavat laitteet on esitelty yksitellen, kerrottu niiden tehtävistä, sekä havainnollistettu kuvalla. Lisäksi on kerrottu kunkin laitteen vaihtoaikataulu, sekä lopuksi esitetty laitteiden vaihdon kokonaisaikataulu.

## 2.1 Lauhdutin

Lauhduttimen tehtävänä on lauhduttaa matalapaineturpiinien poistohöyry ja mahdollinen turbiinin ohitushöyry takaisin vedeksi. Lauhduttimessa poistetaan myös lauhdeen sisältämät lauhtumattomat kaasut. (TVO:n Tiiminet 2009.)

Lauhdutin on putkilämmönvaihdin, jonka putket on valmistettu titaanista. Lauhdutin jäähdytetään merivedellä, siten että kylmä merivesi virtaa putkissa lauhduttaen niiden ympärillä olevan höyryn vedeksi. (Salonen 1992, 48- 50)

Lauhduttimet siirretään paikalleen kokonaisina putkinippuina, joita on 8 kappaletta laitosta kohti. Näiden asennuksen hoitaa laitevalmistaja. Töiden aikataulu on seuraava: ensin vaihdetaan OL 2:n lauhdutinputkistot vuonna 2017 ja sitten OL 1:n vuonna 2018. (TVO:n Tiiminet 2014.)

## 2.2 Pääkiertopumput

Pääkiertopumppuja on 6 kappaletta laitosta kohti. Ne ovat pystymallisia, aksiaalisia, keskipakopumppuja ja saavat jokainen syöttönsä omasta taajuusmuuttajastaan. Pääkiertopumppujen tehtävä on pumpata vettä reaktorisydämen läpi, jolloin vesi lämpee, höyrystyy ja jatkaa matkaansa prosessiin. (TVO:n Tiiminet 2009.)

Uudet pääkiertopumput toimittaa Westinghouse ja valmistaa KSB. Pumppujen vaihtoaikataulu on seuraava: vuonna 2016 OL 1:lle vaihdetaan 1 pumppu, 2017 OL 2:lle vaihdetaan kaikki 6 pumppua ja 2018 OL 1:lle vaihdetaan loput 5 pumppua. Pumppujen asennuksesta vastaa toimittaja. (TVO:n Tiiminet 2014.)



Kuva 4. Pääkiertopumppu (Talonpoika, TVO:n Tiiminet 2014)

### 2.3 Korkeapaine-esilämmittimet ja -jälkijäähdyttimet

Korkeapaine-esilämmittimet ovat pystymallisia U-putkilämmönvaihtimia, joissa syöttövesi kulkee tuubien läpi ja lämpenee. Ne saavat lämmityshöyrynsä korkeapaineturpiinin väliotosta ja niiden tehtävä on lämmittää syöttövettä ennen kuin se jatkaa matkaansa reaktoriin. (TVO:n Tiiminet 2007.) Korkeapaine-esilämmittimiä on 4 kappaletta laitosta kohti.

Korkeapainejälkijäähdyttimet ovat makaavia U-putkilämmönvaihtimia ja niiden tehtävänä on jäähdyttää korkeapaine-esilämmittimiltä tuleva sivulauhde. (TVO:n Tiiminet 2007) korkeapainejälkijäähdyttimiä on 2 kappaletta laitosta kohti.

Uudet laitteet asennetaan laitoksille vuosien 2017 ja 2018 vuosihuolloissa, yhdelle laitokselle kerrallaan. (TVO:n Tiiminet 2014) Laitteet asennetaan ensin OL 2:lle vuoden 2017 vuosihuollossa ja OL 1:lle vuoden 2018 vuosihuollossa.

## 2.4 Ejektorit

Kummallakin laitoksella on kaksi kappaletta ejektoreja, joiden tehtävänä on imeä lauhduttimesta ilmaa ja lauhtumattomia kaasuja, kuten jalokaasuja, happea ja vetyä, jotta nämä eivät aiheuta räjähdysvaaraa. Tämän lisäksi ne pitävät lauhduttimessa yllä tyhjää, jotta sen toiminta olisi mahdollisimman tehokasta. (TVO:n Tiiminet 2009.)

Uusia ejektoreita tulee olemaan kaksi molemmilla laitoksilla. Uusien ejektorien tehtävä on sama kuin poistuvienkin. Uusien ejektorien vuoksi pystytään saamaan suurempi teho, niin kylmän-, kuin lämpimänkin jäähdytysveden aikana.

(TI-CON\_BD\_Appendix-02\_Technical\_Specification\_03 2014, 13- 17.)

Ejektorien vaihtoaikataulut ovat samat kuin lauhduttimillakin eli ensin vuonna 2017 OL 2:lle ja vuonna 2018 OL 1:lle. (TVO:n Tiiminet 2014)

## 2.5 Taprogge- järjestelmän siivilät

Taprogge- järjestelmän tehtävänä on puhdistaa lauhduttimen tuubit meriveden tuomista epäpuhtauksista, sekä auttaa korroosiosuojakalvon syntymistä tuubien pinnalle. Järjestelmässä on kummallakin laitoksella 4 laitteistoa, jotka kierrättävät kumikuulia lauhduttimen tuubien läpi tietyin väliajoin, puhdistuen putkistot. Nämä laitteistot koostuvat lajittelusäiliöistä, kierrätyspumpuista, kuulien sisäänmeno- ja paluuputkista, poistupuolen siivilöistä, sekä näkölaseista. (TVO:n Tiiminet 2009.) Taprogge-järjestelmästä tullaan uusimaan vain poistupuolen siivilät ensin vuonna 2017 OL 2:lle ja sen jälkeen vuonna 2018 OL 1:lle.

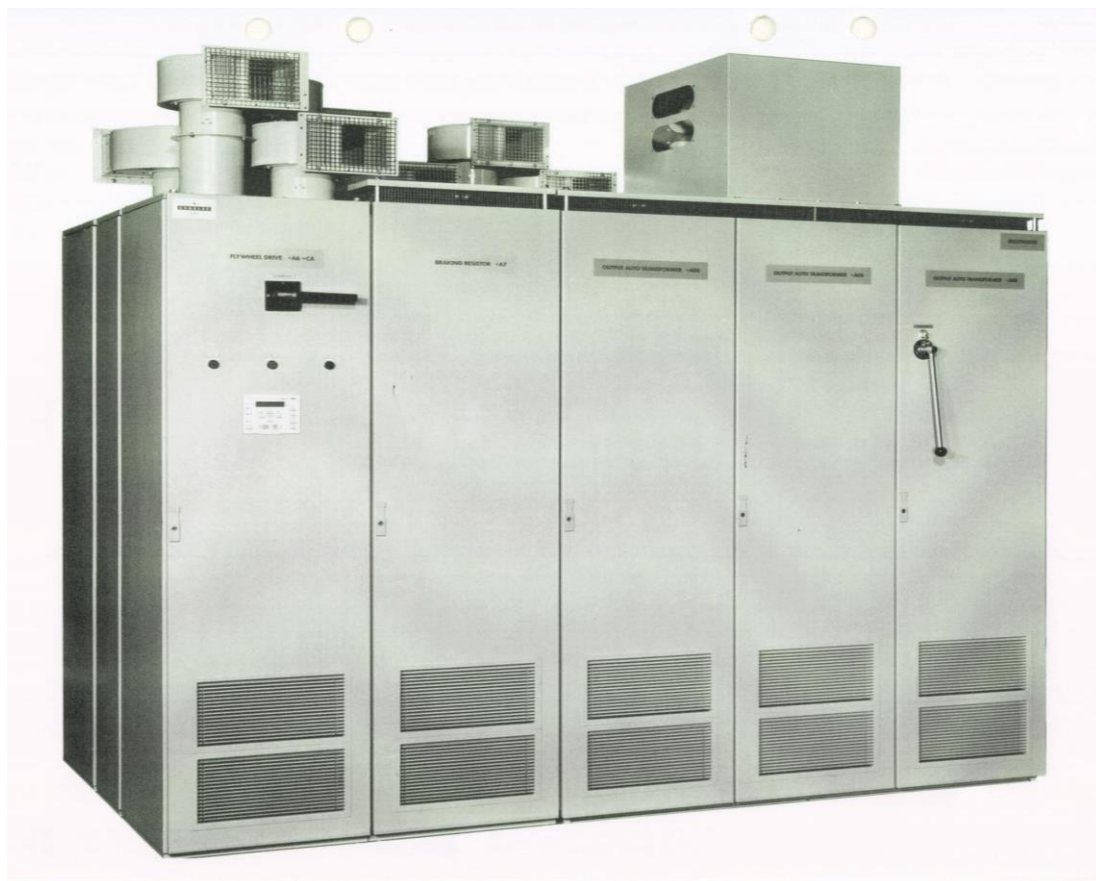


Kuva 5. Taprogge-laitteisto (Talonpoika sähköposti 06.02.2015)

## 2.6 Taajuusmuuttajat ja niiden läpivientyksiköt

Taajuusmuuttajia on OL 1 ja OL 2 laitoksella 6 kappaletta. Ne pyörittävät jokainen omaa pääkiertopumppuaan ja niiden avulla voidaan säätää laitoksen tehoa. Taajuusmuuttajat koostuvat kolmesta osasta: syöttömuuntaja, jännitteensyötön liitântä, sekä tasasuuntaajat. (TVO:n Tiiminet 2014.)





Kuva 6. Taajuusmuuttaja (Hassinen, TVO:n Tiiminet 2014)

Taajuusmuuttajat vaihdetaan laitoksille samalla aikataululla, kuin pääkiertopumputkin. Eli ensin yksi taajuusmuuttaja OL 1:lle vuonna 2016, kaikki 6 kappaletta OL 2:lle vuonna 2017 ja loput 5 OL 1:lle vuonna 2018.

## 2.7 Kokonaisaikataulu

Taulukko 1. Laitteiden vaihdon aikataulu

	OL 1	OL 2
2016	1 pääkiertopumppu, 1 taajuusmuuttaja	
2017		Lauhdutin, pääkiertopumput (6), ejektorit, taprogge-järjestelmän siivilät, taajuusmuuttajat (6), KP-esilämmittimet ja -jäikijäähdyttimet

2018	Lauhdutin, 5 pääkiertopumppua, ejektorit, taprogge-järjestelmän siivilät, Taajuusmuuttajat (5), KP-esilämmittimet ja -jälkijäähdyttimet	
------	---	--

### 3 LAITTEIDEN VARASTOINTI

#### 3.1 Uusien laitteiden tilantarpeen ja varastointivaatimusten määrittäminen

Uusien laitteiden mittatiedot ja varastointivaatimukset on selvitetty kyseisten muutosprojektien vetäjiltä tai heidän osoittamiltaan henkilöiltä. Saadut tiedot on lajiteltu laitteittain ja eritelty, mikäli laitteet toimitetaan useampana moduulina. Laitteet varastoidaan, joko ulkovarastoihin tai sisävarastoihin, riippuen niiden varastointivaatimuksista.

Ulkovarastoinnilla tarkoitetaan nimensä mukaisesti, että laite varastoidaan ulos, kentälle tai katosten alle. Tavarat voidaan varastoida ulos, mikäli ne kestävät kosteutta, sekä matalia lämpötiloja. Ulkovarastointi on kannattavaa, sillä varastojen rakenteisiin ei tarvitse sijoittaa paljoa rahaa, eikä varastointiolosuhteiden ylläpitoon kulu energiaa. Tästä syystä kaikki laitteet, jotka voidaan varastoida ulkovarastointi alueille, tulisi varastoida sinne, sillä se on kustannustehokkain vaihtoehto. (Karhunen, Pouri & Santala 2008, 320.)

Sisävarastoilla tarkoitetaan tässä tapauksessa varastotiloja, jotka ovat sisätiloissa ja joissa on lämmintä. Lämpötila pidetään näissä 12 ja 16 asteen välillä, jolloin kosteus tai kylmyys ei aiheuta varastoitaville laitteille vaurioita. Näihin varastoihin tulisi varastoida myös ne laitteet, joiden parissa on työskenneltävä. Tämä siksi että työolosuhteet ovat huomattavasti paremmat kuin ulkovarastoissa. (Karhunen, Pouri & Santala 2008, 325.)

Laitteiden varastointi- ja kuljetusmäärityksissä käytettävät paino-, koko- ja kuljetusluokat on suunniteltu niin, että ne jaottelevat laitteet sellaisiksi ryhmiksi, joiden käsittely ja siirtely onnistuvat samalla nosto- ja kuljetuskalustolla. Laitteiden luokkatiedot



on esitetty liitteestä 1 ja ne on luotu, koska laitteiden tarkat mittatiedot eivät ole julkista tietoa.

Laitteiden lisäksi varastoidaan vielä osia, joilla on erityistarpeita varastoinnin suhteen:

- Osat, jotka on säilytettävä typpitäyteenä.
- Ruostumisherkät osat, jotka on suojattava fyysisesti vedeltä ja kosteudelta.
- Ruostumisherkät osat, jotka on suojattava, sekä fysikaalisesti, että kemiallisesti kosteutta ja vettä vastaan.
- Erittäin herkäät mittalaitteet, joiden suojauksessa oltava todella tarkkoja ja noudatettava valmistajan erityisohjeita.
- Osat, jotka on suojattava suurilta lämmöiltä.
- Vaaralliset aineet

### 3.1.1 Lauhdutin

Lauhduttimen moduuleja on kaiken kaikkiaan 8 kappaletta lauhdutinta kohti. Lauhduttimen moduulit kuuluvat painoluokkaan 2 ja kokoluokkaan 3 (Liite 1.)

Lauhduttimen osat tulee varastoida, niin että lämpötila pysyy koko varastoinnin ajan yli + 5 °C:n, myöskään suhteellinen kosteus ei saa nousta varastossa yli 60 %:n.

(TI-CON\_Mitat\_ja\_painot 2014, 1.)

Näiden ehtojen täytyessä lauhduttimen osat voidaan varastoida kuitenkin ulkona, mutta ne on siis suojattava asianmukaisesti vedeltä ja kosteudelta. Ne on myös varastoitava aidatulle alueelle, jonne vesi ei pääse tulvimaan.

Lisäksi on tarkastettava, että pakkaukset ovat oikeanlaiset. Ne on valmistettu lämpöä kestävästä materiaalista, tyhjää tilaa ei ole täytetty syttyvällä materiaalilla, pakkaukset on sinetöity, niissä on ulkopuolelta luettava kosteusmittari, sekä kaikki tarpeelliset merkinnät ja dokumentit, suojattuna kosteudelta. Näiden varastointiaika on maksimissaan 3 kuukautta. (Talonpoika sähköposti 3.12.2014.)

### 3.1.2 Pääkiertopumput

Pääkiertopumppuja on 6 kappaletta molemmilla laitoksilla. Ne toimitetaan kahdessa osassa, joista molemmat ovat sekä koko- että painoluokaltaan luokkaa 1 (Liite 1.). Laitteet ovat myös lähes samanlaisia kuin poistuvat laitteetkin. Ainoana erona on, että ne ovat vain hieman pidempiä ja painavia. (Westerholm sähköposti 20.11.2014.)

### 3.1.3 Korkeapaine- esilämmittimet ja -jälkijäähdyttimet

Korkeapaine-esilämmittimiä on 4 kappaletta laitosta kohti ja ne ovat sekä painoluokaltaan että kokoluokaltaan luokkaa 3 (Liite 1.). Korkeapainejälkijäähdyttimiä on 2 kappaletta laitosta kohti ja ne ovat painoluokaltaan luokkaa 2 ja kokoluokaltaan luokkaa 3 (Liite 1.). (Hakala sähköposti 12.11.2014.)

Varastointivaatimuksena niin korkeapaine-esilämmittimille kuin jälkijäähdyttimillekin on, että ne voidaan säilyttää ulkona teltassa, mutta laitteiden on oltava typpitäyteinä sekä suojattuna vedeltä ja turhalta kosteudelta.

### 3.1.4 Ejektorit

Uusia ejektoreita tulee 2 kappaletta molemmille laitoksille. Suurempi ejektorit kuuluu kokoluokkaan 2 ja oletettavasti painoluokkaan 1. (Liite 1.) Toinen kuuluu kokoluokkaan 1 ja oletettavasti painoluokkaan 1. Painoluokat ovat oletuksia, koska ejektorien tiedot eivät ehdi tarkentua ennen työn valmistumista. Vertailukohteena on käytetty vanhoja ejektoreja, jotka ovat painoluokaltaan luokkaa 1.

Ejektorit voidaan varastoida korkeapaine-esilämmittimien tapaan ulkona, typpitäyteinä, kunhan ne on suojattu asianmukaisesti kosteudelta.

### 3.1.5 Taprogge-järjestelmän siivilät

Taprogge-järjestelmän siivilöitä on 8 kappaletta molemmilla laitoksilla. Uudet taprogge-järjestelmän siivilät ovat oletettavasti koko- ja painoluokaltaan luokkaa 1. (Liite 1.) Luokat ovat oletuksia, koska siivilöiden mittatiedot eivät ehdi tarkentua ennen työn valmistumista. Vertailukohteena on käytetty vanhan järjestelmän mittatietoja, jotka nekään eivät ole täysin tarkat.

### 3.1.6 Taajuusmuuttajat ja niiden läpivienti yksiköt

Taajuusmuuttajia on 6 kappaletta laitosta kohti. Ne ovat paino- ja kokoluokaltaan luokkaa 1 (Liite 1.). (Puonti sähköposti 12.11.2014)

Varastoinnin aikana lämpötilan on pysyttävä  $-40$  ja  $+70$  °C:n välillä, ilmanpaine on oltava välillä 70 –106 kPa ja kosteuden on pysyttävä alle 95 %:n. Laitteet voidaan varastoida ulkovarastoon, kunhan se suojataan, niin ettei se pääse ruostumaan. (Puonti sähköposti 12.11.2014)

Taajuusmuuttajat toimitetaan asennusvuotenaan, eli vuonna 2016 toimitetaan yksi taajuusmuuttaja, vuonna 2017 6 taajuusmuuttajaa ja vuonna 2018 5 taajuusmuuttajaa. Näitä täytyy varastoida noin kuukauden verran ennen niiden asentamisen aloittamista. (Puonti sähköposti 13.1.2015.)

Lisäksi jokaiseen muuttajaan kuuluu läpivientiyksiköitä, jotka ovat, sekä paino-, että kokoluokaltaan luokkaa 1 (Liite 1.). Näiden varastointivaatimuksena ovat, että yksiköt on varastoitava varastoon, jossa lämpötila pysyy välillä  $-28$  °C –  $+65,5$  °C, lisäksi ne täytyy varastoida niin, etteivät ne ole suorassa kosketuksessa ympäristön kanssa. Näitä yksiköitä tulee siis kaikkiaan 12 kappaletta, joista 6 OL 1:lle ja 6 OL 2:lle. (Suomela sähköposti 13.11.2014.)

Lisäksi tulee vielä 5 voimakaapelirullaa, joiden kokoluokat ovat luokkaa 1 ja painoluokat luokkaa 2 (Liite 1.). Rullat voidaan varastoida ulkovarastoon, kunhan ne on suojattu kosteudelta. (Suomela sähköposti 13.11.2014.)

### 3.2 Uusien laitteiden varastoinnin layout suunnittelu

Laitteiden tilantarve eri vuosihuolloissa vaihtelee suuresti. Ne vievät kuitenkin paljon varastointitilaa vuosina 2017 ja 2018. Tämän vuoksi otetaankin käyttöön varastointitilaa myös TVO:n alueen ulkopuolelta, jolloin ei tarvitse alkaa järjestellä varastossa jo olevia tavaroita eikä miettimään, koska niitä tarvittaisiin.

Tämä TVO:n alueen ulkopuolella sijaitseva varasto, voidaan jakaa erikokoisiin osiin, tilantarpeesta riippuen. Piirroksissa onkin käytetty tätä hyödyksi ja varattu tilaa laitteille vain sen verran kuin ne tarvitsevat.

Vuoden 2016 vuosihuolloissa uudet laitteet tarvitsevat tilaa vain noin 10 m<sup>2</sup>:ä, vuoden 2017 vuosihuolloissa hieman vaille 350 m<sup>2</sup>:ä ja vuoden 2018 vuosihuolloissa myös melkein 350 m<sup>2</sup>:ä. Tarkat mittatiedot löytyvät liitteestä 3.(ei julkinen)

Huomioitavaa on, että nämä varastointimäärät ovat vain osa kaikesta tavarasta, joka on varastoitava vuosihuoltojen aikana.

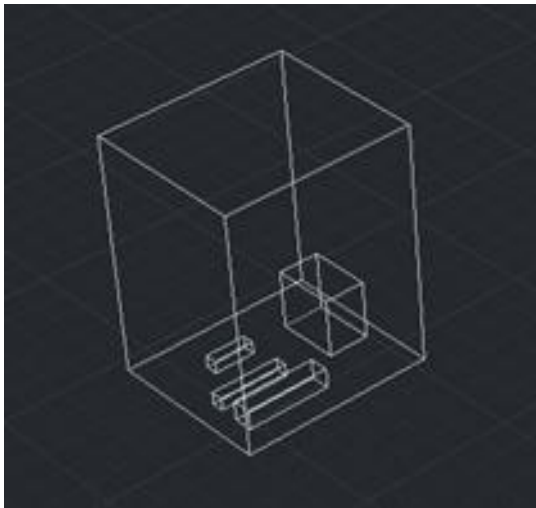
Varastojen layout-suunnittelussa on käytetty AutoCAD-ohjelmaa, jotta kuvat on saatu vastaamaan todellisia mittoja ja ulottuvuuksia. Varastoinnista on esitetty muutama vaihtoehto jokaista vuosihuoltoa kohti ja perusteltu, miksi joku valikoitui parempana kuin muut.

Parhaasta vaihtoehdosta on esitetty myös pohjakuva, joka selkeyttää laitteiden sijoittelua. Pohjakuvissa on numeroitu laitteet seuraavasti:

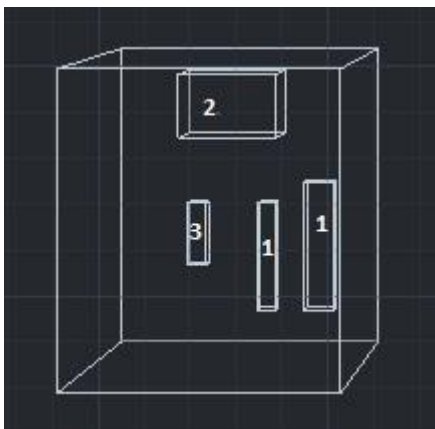
1. Pääkiertopumput
2. Taajuusmuuttajat
3. Taajuusmuuttajien läpivientiyksiköt
4. Lauhdutin moduulit
5. Ejektorit
6. Taprogge-järjestelmän siivilät
7. Korkeapaine-esilämmittimet
8. Korkeapaine-jälkijäähdyttimet

### 3.2.1 Vuosihuolto 2016

Vuoden 2016 vuosihuolloissa vaihdettavat laitteet vaativat siis vain noin 10 m<sup>2</sup> tilaa. (Liite 3.) Koska varastoitavaa tavaraa ei ole tämän enempää voidaan todeta ilman vaihtoehtojakin, että laitteet voidaan varastoida TVO:n alueen sisäpuolella olevaan varastoon. (Kuva 7.) Varastoksi sopii mikä tahansa varastointitila, mikä on katettu, myös ulkovarasto.



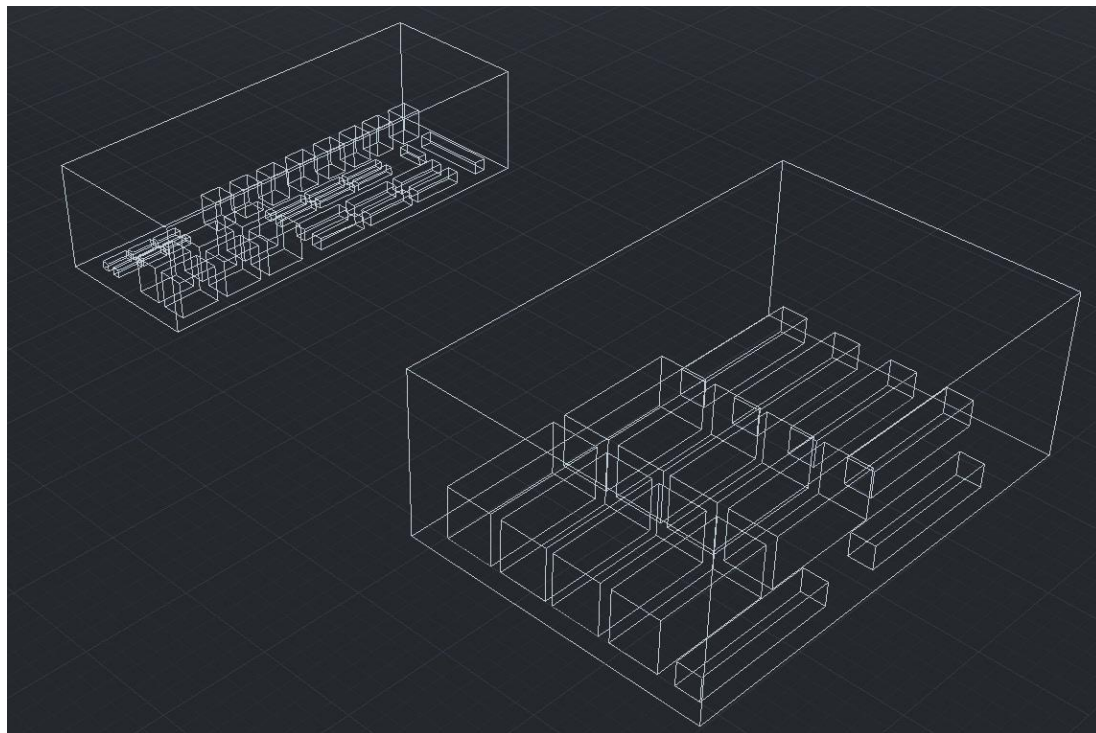
Kuva 7. Uusien laitteiden varastoinnin layout suunnitelma 2016



Kuva 8. Uusien laitteiden sijoittelun pohjakuva 2016

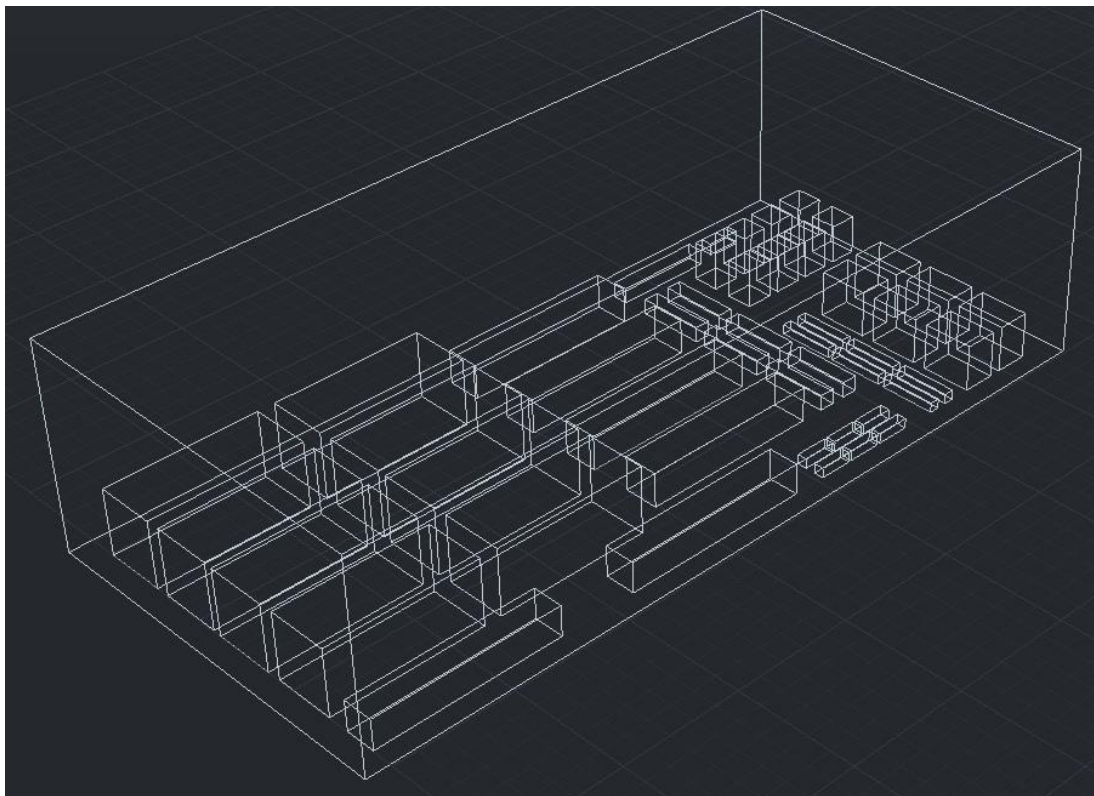
### 3.2.2 Vuosihuolto 2017

Vuoden 2017 vuosihuolloissa uudet laitteet tarvitsevat varastointitilaa noin 350 m<sup>2</sup> (Liite 3.) Ensimmäisessä vaihtoehdossa (Kuva 9.) on varastoitu pienempään varastoon laitteet, jotka eivät vaadi nosturia käsittelyynsä ja suurempaan varastoon kaikki ne laitteet, joiden siirtelyyn tarvitaan nosturia. Suurempi varasto on tässä tapauksessa TVO:n ulkopuolella sijaitseva varasto, jossa on 70 tonnin siltanosturi. Pienempänä varastona on kuvassa käytetty logistiikkakeskuksen ulko-varastointi tiloja, mutta vaihtoehdoksi käy, mikä tahansa muukin varasto, joka on katettu ja täyttää kokovaatimukset.



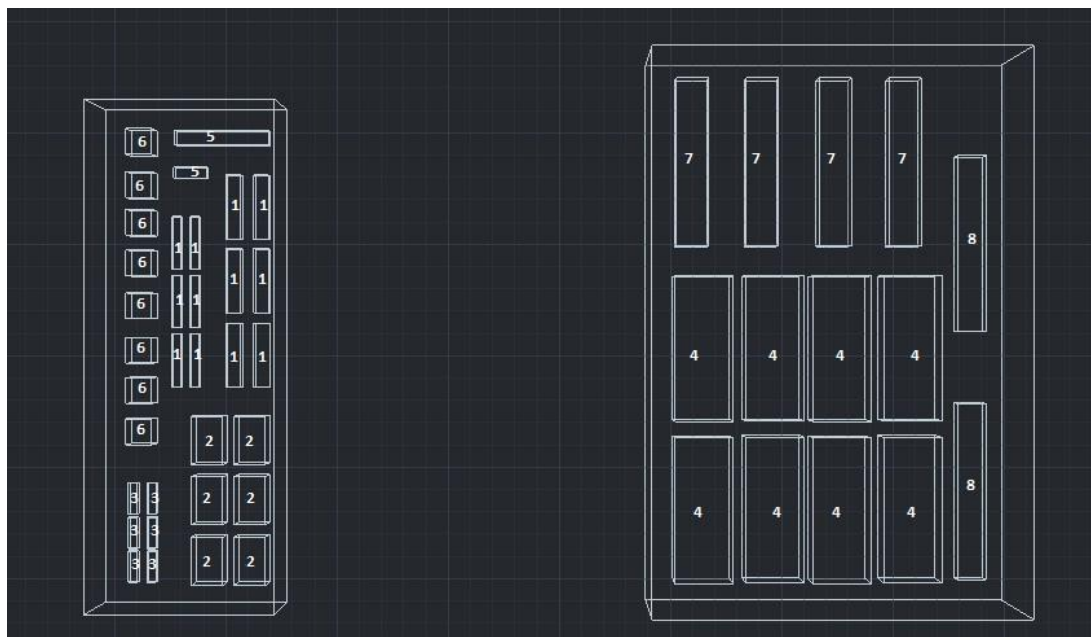
Kuva 9. Uusien laitteiden varastoinnin layout suunnitelma 2017 vaihtoehto 1

Toisessa vaihtoehdossa (Kuva 10.) on kaikki laitteet varastoitu TVO:n ulkopuoliseen varastoon. Vaihtoehdossa kolme ne on varastoitu TVO:n alueen sisällä olevaan varastoon samassa järjestyksessä kuin vaihtoehdossa kaksi.



Kuva 10. Uusien laitteiden varastoinnin layout suunnitelma 2017 vaihtoehto 2 ja 3

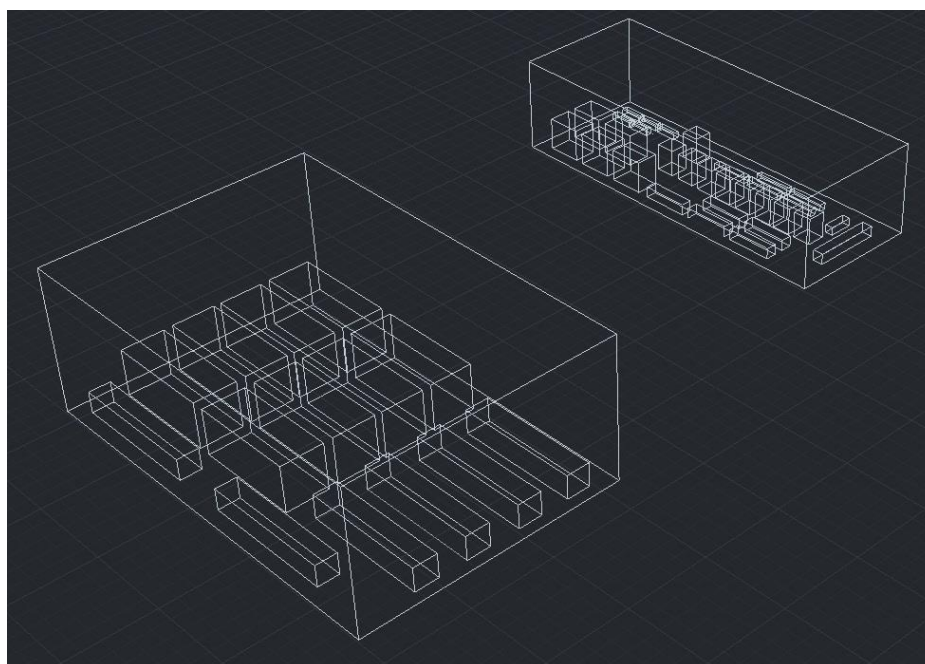
Parhaaksi vaihtoehdoksi valikoitui ensimmäinen vaihtoehto (Kuva 9.), jossa laitteet on lajiteltu, niiden nosturin tarpeen mukaan. Tämä on järkevää, sillä niiden käsittelyyn tarvittaisiin TVO:n alueella mobiilinosturia, joka täytyisi vuokrata. Tämä on järkevää myös sen takia, että alueen ulkopuolella sijaitsevassa varastossa pienemmät laitteet olisivat vain suurempien laitteiden tiellä ja vaatisivat myös oman kuljetuksensa, jotta ne saataisiin TVO:n alueelle.



Kuva 11. Uusien laitteiden sijoittelun pohjakuva 2017

### 3.2.3 Vuosihuolto 2018

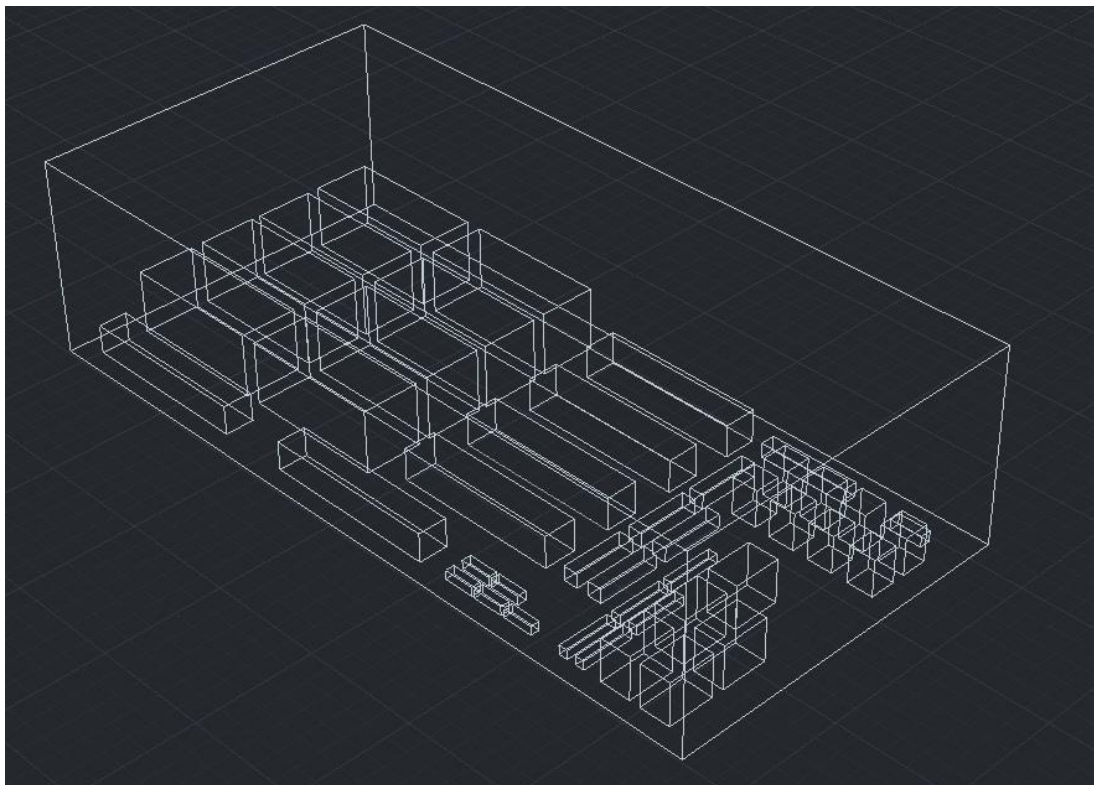
Vuoden 2018 vuosihuolloissa uudet laitteet tarvitsevat tilaa noin 350 m<sup>2</sup> (Liite 3.). Ensimmäisessä vaihtoehdossa laitteet on varastoitu kahteen varastoon, pienemmät laitteet, jotka eivät vaadi nosturia TVO:n alueelle ja suuremmat TVO:n alueen ulkopuolelle. (Kuva 12.)





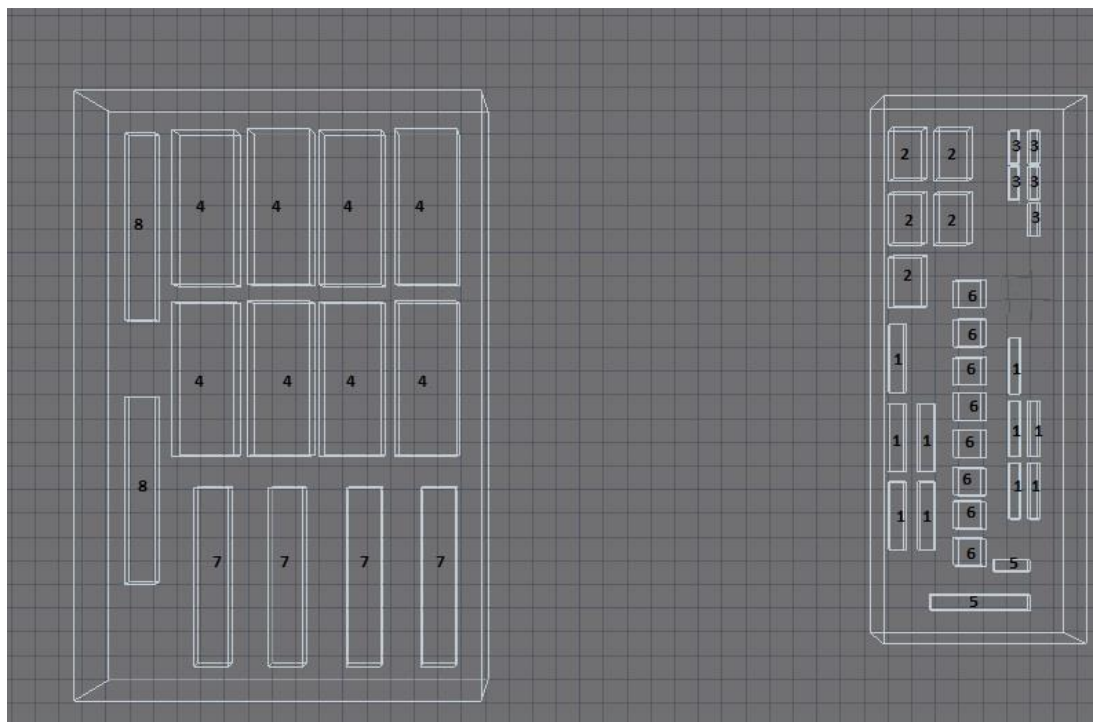
Kuva 12. Uusien laitteiden varastoinnin layout suunnitelma 2018 vaihtoehto 1

Toisessa vaihtoehdossa (Kuva 13.) on kaikki laitteet varastoitu TVO:n alueen ulkopuoliseen varastoon, jossa niitä voidaan siirrellä siltanosturilla. Ja kolmannessa vaihtoehdossa, jossa laitteet on varastoitu samalla tavalla TVO:n alueen sisäpuolella olevaan varastoon.



Kuva 13. Uusien laitteiden varastoinnin layout suunnitelma 2018 vaihtoehto 2 ja 3

Paras vaihtoehto näistä kolmesta on vaihtoehto 1 (Kuva 12.), sillä TVO:n alueen ulkopuolisella varastolla on raskas siltanosturi, jolla suurempia laitteita saadaan käsiteltyä. TVO:n alueelle varastoituna nämä suurimmat laitteet vaatisivat mobiilinosturin, joka tulisi vuokrata ja lisäisi näin ollen kustannuksia. Pienet laitteet eivät aiheuta ongelmaa, sillä ne voidaan varastoida mihin tahansa vapaana olevaan varastointitilaan TVO:n alueella, sekä käytössä on kalustoa, jolla näitä pystytään käsittelemään.



Kuva 14. Uusien laitteiden sijoittelun pohjakuva 2018

### 3.3 Poistuvien laitteiden tilantarpeen ja varastointivaatimusten määrittäminen

Poistuvien laitteiden tilantarpeet ja varastointivaatimukset on hankittu eri projektien vetäjiltä tai heidän osoittamiltaan henkilöiltä. Ne on myös lajiteltu laitteittain, sekä sovitettu paino- ja kokoluokkiin käsiteltävyytensä perusteella.

Poistuvat laitteet vievät myös paljon tilaa ja osa vaatii erikoisjärjestelyjä varastoinnin suhteen. Vuoden 2016 poistuvat laitteet tarvitsevat varastointitilaa vain vajaa 10 m<sup>2</sup>:ä, vuonna 2017 tarvitaan noin 300 m<sup>2</sup>:ä ja vuoden 2018 vuosihuolloissa tilaa tarvittaisiin myös hieman vaille 300 m<sup>2</sup>. (Liite 3.)

#### 3.3.1 Lauhdutin

Lauhduttimen moduulit ovat kokoluokkaa 3 ja painoluokkaa 2 (Liite 1.). Poistuvassa lauhduttimessa on kahdenlaisia moduuleja, jotka ovat kuitenkin koko- ja painoluokiltaan samoja. Näitä moduuleja on molempia 4 kappaletta per laitos. (Hakala sähköposti 12.11.2014) Lauhdutinmoduulit eivät jää varaosiksi vaan romutetaan, kunhan

säteilytasot ovat laskeneet sopiviksi ja takuu-aika on umpeutunut. (Hakala sähköposti 7.1.2015)

Lauhdutinmoduuleille on muutama vaihtoehtoinen varastointipaikka. Ne voidaan varastoida, joko MAJ-, KAJ- tai komponenttivarastoon, sekä myös ulos näiden varastojen läheisyyteen.

Paras vaihtoehto näiden varastoimiselle olisi tietenkin, että ne varastoitaisiin ulos aidoille ja katetulle alueelle. Tämä vaihtoehto kuitenkin varmistuu vasta kun säteilyvalvonta on saanut otettua viimeiset näytteet ja mittaukset lauhduttimista. Siksi toisena vaihtoehtona olisi, että laitteet varastoitaisiin komponenttivarastoon. Komponenttivarasto olisi hyvä varastointipaikka, koska sinne laitteet saataisiin kuljetettua suurista ovista, sekä purettua, kunhan säteilytasot sen sallivat. Kolmas vaihtoehto voisi olla, että mahdollisesti aktiivisemmat moduulit varastoitaisiin komponenttivarastoon ja vähemmän aktiiviset moduulit ulkovarastoon.

Nämä vaihtoehdot on jo kertaalleen todettu sopiviksi, sillä niitä käytettiin jo edeltävän lauhdutinuosinnon yhteydessä.

### 3.3.2 Pääkiertopumput

Poistuvia pääkiertopumppuja on myös 6 kappaletta laitosta kohti. Ne ovat koko- ja painoluokaltaan luokkaa 1 (Liite 1.) ja kuljetetaan uusien pumppujen tapaan kahdessa osassa. (Väkiparta sähköposti 24.11.2014)

Poistuvat pääkiertopumput varastoidaan niin, että pumpun osat ja moottori on pakattu erikseen. Pumpun osat on varastoitava kuiviin ja lämpimiin sisätiloihin sekä suojattava kaikki pinnat vaurioilta. Lisäksi pumpun akselille on varattava riittävät tuet. Moottori puolestaan on varastoitava pystyasentoon, tiiviiseen astiaan, joka on täytetty inhibiittorilla, joka kestää mataliakin lämpötiloja. (Harju 2013, 19.)

### 3.3.3 Korkeapaine- esilämmittimet ja -jälkijäähdyttimet

Korkeapaine-esilämmittimiä on 4 kappaletta laitosta kohti ja ne ovat painoluokaltaan luokkaa 2 ja kokoluokaltaan luokkaa 3 (Liite 1.). Korkeapainejälkijäähdyttimiä on yhdellä laitoksella 2 kappaletta ja ne ovat painoluokaltaan luokkaa 2 ja kokoluokaltaan luokkaa 3 (Liite 1.). (Hakala sähköposti 12.11.2014) Laitteet eivät jää varaosiksi, vaan menevät romutettaviksi, kunhan säteilytasot ovat laskeneet suotuisiksi ja takuu-aika on umpeutunut. (Hakala sähköposti 7.1.2015.)

Korkeapaine-esilämmittimille ja -jälkijäähdyttimille on samat mahdolliset varastointipaikat kuin lauhdutinmoduuleillakin eli ne voidaan varastoida joko MAJ-, KAJ- tai komponenttivarastoon tai näiden varastojen välittömään läheisyyteen aidattuun ja katettuun ulkovarastoon.

Paras vaihtoehto näillekin olisi varastoida ne ulkovarastoon. Tämän vaihtoehto varmistuu vasta, kun säteilyvalvonta on ottanut viimeiset näytteet ja mittaukset ennen varastointia. Aikaisemmista vastaavista matalapaine-esilämmittimien uusintaprojekteista on kuitenkin tietoa, jonka mukaan tämä varastointi onnistuisi hitsaamalla kaikki reiät umpeen. Tällä tavalla tulisi esilämmittimistä niin tiiviit, että ne toimisivat itsessään säteilysuojana ja voitaisiin näin ollen varastoida ulkovarastoon.

Toisena vaihtoehtona voisi olla myös samoin kuin lauhdutinmoduuleillakin, että laitteet varastoitaisiin komponenttivarastoon. Hyvänä puolena on, että ne saadaan kuljettua sisään suurista ovista ja purettua siellä, kun säteilytasot sen sallivat.

### 3.3.4 Ejektorit

Ejektoreja on molemmilla laitoksilla 2 kappaletta. Ne kuuluvat painoluokkaan 1 ja kokoluokkaan 2. (Liite 1.) Ejektoreja ei tarvita varaosiksi, vaan ne voidaan romuttaa heti säteilytason laskettua vaaditulle tasolle sekä takuuajan umpeuduttua. (Hakala sähköposti 7.1.2015)

Ejektorit on todennäköisesti varastoitava, joko KAJ- tai komponenttivarastoon, mutta tämäkin varmistuu vasta viimeisten säteilynäytteiden ja mittausten jälkeen. Parempi vaihtoehto olisi komponenttivarasto, mutta sen tilaa tarvitaan todennäköisesti suurempien laitteiden varastointiin. Toinen vaihtoehto on KAJ-varasto, jonne ejektorit tullaan todennäköisemmin varastoimaan.

### 3.3.5 Taprogge-järjestelmä siivilät

Poistuvat taprogge-järjestelmän siivilät ovat sekä koko- että painoluokaltaan oletettavasti luokkaa 1. (Liite 1.) Luokkatiedot perustuvat mitta-arvioon, koska tarkkaa tietoa ei ole saatavilla. Taprogge-järjestelmän siivilät voidaan myös varastoida komponenttivarastoon, jonne ne saadaan kuljetettua kokonaisena ja purettua kun säteilytasot ovat laskeneet suotuisiksi. Kuitenkin todennäköisempää on, että siivilät varastoidaan KAJ-varastoon. Näin siksi että komponenttivarastoa tarvitaan suurempien laitteiden varastointiin.

### 3.3.6 Taajuusmuuttajat ja niiden läpivientyksiköt

Poistuvat taajuusmuuttajat koostuvat kolmesta moduulista, joista pienimpiä ja suurimpia on 2 kappaletta taajuusmuuttajaa kohti, sekä jäljelle jäävää osaa yksi kappale taajuusmuuttajaa kohti. Kaikki nämä moduulit ovat koko- ja painoluokaltaan luokkaa 1 (Liite 1.). (FSAR layout 2013, 1.)

Näiden varastointivaatimukseen kuuluu, että lämpötilan on pysyttävä  $-20$  ja  $+65$  °C välillä, eikä suhteellinen kosteus saa nousta yli 70 %:n (FSAR tekninen esittely 2013, 2)

Poistuvia taajuusmuuttajia on varastoitava kahden vuoden ajan, jonka jälkeen ne voidaan romuttaa. (Puonti sähköposti 13.1.2015)

Taajuusmuuttajat voidaan varastoida, joko MAJ-, KAJ- tai komponenttivarastoon. Paras vaihtoehto näistä on MAJ-varasto, sillä taajuusmuuttajat eivät ole kovin aktii-

visia. Laitteet voidaan kuitenkin varastoida myös KAJ-varastoon, mikäli MAJ-varastossa ei ole niille tilaa.

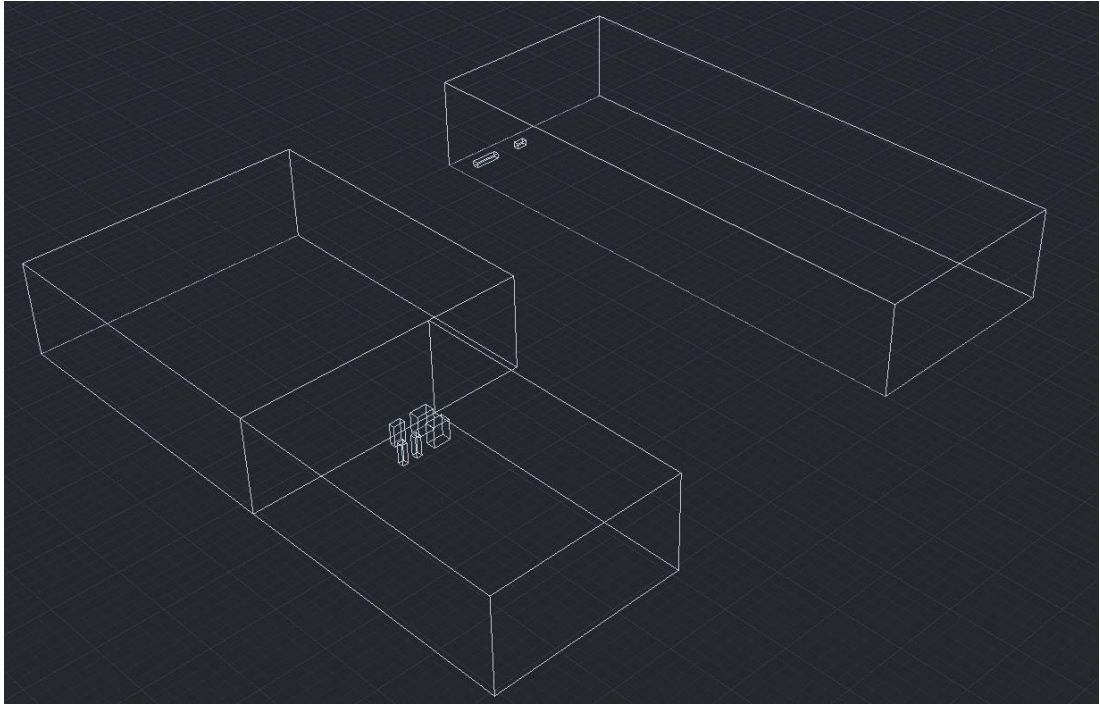
### 3.4 Poistuvien laitteiden varastoinnin layoutsuunnittelu

Poistuvien laitteiden tilantarve on melko suuri vuosina 2017 ja 2018. Tämän vuoksi esitetään muutaman vaihtoehto, minne kyseisinä vuosina poistuvat laitteet voitaisiin varastoida. Varastointivaihtoehtoissa on kuitenkin muuttujana laitteiden säteily- sekä kontaminaatiotasot, jotka saattavat vaatia laitteiden varastoinnin tiettyyn varastoon. Kaikki poistuvien laitteiden varastointi tapahtuu TVO:n alueella ja poistuvien laitteiden lisäksi tulee vielä pienempää tavaraa muista projekteista, jotka pitää myös varastoida näihin varastoihin.

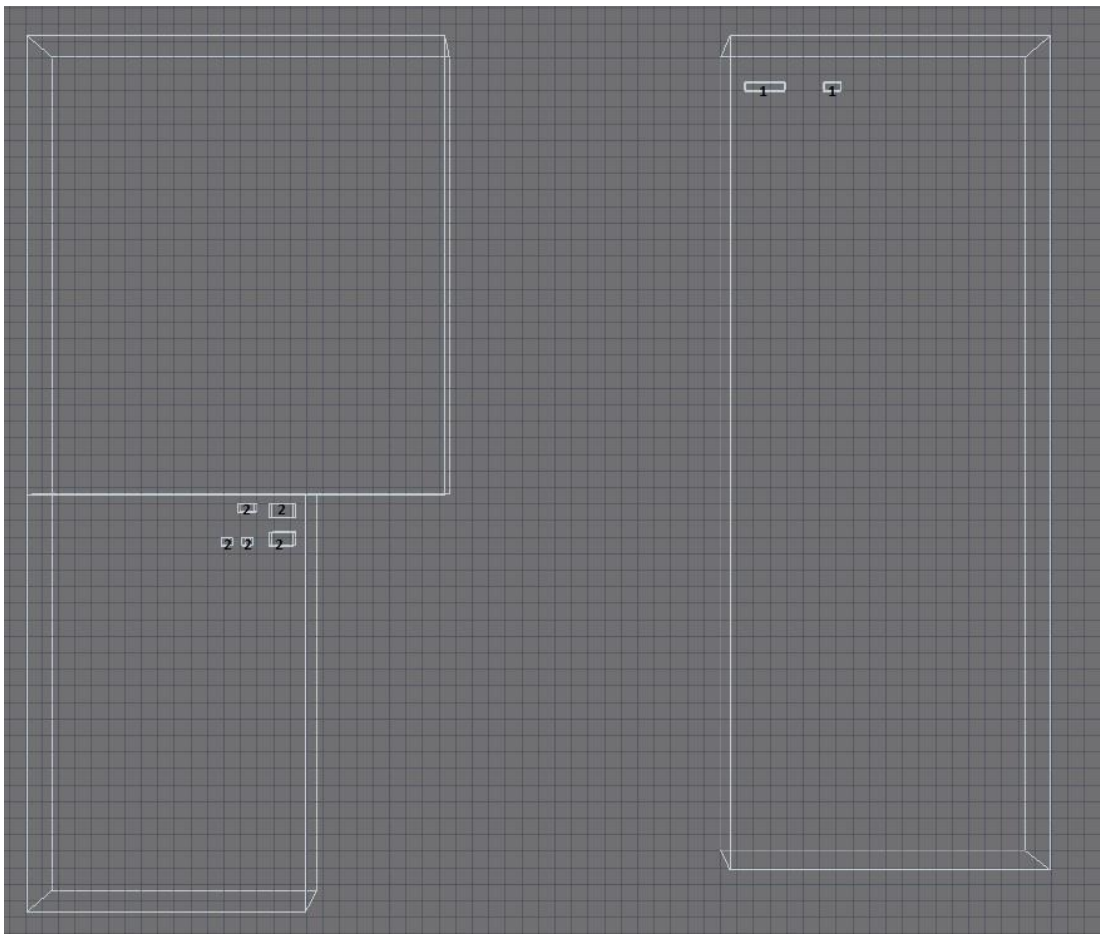
Poistuvien laitteiden varastoinnin layout suunnitelmissa on kuvattu MAJ-, KAJ- ja komponenttivarastot, sekä niiden ulkovarastointialue. Laitteet on sijoitettu varastoihin niin, että kahden peräkkäisen vuoden laitteet eivät olisi toistensa tiellä.

#### 3.4.1 Vuosihuolto 2016

Vuoden 2016 vuosihuollossa poistuvat laitteet vaativat vain alle 10 m<sup>2</sup>:n tilantarpeen. Tämän vuoksi ei esitetäkään vaihtoehtoja laitteiden varastointiin liittyen. Laitteet on varastoitu niiden aktiivisuuden ja koon perusteella, joko MAJ-, KAJ- tai komponenttivarastoon. (Kuva 15.)



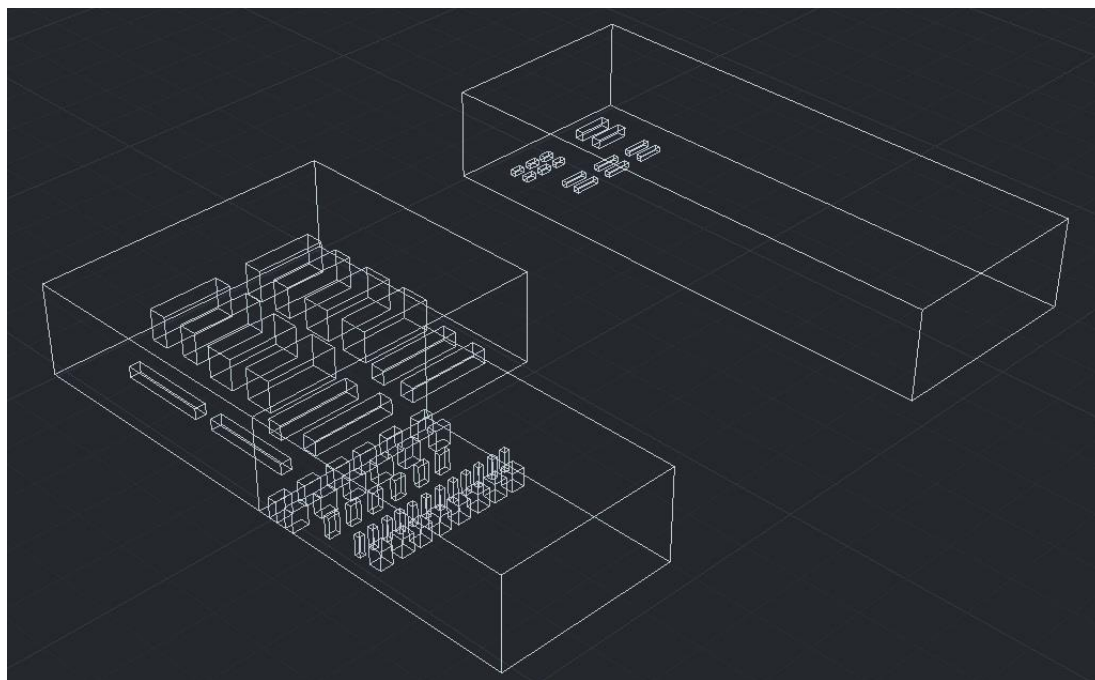
Kuva 15. Poistuvien laitteiden varastoinnin layout 2016



Kuva 16. Poistuvien laitteiden sijoittelun pohjakuva 2016

### 3.4.2 Vuosihuolto 2017

Vuoden 2017 vuosihuollossa poistuvien laitteiden tilantarve on noin 300 m<sup>2</sup>:ä. Ensimmäisessä vaihtoehdossa laitteet on varastoitu niin, että suurimmat laitteet on varastoitu komponenttivarastoon ja pienemmät varastoitu, joko MAJ-, tai KAJ- varastoon aktiivisuutensa perusteella. (Kuva 17.)



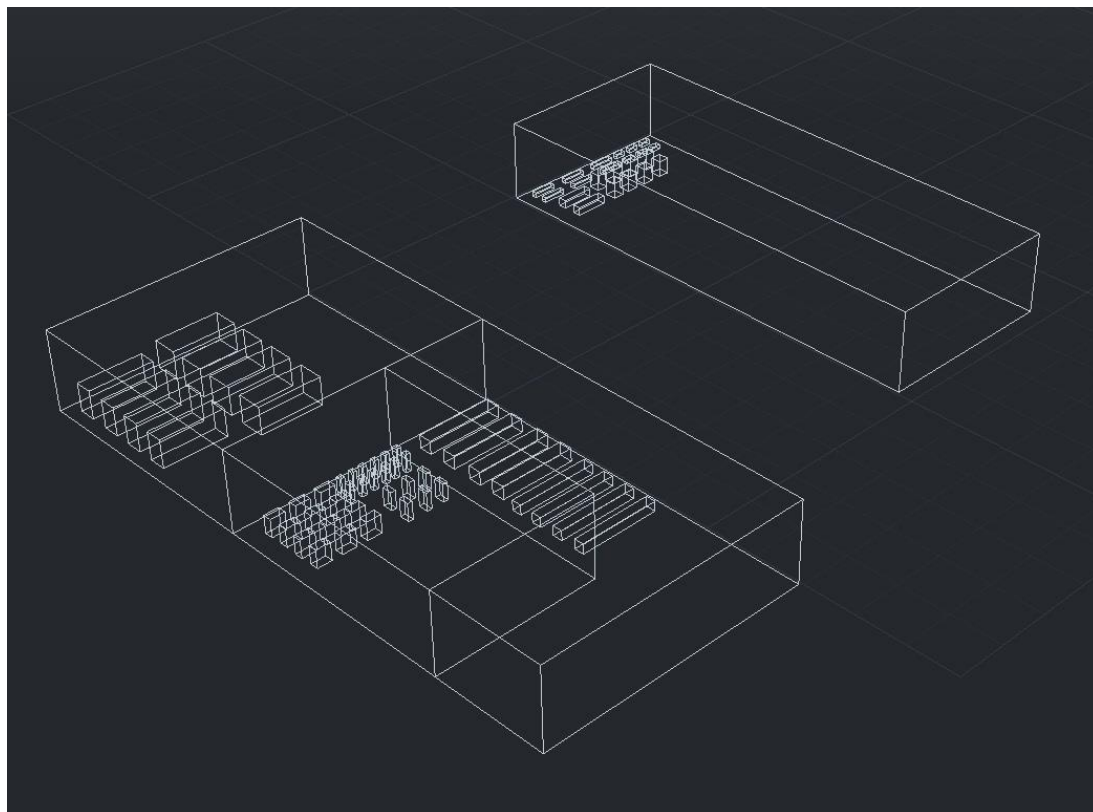
Kuva 17. Poistuvien laitteiden layout suunnitelma 2017 vaihtoehto 1

Ensimmäinen vaihtoehto osoittautui kuitenkin huonoksi, sillä myös seuraavassa vuosihuollossa vaihdetaan suuria laitteita, jotka mahdollisesti vaativat sisävarastointia. Tämän vuoksi otettiin mallia aikaisemmin tehdystä projektista, jossa osa suuremmista laitteista voitiin varastoida ulos. Tämä onnistuu, koska ulos varastoitavien laitteiden reiät hitsataan umpeen, jolloin ne toimivat itsessään säteilysuojina.

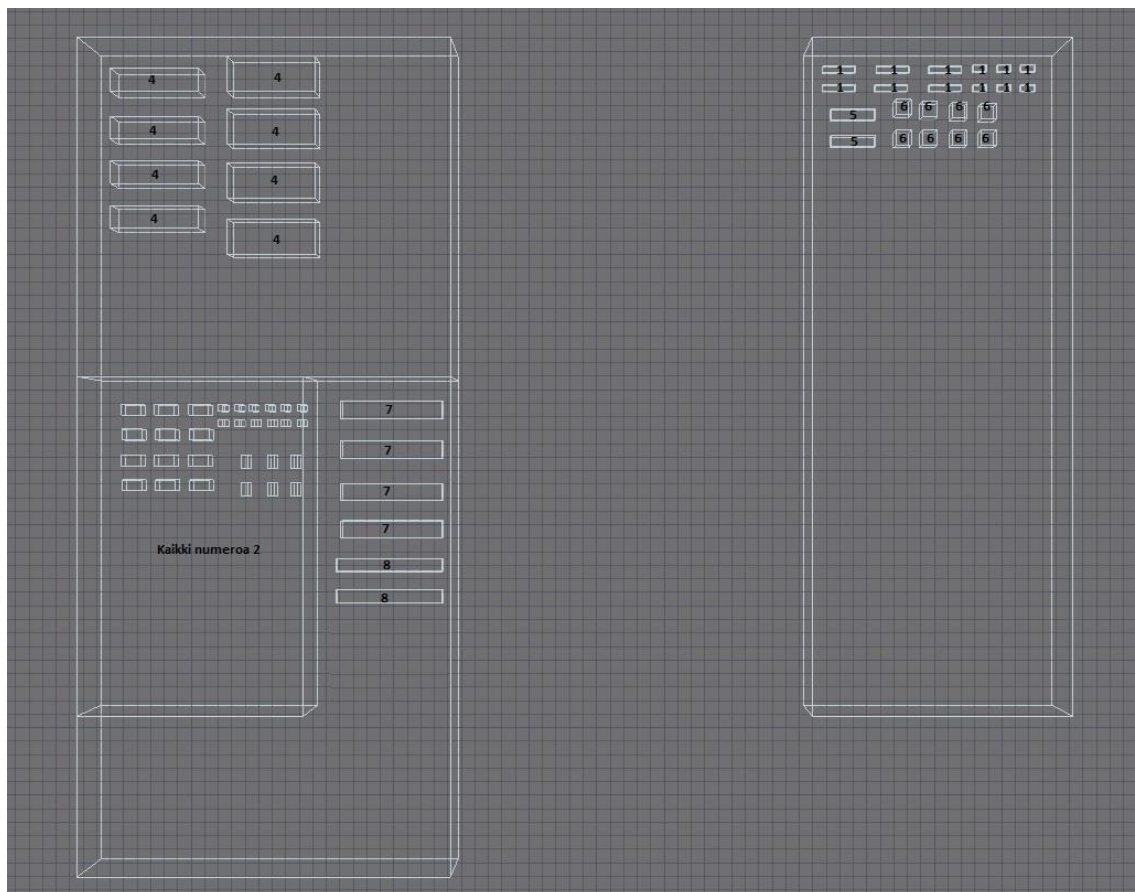
Tämän huomion myötä toisessa vaihtoehdossa osa suurista laitteista on varastoitu ulkovarastoon ja osa komponenttivarastoon. Pienemmät laitteet on jälleen varastoitu joko MAJ- tai KAJ-varastoon oletetun aktiivisuutensa perusteella. (Kuva 18.)



Laitteiden varastointipaikat saattavat kuitenkin muuttua, kun säteilyvalvonta on saanut viimeiset mittauksensa tehtyä, jolloin määritetään kaikkien laitteiden tarvitsema varastointitila sekä se mitkä laitteet voidaan varastoida ulos.



Kuva 18. Poistuvien laitteiden varastoinnin layout suunnitelma 2017 vaihtoehto 2

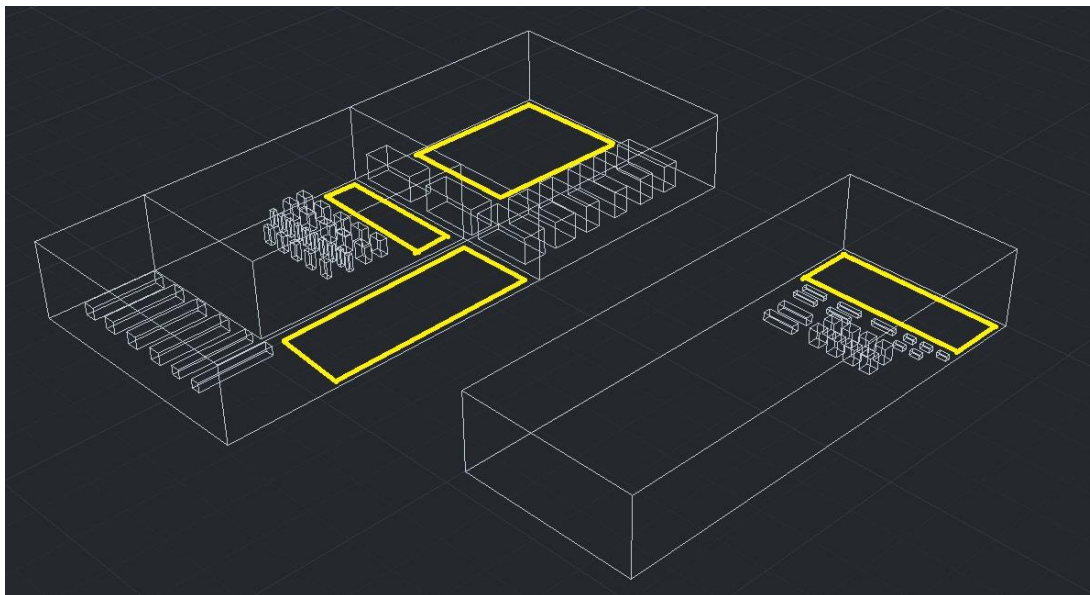


Kuva 19. Poistuvien laitteiden sijoittelun pohjakuva 2017

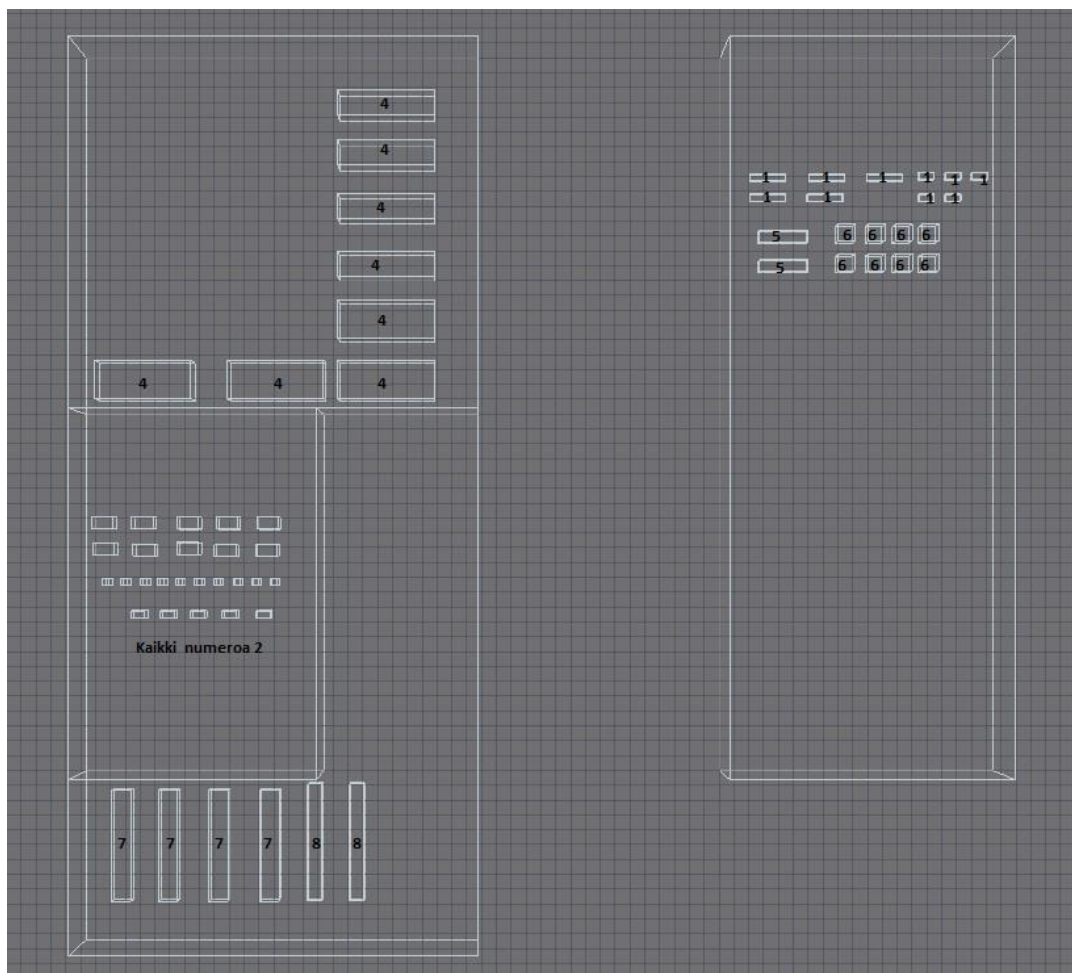
### 3.4.3 Vuosihuolto 2018

Vuoden 2018 vuosihuollossa poistuvat laitteet tarvitsevat varastointitilaa melkein 300 m<sup>2</sup>:ä. Tavaraa on siis jo edeltävien vuosihuoltojen aikana kertynyt varastoihin ja siksi laitteet onkin sijoitettu niin, että ne mahtuvat varastoihin vaikka siellä on jo tavaraa. Aiempien vuosihuoltojen varastoitujen laitteiden viemät tilat on merkitty kuvaan keltaisella. Laitteet on jälleen varastoitu niin, että osa suurista laitteista on varastoitu komponenttivarastoon ja osa ulkovarastoon, umpeen hitsattuna. Pienemmät laitteet on varastoitu MAJ- tai KAJ-varastoon riippuen niiden aktiivisuudesta. (Kuva 20.)

Nämäkin varastointisuunnitelmat voivat muuttua riippuen poistuvien laitteiden säteilytasoista, jotka tarkentuvat vasta, kun säteilyvalvonta on saanut otettua viimeiset näytteensä ja mittauksensa.



Kuva 20. Poistuvien laitteiden varastoinnin layout suunnitelma 2018



Kuva 21. Poistuvien laitteiden sijoittelun pohjakuva 2018

#### 3.4.4 Säteilysuojelu ja muut erikoisjärjestelyt

Säteilysuojelun tarkoituksena on pitää ydinvoimalaitoksilla työskentelevien ja laitosten ympäristön säteilytasot pieninä. Tähän pyritään hyvällä suunnittelulla, oikeilla työtavoilla, ajanmukaisilla suojavarusteilla, mittareilla ja muilla apuvälineillä, sekä eri organisaatioiden yhteistyöllä. (Alm- Lytz, Riihiluoma & Vilkamo, 7)

Säteilysuojelun toimeenpanoa varten ydinvoimalaitoksilla on tätä varten tarpeelliset valtuudet omaava säteilysuojeluorganisaatio, jonka tehtävänä on puuttua töihin tai tilanteisiin säteilysuojelullisin perustein. (Alm- Lytz, Riihiluoma & Vilkamo, 8-11.)

Tämä organisaatio vastaa myös poistuvien laitteiden säteily- sekä kontaminaatio- tasojen määrittämisestä ja määrää näin ollen poistuvien laitteiden varastointipaikan.

Poistuvat laitteet saattavat tarvita erikoiskäsittelyä. Tällainen käsittely jaetaan yleensä kolmeen vaiheeseen: esikäsittely, tilavuuden pienennys, sekä loppukäsittely ja pakkaaminen.

Tässä työssä tarvittavaksi tulee lähinnä esikäsittely, jonka tarkoituksena on helpottaa jatkokäsittelyä. Siihen voi kuulua keräily, lajittelu, neutralointi tai dekontaminointi. Tämä on tärkeää, sillä tällä saadaan nopeutettua mahdollista valvonnasta vapautumista. (Sandberg 2004, 279)

##### 3.4.4.1 MAJ-varasto

MAJ-varasto eli matala aktiivisen jätteen varastossa varastoidaan ennalta pinta-annosnopeuden mukaan lajiteltua matala-aktiivista jätettä. Varastossa jätteille tehdään tarvittavat mittaukset ja lajitellaan valvonnasta vapautettavaksi tai loppusijoitusta varten. MAJ-varasto siis suojaa jätteitä niin, etteivät ne aiheuta säteily tasojen nousua rakennuksen ulkopuolella.

MAJ-varasto on yksikerroksinen ja siihen kuuluu, sekä valvottuja, että valvomattomia alueita. MAJ-varastosta on myös kulku komponenttivarastoon. Varastossa on

myös 5 tonnin nostotehoinen siltanosturi. Lisäksi varastorakennus on varustettu asianmukaisilla paloilmotus- sekä palontorjuntajärjestelmällä sekä suojattu ukkoselta. (TVO:n Tiiminet 2008)

#### 3.4.4.2 KAJ-varasto

KAJ-varastossa eli korkea-aktiivisen jätteen varastossa varastoidaan korkeasti aktiivista jätettä. Varastossa on varastointitilaa yli 14 000 m<sup>3</sup> ja sen ilmastointijärjestelmä on suunniteltu niin, ettei ääriolosuhteissakaan sen lämpötila laske alle 5 °C asteen eikä suhteellinen kosteus nouse yli 60 %. Varastossa on siltanosturi, jonka nostokapasiteetti on 10 tonnia. Lisäksi varastorakennus on varustettu asianmukaisilla paloilmotus- sekä palontorjuntajärjestelmällä sekä suojattu ukkoselta. (TVO:n Tiiminet 2008)

#### 3.4.4.3 Komponenttivarasto

Varastoa käytetään laitoksilta poistettujen matala-aktiivisten laitteiden ja komponenttien väliaikaiseen säilytykseen. Varasto on erityisesti suunniteltu suurien ja painavien laitteiden varastointiin. Komponenttivarasto on yksikerroksinen kylmävarasto, jossa on suurien laitteiden kuljetusta varten kaksi suurta ovea, jotka ovat mitoiltaan 7m x 5,6m ja 5,6m x 6,5m. Varastointitilaa on yli 9000 m<sup>3</sup>:a ja lattiapinta-alaakin on noin 1000 m<sup>2</sup>:ä. Lisäksi varastorakennus on varustettu asianmukaisilla paloilmotus-, sekä palontorjuntajärjestelmällä, sekä suojattu ukkoselta.

Tänne varastoitavien laitteiden varastointi loppuu vasta, kun ne on purettu tai paloiteltu valvonnasta vapautusta tai loppusijoitusta varten. Varasto suojaa jätteitä niin, etteivät ne aiheuta säteilytason nousua rakennuksen ulkopuolella.

Komponenttivarastossa olevien jätteiden kokonaisaktiivisuus ei saa ylittää ydinenergia-asetuksen 6 §:ssä asetettua rajaa, joka on 1 TBq, eikä alfa-aktiivisuuden rajaa, joka on vastaavasti 10 GBq. Myöskään rakennuksen ulkopuolisen aktiivisuuden ei anneta nousta yli 3 µSv/h. (TVO:n Tiiminet 2008.)

## 4 KULJETUSKALUSTON SUUNNITTELU

Kaluston vaatimuksiin vaikuttavat mitat ovat samoja, kuin aiemmin esiteltyt varastointi mitat, jollei toisin mainita. Lisäksi esitellään vaihtoehtoja käytettävästä kuljetuskalustosta, mikäli tämä on mahdollista.

Kaluston vaatimuksia määritettäessä on otettu huomioon, että kaikki kuljetukset TVO:n alueella ovat siirtokuljetuksia, jotka tapahtuvat yksityisellä alueella.

Siirtokuljetukset ovat tuotteiden siirtoa saman organisaation varastojen tai tuotantopisteiden välillä. Kuljetettava tavara siis pysyy koko kuljetuksen ajan yhden organisaation hallussa. (Karrus 1998, 105.)

Näiden lisäksi laitteet on kuljetettava TVO:n alueen ulkopuoliselta varastolta alueelle. Osa laitteista vaatii tälle matkalle erikoiskuljetuksen.

### 4.1 Kaluston teoriaa

Käytössä olevat trukit ovat vastapainotrukkeja, tällä tarkoitetaan, että koneen painopiste on sen takaosassa, jolloin se pysyy tukevasti maassa, vaikka sillä nostettaisiin suuriakin kappaleita. Vastapainotrukkit on varustettu suurilla kumipyörillä, jonka vuoksi ne pystyvät liikkumaan sisä- ja ulkotiloissa. Nopeutensa, liikkuvuutensa ja ketteryytensä ansiosta vastapainotrukkeja voidaan käyttää monissa eri tehtävissä. Nämä trukit voivat olla 3- tai 4-pyörällisiä, sekä käyttää käyttöenergianaan bensiiniä, dieselöljyä, kaasua tai sähköä. (Karhunen, Pouri & Santala 2008, 329- 330.)

Kaikki tässä työssä käytettävät vastapainotrukkit ovat nelipyöräisiä ja käyttävät käyttöenergianaan dieselöljyä.

Terminaalitraktorit eli vetomestarit ovat vaunujen, lavettien ja muiden peräkärrien siirtelyyn tarkoitettuja koneita. Niiden tyypit vaihtelevat suurestikin, riippuen siitä minkä siirtelyyn niitä käytetään. Vetomestareita on yleisesti kahta päätyyppiä, joista toista 4x2 mallia käytetään kevyempien taakkojen siirtelyyn ja raskaampaa 4x4 mal-

lia raskaiden taakkojen siirtelyyn. Tämän raskaamman mallin nostokyky on yleisimmin 25–36 tonnia, mutta on myös koneita, joilla pystytään kuljettamaan jopa 120 tonnin kuormia. (Vuoristo 1994, 103.)

Laitteiden käsittelyyn tarvitaan myös nostureita. Nosturit ovat välttämättömiä, koska osa laitteista tai niiden osista painaa huomattavasti enemmän kuin mitä trukilla pystytään nostamaan. Tässä työssä käytettävät nosturit ovat joko mobiilinnostureita tai siltanostureita, varastointi paikasta riippuen.

Mobiilinnosturit eli pyörillä varustetut nosturit ovat joustavia ja monipuolisia, koska ne pystyvät liikkumaan paikasta toiseen ilman ongelmia. Niiden nostokapasiteetti vaihtelee 10 ja 100 tonnin välillä. (Santala 1989, 98.)

Siltanosturit ovat nostureita, joita käytetään tiloissa, joissa ne saadaan kiinnitettyä hallin seiniin tai muihin kantaviin rakenteisiin. Niitä on neljää eri tyyppiä: yksi- ja kaksipalkkisiltanosturit, kattosiltanosturi ja yksipalkkikonsolisiltanosturi. Näiden nostokapasiteetit vaihtelevat 5 tonnia nostavista yksipalkkisista siltanostureista aina satoja tonneja nostaviin kattosiltanostureihin. Näitä ohjataan yleensä radio-ohjaimella ja käytetään erittäin haastaviin ja raskaisiin siirtoihin. (ABB:n [www-](#) sivut 2014; Satateräs Oy:n [www-](#) sivut 2014.)

## 4.2 Erikoiskuljetukset

Kuljetukset ovat erikoiskuljetuksia, kun kuljetuksen mitat ja/tai massat ylittävät normaaliliikenteelle asetetut rajat. Tyypillisiä erikoiskuljetuksia ovat esimerkiksi suuren, jakamattomien laitteiden kuljetukset. Erikoiskuljetukset vaativat erikoiskuljetusluvan, joita on kahdenlaisia. Reittikohtaisessa luvassa on myönnetty lupa kuljettaa suurta kuljetusta lähtö- ja määränpään välillä ja reitistöluvassa on määritelty, myös tiet, alueet ja sillat, joita kuljetus saa käyttää. Erikoiskuljetuslupa vaaditaan, jos kuljetuksen korkeus ylittää 4,4 metriä, leveys ylittää 2,6 metriä tai pituus ylittää 12 metriä. (Ely- keskus 2013.)

Erikoiskuljetuksia tarvitsevat laitteet, joiden kuljetusluokka on 2 (Liite 1.). Näitä laitteita ovat lauhduttimenlohkot sekä korkeapaine-esilämmittimet ja -jälkijäähdyttimet. Näille onkin tilattava erikoiskuljetus kuljetusyritykseltä, jotta laitteet saadaan tuotua TVO:n alueelle.

#### 4.3 Kaluston saatavuus

Vuosihuoltojen aikana käytössä oleva TVO:n kalusto nosto- ja vetolaitteiden osalta:

Taulukko 2. Trukit ja vetomestarit (Kaija sähköposti 14.11.2014)

	Nosto/vetokyky (t)	Teho (Hv)	oma paino (t)
Terberg vetotrucki	35	231	10
Sisu vetotrucki	115	-	13
Kalmar DCD 80-6	8	102	10,8
Kalmar DCE 80-9	7,3	101	11,7
Linde H 80 D	8	115	11,55

Näiden lisäksi käytössä on vielä 8 kappaletta, 2-akselisia trukin perävaunuja, sekä 8 kappaletta vetotrukkien lavetteja. (Kaija sähköposti 14.11.2014). Trukin perävaunut ovat 7,1 metriä pitkiä ja 1,75 metriä leveitä. (Niemi 2012,1). Lavetit ovat 7 metriä pitkiä ja 2,6 metriä leveitä. (Niemi 2011,1) Käytössä on myös trukkien jatkopiikit, jolloin niillä voidaan käsitellä hieman suurempiakin kappaleita.

Lisäksi käytössä on vielä erilaisia autoja, joiden tiedot ovat seuraavat:

Taulukko 3. Käytettävissä olevat autot (Kaija sähköposti 14.11.2014)

	Kantavuus (t)	Teho (Hv)	oma paino (t)
Volvo FL D7E 4x2	11,5	255	10,5
MB 815- 8.6T-97002/422 ATECO	8	150	8,6
VW Crafter 35	1,5	163	3,5
Toyota Hiace	0,95	88	2,9
Dacia Logan	0,7	84	2



Renault Trafic 1,9 dCi 100 L2H1P2	1,3	114	3
-----------------------------------	-----	-----	---

#### 4.4 Kaluston tarpeen aikataulutus

Kuljetuskaluston tarve on esitetty vuosihuolloittain. Kaluston tarve on käyty läpi laitteittain esitellen vaihtoehdot ja kuljetuskaluston määräävät mittatiedot. Vaihtoehdot ja perustelut on esitetty vain kerran, jos samankaltainen kuljetus on esitelty jo aiemman vuosihuollon yhteydessä.

Kuljetusten aikataulutus on esitetty liitteessä 2. Liite 2 on tehty omien ajatusten ja viitteellisten tietojen pohjalta. Se on tehty havainnollistamaan laitteiden kuljetuksiin kuluvaan aikaan. Se on kuitenkin vain viitteellinen, koska viralliset aikataulut tulevat tarkentumaan vasta työn valmistumisen jälkeen.

##### 4.4.1 Vuosihuollot 2016

Vuoden 2016 vuosihuolloissa vaihdetaan siis 1 pääkiertopumppu, sekä sen taajuusmuuttaja, läpivienteineen OL 1:ltä. (Taulukko 1.)

Saatavilla olevasta kalustosta taajuusmuuttajia pystytään kuljettamaan molemmilla vetotrukeilla, kuorma- autoilla, sekä trukeilla käyttämällä niiden perässä trukin peräkärriä.

Taajuusmuuttajan siirto kannattaa suorittaa käyttäen vetotrukkia sekä kuljetuslavettia, koska siirrettävä matka ei ole hirveän pitkä ja yksikön nostaminen lavetille onnistuu huomattavasti helpommin kuin yksikön nostaminen rekkaan. Trukin ja peräkärryn käyttö ei puolestaan olisi järkevää, sillä paikalle tulisi kuljettaa myös kaapelirulla, jonka kuljetus onnistuisi myös käyttämällä vetomestaria ja lavettia. Taakka on kuitenkin niin raskas, ettei sen käsittely onnistu trukilla, vaan sen käsittelemiseen tarvitaan joko silta- tai mobiilinosturi. (painoluokka 2.). Taajuusmuuttajan nosto voidaan suorittaa trukilla, sillä uudet taajuusmuuttajat ja läpivientiyksiköt ovat painoluokkaa 1.(Liite 1.) Yksi taajuusmuuttaja yksikkö mahtuu lavetille oikein hyvin,

koska se on kokoluokaltaan 2 (Liite 1.), eikä painonkaan kanssa tule minkäänlaisia ongelmia, painoluokan ollessa 1 (Liite 1.). Tämän lisäksi samalla kertaa saadaan paikalle kuljetettua myös kaapelirulla.

Pääkiertopumppu täytyy kuljettaa kahdessa osassa, joita molempia pystytään kuljettamaan trukilla, sillä molempien paino- ja kokoluokka on 1.(Liite 1.) On kuitenkin oltava tarkka laitteiden painopisteiden kanssa.

Pidempi osa kuljetettaisiin Linden haarukkatrukilla sillä se on hieman leveämpi kuin Kalmarin trukit. Tällöin osan tasapainottaminen on helpompaa. Koska tässä vuosi- huollossa vaihdetaan vain yksi pumppu, ei trukkien tarvitse kuin viedä vanhan pum- pun osat varastoon ja sen jälkeen hakea uudet osat ja tuoda ne sisäänmeno paikalle.

#### 4.4.2 Vuosihuollot 2017

Vuoden 2017 vuosihuolloissa vaihdetaan siis OL 2:lle korkeapaine-esilämmittimet sekä -jälkijäähdyttimet, lauhdutin, ejektorit, taprogge-järjestelmän siivilät, kaikki 6 pääkiertopumppua sekä niiden taajuusmuuttajat ja läpivientiyksiköt. (Taulukko 1.)

Taajuusmuuttajien siirtoon voidaan käyttää vetotrukkeja ja kuljetuslavetteja, trukkeja ja niiden perässä trukin peräkärriä tai kuorma-autoja. Järkevintä on käyttää, joko ve- toimestareita ja lavetteja tai trukkeja ja peräkärriä, koska yksiköiden lastaaminen laveteille tai peräkärriyn on huomattavasti helpompaa kuin nostaminen rekkaan. Nostamisessa voidaan käyttää trukkeja, koska taajuusmuuttajien painoluokka on luokkaa 1.

Taajuusmuuttajia läpivientiyksiköineen mahtuu yhdelle lavetille kaksi kappaletta, jolloin lavetin pituus tulee hyvin käytettyä ja leveydestäkin tyhjää tilaa jää vain hie- man lavetin molemmille reunoille. Myöskään paino ei tule esteeksi, sillä kahden taa- juusmuuttaja yksikön yhteispaino on niin vähäinen, että niiden painoluokka nousee vain luokkaan 2 (Liite 1.), jolloin niitä pystytään kuljettamaan pienemmälläkin ve- tomentarilla.

Toisena vaihtoehtona tällä kuljetukselle olisi kuljettaa taajuusmuuttajat käyttäen vetomestareita ja trukinperävaunuja. Trukin perävaunuja pystytään liittämään peräkäin jolloin yhteen kuljetukseen saataisiin 4 taajuusmuuttajaa ja tällöin säästettäisiin aikaa, kun reittiä ei tarvitsisi ajaa kuin kerran molemmilla vetomestareilla. Tässä vaihtoehdossa on kuitenkin se ongelma, että kun vetomestarin perään on liitetty kaksi trukin perävaunua, on kuljetus sen verran pitkä ja vaikeasti hallittava, että sen kanssa ei voisi peruuttaa. Tällöin reitti tulisi ajaa niin, ettei tapahdu pienintäkään ajolinja virhettä sillä virheen jälkeen kuljetusta olisi hankala saada enää liikkeelle kolhimatta rakenteita.

Kolmas vaihtoehto olisi käyttää trukkeja ja niiden perässä peräkärriä. Tällöin pystyttäisiin kuljettamaan yksi yksikkö kerrallaan per trucki. Kahdella trukilla ajettaessa reitti tulisi siis ajaa 3 kertaa molemmilla trukeilla; vieden ensin poistuvat laitteet varastoonsa ja sen jälkeen toiset kolme kertaa tuoden uudet laitteet tilalle.

Kolmas vaihtoehto valikoitui parhaimpana, sillä tässä vuosihuollossa vaihdetaan taajuusmuuttajia suurempia laitteita, jotka vaativat kuljetukseensa vetomestareita ja lavetteja, jotta niitä voidaan kuljettaa. Tämä vaihtoehto vapauttaisi vetomestarit ja lavetit pelkästään näihin kuljetuksiin, mikä on ainoa järkevä vaihtoehto, sillä lavetteja on rajallisesti.

Lauhdutin lohkojen kuljetuksessa on käytettävä vetomestaria ja lavettia, sillä ne ovat painoluokaltaan 2 ja kokoluokaltaan 3 (Liite 1.). Näiden käsittely on siis tehtävä nostureilla. Lauhdutinlohkoja vaihdetaan tässä vuosihuollossa 8 kappaletta, joten kuljetusreitti on ajettava 8 kertaa vieden poistuvat laitteet pois ja toiset 8 kertaa tuoden uudet laitteet tilalle.

Lauhduttimen lohkot ovat siis todella suuria ja painavia, joten niiden kuljettamiseen menee väkisin paljon aikaa. Kuljetukset on myös hyvä ajoittaa sellaiseen väliin, että kuljetusreitillä olisi mahdollisimman vähän liikennettä.

Pääkiertopumppujen siirto onnistuu haarukkatrukeilla, samalla tavalla kuten vuoden 2016 vuosihuollossakin. Vuoden 2017 vuosihuolloissa vaihdetaan kuitenkin kaikki 6

pääkiertopumppua. Tämän vuoksi trukkien on kuljettava reitti 6 kertaa. Vieden ensin vanhat pumpput varastoon ja toiset 6 kertaa tuoden uudet pumpput tilalle.

On tultu siihen tulokseen, että kuljetukset tehdään kahdella haarukkatrukilla, joista toinen on hieman leveämpi Linden trukki ja toinen Kalmarin pienempi trukki. Tällöin yksi trukki jää käytettäväksi osien lastaukseen ja muihin töihin.

Korkeapaine-esilämmittimien kuljetus on suoritettava Sisun vetomestarilla ja käyttämällä sen perässä kuljetuslavettia, sillä nämä ovat paino- ja kokoluokaltaan luokkaa 3. (Liite 1.) Kuljetus on siis todella raskas ja vaatiikin siksi painoluokkansa takia mobiili- ja/tai siltanosturin, jotta niitä voidaan käsitellä. Kyseisessä vuosihuollossa vaihdetaan OL 2:n kaikki 4 korkeapaine-esilämmitintä, joten kuljetusreitti on myös ajettava ensin 4 kertaa vieden poistuvat laitteet niille varattuun varastoon ja toiset 4 kertaa tuoden uudet laitteet tilalle. (Taulukko 1.)

Korkeapainejälkijäähdyttimien kuljetukset voidaan suorittaa käyttäen Terbergin vetomestaria ja sen perässä kuljetuslavetti koska jälkijäähdyttimet ovat painoluokaltaan 2, mutta kokoluokaltaan 3. (Liite 1.) Painoluokka 2 tarkoittaa kuitenkin, sitä että niitä on myös käsiteltävä mobiili- tai siltanosturilla. Tässä revisiossa vaihdetaan OL 2 laitoksen molemmat korkeapainejälkijäähdyttimet, joten tämän yhdistelmän on ajettava kuljetusreitti ensin kahteen kertaan vieden poistuvat laitteet varastoon ja toiset kaksi kertaa tuoden uudet laitteet tilalle. (Taulukko 1.)

Ejektoreja vaihdetaan kaksi kappaletta. Poistuvat ja uudet ejektorit kuuluvat painoluokkaan 1 ja kokoluokkaan 2 (Liite 1.). Niitä voidaan siis kuljettaa käyttäen joko vetomestaria ja lavettia tai trukkia ja sen perässä trugin peräkärä. Molemmilla tavoilla kuljettaessa yhteen kuljetukseen mahtuu molemmat ejektorit eli kuljetus reitti tulee ajaa kerran vieden poistuvat laitteet varastoon ja toisen kerran tuoden uudet laitteet tilalle.

Parempi vaihtoehto on kuljettaa ejektorit käyttäen trukkia ja sen peräkärä. Tämä sen vuoksi, että saadaan käytettyä lavetteja kuljetuksissa, joissa ei voida käyttää muita kuljetusvälineitä. Tämä vaihtoehto avaa myös vaihtoehdon, jossa laitteita voidaan kuljettaa kahdella trukilla samanaikaisesti, mikäli niitä on vapaana. Tässä vaihtoeh-

dossa tulee kuitenkin huomioida poistuvien laitteiden osalta, että laitteet ylittävät hieman peräkärryn leveyden ja vaativat näin ollen tarkemman sidonnan.

Taprogge-järjestelmän siivilät ovat sekä koko- että painoluokaltaan luokkaa 1 (Liite 1.) eli niiden kuljettaminen onnistuu trukilla. Siivilöitä on vain yhdet laitosta kohti, joten kuljetusreitti on ajettava vain kerran vieden vanhat siivilät pois ja tuoden uudet siivilät tilalle. Kuljetuksessa voidaan käyttää kahta trukkia samanaikaisesti, mikäli niitä on vapaana.

#### 4.4.3 Vuosihuollot 2018

Vuoden 2018 vuosihuolloissa vaihdetaan OL 1:lle korkeapaine-esilämmittimet sekä -jälkijäähdyttimet, lauhdutin, ejektorit, taprogge-järjestelmän siivilät sekä 5 pääkiertopumppua, niiden taajuusmuuttajat ja läpivientiyksiköt. (Taulukko 1.)

Vuonna 2018 vaihdetaan taas taajuusmuuttajia ja niiden läpivientiyksiköitä. Nämäkin yksiköt tullaan siirtämään varastosta laitokselle käyttäen pienempää trukkeja ja niiden perässä trukin perävaunua. Kuljetuksia täytyy tehdä ensin viisi vieden poistuvat laitteet varastoon ja toiset viisi vieden uudet laitteet sisäänmeno paikalle. Näiden kuljetukset suoritetaan trukeilla ja niiden peräkärryillä siksi, että saadaan vetomestarit ja lavetit vapautettua raskaampien laitteiden kuljetukseen, jolloin niiden siirtäminen on mahdollista samanaikaisesti näiden kanssa.

Pääkiertopumput kuljetetaan trukeilla kuten aiemmissakin vuosihuolloissa. Vaihdettavia pumppuja on tässä vuosihuollossa viisi, joten kuljetusreitti tulee ajaa läpi viisi kertaa, molemmilla trukeilla vieden ensin poistuvat laitteet varastoon ja sitten toiset viisi kertaa tuoden uudet pumpput tilalle. Yksi trukki on jälleen lastaamassa muuta tavaraa tai vapaana muuhun käyttöön.

Lauhduttimenmoduulien siirto on tehtävä samalla kaavalla kuin vuoden 2017 vuosihuollossakin. Se on siis kuljetettava Sisun vetotrukilla käyttäen sen perässä lavettia. Osia on myös käsiteltävä silta- tai mobiilinosturilla, koska moduulien painoluokka on luokkaa 2. (Liite 1.)

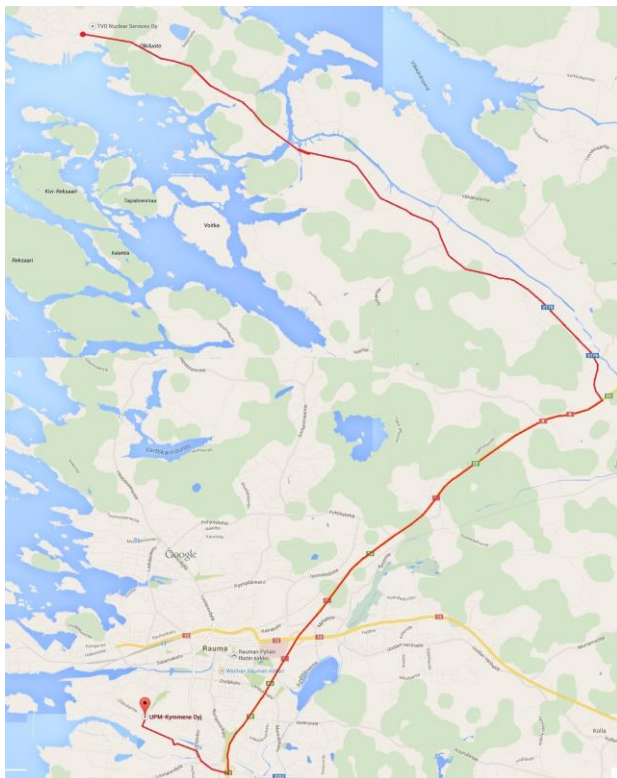
Korkeapaine-esilämmittimien, sekä -jälkijäähdyttimien kuljetukset hoidetaan samalla tavalla kuin tehtiin OL 2:lle vuoden 2017 vuosihuollossa.

Ejektorien kuljetukset voidaan hoitaa samalla tavalla kuin vuoden 2017 vuosihuollossakin eli käyttäen trukkia ja sen perässä trugin peräkärä, jolloin laitteet mahtuvat yhteen kuljetukseen.

Taprogge-järjestelmän siivilöiden kuljetus voidaan myös hoitaa samalla tavalla kuin vuoden 2017 vuosihuollossa eli kuljettaa ne trukilla vieden ensin vanhat siivilät varastoon ja sen jälkeen tuoden uudet siivilät tilalle. Kuljetus voidaan hoitaa myös samanaikaisesti kahdella trukilla, jolloin toinen vie vanhat siivilät varastoon ja toinen tuo uudet siivilät tilalle.

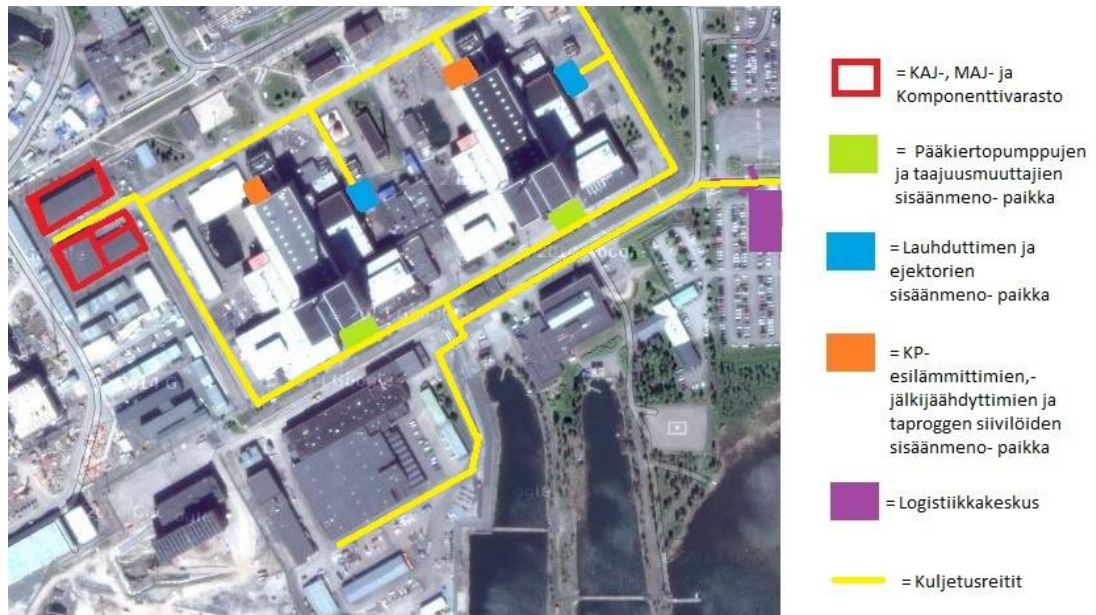
#### 4.5 Kuljetusreittien suunnittelu

Kuljetusreitti TVO:n alueen ulkopuoliselta varastolta TVO:n alueelle kulkee isoja teitä pitkin ja ylittää vain Olkiluodontien sillan. Reitillä ei siis ole painorajoitteisia siltoja tai liikennemerkkejä, jotka rajoittaisivat kuljetuksia. Kuljetusreitti on kuitenkin vilkasliikenteinen, joten kuljetukset tulisi ajoittaa niin, etteivät ne ajoittuisi pahimpiin ruuhka-aikoihin, eivätkä näin ollen aiheuttaisi muulle liikenteelle suurta haittaa.



(Kuva 22.) Kuljetusreitti TVO:n alueen ulkopuoliselta varastolta

TVO:n alueella sijaitsevista varastoista kuljetusreitit eroavat hieman riippuen laitteiden sisäänmeno paikasta. Kuvaan on merkitty eriväreillä mistä mikäkin laite viedään sisään ja tuodaan ulos. Kuvaan on myös merkitty logistiikkakeskus, jonka kautta ulkopuoliselta varastolta tulevat laitteet tuodaan alueelle. Kuvasta käy ilmi, myös missä ovat MAJ-, KAJ- ja komponenttivarasto, sekä päävarasto jonne poistuvat laitteet tullaan varastoimaan. Kuljetusreitit ovat sen verran leveitä, että niitä pystytään käyttämään kaikissa kuljetuksissa.



(Kuva 23.) TVO:n alueella tapahtuvien kuljetusten reitit

#### 4.6 Nostojen suunnittelu

Nosturit ja nostoapuvälineet on tarkastettava säännöllisin väliajoin sekä aina ennen käyttöönottoa. Näiden tarkastuksen voi hoitaa joko TVO:n työntekijä tai ulkopuolinen urakoija, jolla on työhön tarvittava pätevyys. Niitä tulee myös käyttää vain sellaisiin tarkoituksiin, joihin ne on suunniteltu. Tarkastuksista ja mahdollisista korjauksista on pidettävä kirjaa ja säilytettävä 2 vuotta koskien apuvälineitä ja 5 vuotta koskien nostureita.

Nostojen ja raskaiden siirtojen suunnittelu on liitettävä osaksi materiaalinkäsittelysuunnittelua. Siinä tulee huomioida kaikki tapahtuvat siirrot, nostokohdat sekä käytettävät nostoapuvälineet. Tämä kaikki, jotta nostot olisivat turvallisia, taloudellisia ja joustavia.

Nostosta on tehtävä erityisnostosuunnitelma, mikäli nosto on erityisen kookas tai raskas. Se on laadittava myös siinä tapauksessa, että nostettava kappale ylittää normaalin kuorma-autokuljetuksen sallimat koko rajat tai sisältää erityisen turvallisuusriskin.



Erityisnostosuunnitelma on hyväksyttävä työsuojeluorganisaatiolla ja nostavan organisaation esimiehellä ennen noston aloittamista.

Tämän lisäksi on myös tehtävä riskianalyysi, jossa on huomioitava, myös nosturin kaatuminen. Analyysi on toimitettava turvallisuustoimiston tarkastettavaksi ennen nostotöiden aloittamista. (Kuusisto 2013, 8 - 13.)

Tarkemmat tiedot löytyvät TVO:n yleisnosto- ohjeesta, 112596.

Käytettäviä nostolaitteita ovat TVO:n alueella sijaitseva siltanosturi, jonka nostokyky on 30 tonnia ja TVO:n ulkopuoliselta varastossa on siltanosturi, jonka nostokyky on 70 tonnia. Näiden lisäksi on käytettävä mobiilinosturia, joka on vuokrattava käyttöön nostojen ajaksi. Tämän nosturin nostokyky on oltava vaihdettavista laitteista riippuen 30 tonnista 45 tonniin. Mobiilinosturin nostot on suunniteltava niin, että ne saadaan tehtyä mahdollisimman lyhyessä ajassa, koska nosturi on vuokrattava ja se nostaa kustannuksia.

## 5 YHTEENVETO

Työssä työskenneltiin monen eri jaoksen rajapinnassa, joka loi oman haasteensa työhön. Varastoinnin suunnittelussa haastetta toi varastojen nykyinen käyttöaste, joka on melko korkea. Tämän ongelma ratkaistiin päättämällä ottaa varastointitilaa TVO:n alueen ulkopuolelta, jotta suuremmat laitteet saadaan varastoitua. Varastoinnin suunnittelua vaikeuttaa, myös projektin alkuun oleva aika, koska varastointitilanteet saattavat muuttua vielä ennen projektin toteutuksen alkua. Ongelmaan on vastattu esittämällä varastointivaihtoehtoja eri vuosihuolloille. Myös poistuvat laitteet loivat oman haasteensa, koska niiden varastointipaikka riippuu niiden aktiivisuudesta ja ne selviävät vasta kun säteilyvalvonta on saanut otettua viimeiset näytteensä ennen projektin alkua. Tämäkin ongelma on käsitelty esittämällä muutamia vaihtoehtoja laitteiden varastointipaikoista.

Kaikista ongelmista huolimatta on saatu koostettua kattava vaihtoehtoja sisältävä esitys siitä, miten laitteet tulee varastoida ja missä varastoissa se on mahdollista. On selvitetty myös laitteiden varastointiajat siinä määrin kuin se on mahdollista ja piirretty kuvia havainnollistamaan kokonaisuutta. Lisäksi on vielä kerätty yhteen kaikkien laitteiden mittatiedot, laskettu niiden pinta-alat, tilavuudet, sekä selvitetty muut merkittävät asiat laitteista. Laitteiden varastointivaihtoehtoista on myös piirretty havainnollistavat kuvat, joista käy ilmi laitteiden oikeat mittasuhteet jotka selkeyttävät näin ollen tilantarvetta.

Kuljetuskalustosta tietoa löytyi helpommin kuin varastoista johtuen osin siitä, että niitä hallinnoi vain muutama eri organisaatio. Kuljetuksia mietittäessä suurin ongelma tuli vastaan aikataulutuksessa, sillä kuljetuskalustoa on kuitenkin rajallisesti. Ongelmaan vastattiin esittämällä vaihtoehtoja kunkin laitteen kuljetuksista ja valikoidulla näistä vaihtoehtoista sellainen, että kaikki laitteet pystytään kuljettamaan ja vieläpä tehokkaasti. Oman lisänsä työhön toi myös alueen ulkopuolisen varaston käyttö, joka lisäsi erikoiskuljetusten mietinnän työhön.

Työssä on esitetty kattavasti vaihtoehtoja siitä miten laitteita voidaan kuljettaa mil-laista reittiä niitä tulee kuljettaa. Kuljetusreittejä on havainnollistettu kuvin, joista käy ilmi mistä mikäkin laite viedään laitokselle. Lisäksi työssä on hahmoteltu aika-  
taulua, josta selviää milloin mitäkin kuljetuskalustoa tarvitaan. Tätä laadittaessa on myös otettu huomioon, että kuljetuskalustoa on tarpeeksi.

Työn tuli saada tehdyksi neljässä kuukaudessa. Aikaa varattiin varmuudenvuoksi reilusti, jotta työn varmasti ehtisi tekemään, vaikka ilmaantuisi yllättäviä esteitä. Aika-  
taulussa kuitenkin pysyttiin ja vielä alitettiinkin.

Työn tuloksena syntyneestä esityksestä voidaan käyttää hyödyksi lopullista laitteiden vaihtoaikataulua ja varastointisuunnitelmaa tehtäessä, kun tarkemmat säteilytiedot ja varastonkäyttöasteet ovat selvillä. Työssä on jo selvitetty laitteiden vaatimat varastointivaatimukset, sekä kuljetukseen kelpaava kuljetuskalusto, sekä esitetty vaihtoehtoja niin varastoinnista kuin siirtokuljetuksista. Kaiken kaikkiaan työstä käy ilmi kaikki oleellinen projektien kuljetuksiin ja varastointiin liittyvä kunhan viimeiset yksityiskohdat tarkentuvat.

Näiden projektien jälkeen on varastoissa paljon tavaraa, joka tulisi saada hävitettyä tai myytyä eteenpäin sulatettavaksi. Tämä on tärkeä osa projektien loppuunsaattamiseksi ja vaatii vielä suunnittelua, jotta se saataisiin hoidettua järkevästi. Laitteet eivät vain vie tilaa varastoissa, vaan niissä on myös arvokkaita metalleja, joiden myyminen olisi myös taloudellisesti kannattavaa.

## LÄHTEET

### **Kirjallisuuslähteet:**

Harju, T. 2013. 313- Pääkiertopumppujen huolto- ohje. TVO:n ohjeet. Ei julkinen.

Karhunen, J., Pouri, S. & Santala, J. 2008. Kuljetukset ja varastointi. Helsinki: Suomen logistiikkayhdistys ry.

Karrus, K. E.1998. Logistiikka. Porvoo: WSOY.

Kuusisto, K. 2013. Nostojen hallintaohje. TVO:n ohjeet. Ei julkinen.

Salonen, H. 1992. Laitostuntemus.

Sandberg, J. 2004. Ydinturvallisuus. Hämeenlinna: Säteilyturvakeskus.

Santala, J. 1989. Kauppamerenkulku ja satamatoiminnot. Teoksessa Pöllänen, M., Säily, S., Kalenoja, H. & Mäntynen, J. 2005. Merenkulku ja satamatoiminnot. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto.

Vuoristo, J. 1994. Vesiliikenne. Teoksessa Pöllänen, M., Säily, S., Kalenoja, H. & Mäntynen, J. 2005. Merenkulku ja satamatoiminnot. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto.

### **Sähköpostit ja henkilökohtaiset tiedonannot:**

Jurvakainen, E. 313-pumppu, ROOTTORINOSTO. Vastaanottaja: niko.jalonen@tvo.fi. Lähetetty 20.11.2014 klo 10.05. Viitattu 20.11.2014.

Kaija, J. Kalusto. Vastaanottaja: niko.jalonen@tvo.fi. Lähetetty 14.11.2014 klo 8.42. Viitattu 18.11.2014.

Hakala, K. KP- esilämmittimistä ja - jälkijähdyttymistä. Vastaanottaja: niko.jalonen@tvo.fi. Lähetetty 07.01.2015 klo 11.48. Viitattu 07.01.2015.

Hakala, K. KP- esilämmittimien mitat. Vastaanottaja: niko.jalonen@tvo.fi. Lähetetty 12.11.2014 klo 14.49. Viitattu 13.11.2014.

Hakala, K. Vielä lauhduttimista ja ejektoreista. Vastaanottaja: niko.jalonen@tvo.fi. Lähetetty 07.01.2015 klo 13.01. Viitattu 07.01.2015.

Puonti, S. Taajuusmuuttajista. Vastaanottaja: niko.jalonen@tvo.fi. Lähetetty 12.11.2014 klo 15.29. Viitattu 13.11.2014.

Puonti, S. Uusien taajuusmuuttajien varastointiajoista. Vastaanottaja niko.jalonen@tvo.fi Lähetetty 13.1.2015 klo 14.28. Viitattu 13.1.2015.

Suomela, T. pääkiertopumppujen läpivientyksiköistä. Vastaanottaja: niko.jalonen@tvo.fi. Lähetetty 13.11.2014 klo 16.14. Viitattu 18.11.2014.

Talonpoika, T. Läheslopullinen oppari. Vastaanottaja: niko.jalonen@tvo.fi. Lähetetty 06.02.2015 klo 09.08. Viitattu 10.02.2015.

Talonpoika, T. Condenser replacement OL1 & OI2 / Contract Attachments and revised clad tubesheet material specification. Vastaanottaja: niko.jalonen@tvo.fi. Lähetetty 3.12.2014 klo 15.38. Viitattu 4.12.2014.

Väkiparta, M. 313P1- 6. Vastaanottaja: niko.jalonen@tvo.fi. Lähetetty 24.11.2014 klo 8.41. Viitattu 24.11.2014.

Westerholm, H. Uusista pääkiertopumpuista. Vastaanottaja: niko.jalonen@tvo.fi. Lähetetty 20.11.2014 klo 14.19. Viitattu 24.11.2014.

**Tiedostolähteet:**

Alm- Lytz, K., Riihiluoma, V. & Vilkamo, O. kirjasarjaV\_ydinturvallisuus\_4. PDF-tiedosto. Viitattu 26.1.2015.

Niemi, M. 2011. 2002-C5-B Tractor-trailer-auxiliary trailer. Viitattu 20.11.2014. Ei julkinen.

Niemi, M. 2011. 2003-C7-B Rolux platform. Viitattu 20.11.2014. Ei julkinen.

Niemi, M. 2012. 2100-D1\_A\_2 Translifter-trailer. Viitattu 20.11.2014. Ei julkinen.

Puonti, S. 2013. FSAR layout. PDF-tiedosto. Viitattu 18.11.2014. Ei julkinen.

Puonti, S. 2013. FSAR tekninen erittely. PDF-tiedosto. Viitattu 18.11.2014. Ei julkinen.

TI-CON\_BD\_Appendix-02\_Technical\_Specification\_03. 2014. Viitattu 18.12.2014. Ei saatavilla.

TI-CON\_Mitat\_ja\_painot. 2014. Viitattu 13.11.2014. Ei julkinen.

TVO technical specification 20140805. 2014. Viitattu 13.11.2014. Ei julkinen.

TVO:n Tiiminet. 2008. 161. PowerPoint-diat. Viitattu 15.01.2014. Ei julkinen.

TVO:n Tiiminet. 2008. 162. PowerPoint-diat. Viitattu 15.01.2014. Ei julkinen.

TVO:n Tiiminet. 2008. 163. PowerPoint-diat. Viitattu 15.01.2014. Ei julkinen.

TVO:n Tiiminet. 2009. 313(FSAR). Powerpoint-diat. Viitattu 11.11.2014. Ei julkinen.

TVO:n Tiiminet. 2007. 445. PowerPoint-diat. Viitattu 11.11.2014. Ei julkinen.

TVO:n Tiiminet. 2014. 649 Taajuusmuuttajat. PowerPoint-diat. Viitattu 11.11.2014. Ei julkinen.

TVO:n Tiiminet. 2014. Suunniteltuja laitosmuutoksia. PowerPoint-diat. Viitattu 11.11.2014. Ei julkinen.

**Internet lähteet:**

ABB:n www-sivut. Viitattu 27.11.2014. <http://www.abb.fi>

Ely- keskuksen www- sivut. 2013. Erikoiskuljetukset. Viitattu 3.12.2014. <https://www.ely-keskus.fi/web/ely/erikoiskuljetukset>

Satateräs Oy:n www-sivut. Viitattu 27.11.2014. <http://www.satateras.fi>

Teollisuuden Voiman www-sivut. 2014. Viitattu 7.11.2014. <http://www.tvo.fi/>

## **Koko-, Paino- ja Kuljetusluokat**

### Painoluokka

1. Paino alle 8 tonnia, voidaan siirtää ja käsitellä trukilla.
2. Paino yli 8, mutta alle 30 tonnia, voidaan siirtää Terbergin vetotrukilla. Käsiteltävä silta- tai mobiilinosturilla.
3. Paino yli 35 tonnia, siirrettävä Sisun vetotrukilla ja käsiteltävä raskaalla silta- tai mobiilinosturilla.

### Kokoluokka

1. Pituus alle 2 metriä ja leveys alle 1,4 metriä, voidaan siirtää trukilla.
2. Pituus alle 7 metriä ja leveys alle 2,4 metriä, voidaan siirtää lavetin päällä.
3. Pituus yli 7 metriä ja leveys yli 2,4 metriä, mutta alle 3,5 metriä, on siirrettävä erikostrailerilla.

### Kuljetusluokka

1. Ei vaadi erikoiskuljetusta
2. Vaatii erikoiskuljetuksen (Laitte ylittää tieliikenteen sallitut mitta- ja/tai painorajoitukset.)



## Vuoshuolto 2016

Laitos	Komponentti	Määrä	Kuljetuskalusto	Nostot	Huomioitavaa
OL1	Taajuusmuuttaja	1	vetotrukki + lavetti	trukki	
OL1	Kaapelirulla	1	vetomestari + lavetti	silta- tai mobiilinosturi	
OL1	Pääkiertopumppu	1			
	Osa 1	1	trukki	trukki	oltava tarkka laitteiden painopisteiden kanssa
	Osa 2	1	trukki	trukki	oltava tarkka laitteiden painopisteiden kanssa



## LIITE 2

Laitos	Komponentti	Määrä	Kuljetuskalusto	Nostot	Huomioitavaa
OL2	Taajuusmuuttaja	6	trukki + peräkärri	trukki	
OL2	Kaapelirulla	1	vetomestari + lavetti	silta- tai mobiilinosturi	
OL2	Pääkiertopumppu	6	trukki	trukki	
OL2	Osa 1	6	trukki	trukki	Oltava tarkka laitteiden painopisteiden kanssa
OL2	Osa 2	6	trukki	trukki	Oltava tarkka laitteiden painopisteiden kanssa
OL2	Lauhdutin lohkot	8	vetomestari + lavetti	silta- tai mobiilinosturi	Voidaan siirtää pienemmällä vetomestarilla
OL2	Ejektorit	3	trukki + peräkärri	silta- tai mobiilinosturi	Oltava tarkka poistuvien laitteiden sidonnan kanssa
OL2	Taprogge- järjestelmän siivilät	1	trukki	trukki	
OL2	Korkeapaine- esilämmittimet	4	vetomestari + lavetti	silta- tai mobiilinosturi	Tarvitaan suurempaa vetomestaria
OL2	Korkeapaine- jälkijäähdyttimet	2	vetomestari + lavetti	silta- tai mobiilinosturi	Voidaan siirtää pienemmällä vetomestarilla



## LIITE 2

Vuosihuolto 2018						
	Laitos	Komponentti	Määrä	Kuljetuskalusto	Nostot	Huomioitavaa
	OL1	Taajuusmuuttaja	5	trukki + peräkärri	trukki	
	OL1	Kaapelirulla	1	vetomestari + lavetti	silta- tai mobiilinosuri	
	OL1	Pääkiertopumppu	5	trukki	trukki	
	OL1	Osa 1	5	trukki	trukki	Oltava tarkka laitteiden painopisteiden kanssa
	OL1	Osa 2	5	trukki	trukki	Oltava tarkka laitteiden painopisteiden kanssa
	OL1	Lauhdutin lohkot	8	vetomestari + lavetti	silta- tai mobiilinosuri	Voidaan siirtää pienemmällä vetomestarilla
	OL1	Ejektorit	3	trukki + peräkärri	silta- tai mobiilinosuri	Voidaan siirtää pienemmällä vetomestarilla
	OL1	Taprogge- järjestelmän siivilät	1	trukki	trukki	
	OL1	Korkeapaine- esilämmittimet	4	vetomestari + lavetti	silta- tai mobiilinosuri	Tarvitaan suurempaa vetomestaria
	OL1	Korkeapaine- jälkijäähdyttimet	2	vetomestari + lavetti	silta- tai mobiilinosuri	Voidaan siirtää pienemmällä vetomestarilla

