

Mikko Penttinen

**LAYOUTSUUNNITTELU TUULITURBIINIVAIHTESTOJEN  
KOEAJOKENTÄN VALMISTELUPIISTEESEEN**

# LAYOUTSUUNNITTELU TUULITURBIINIVAIHTESTOJEN KOEAJOKENTÄN VALMISTELUPIISTEESEEN

Mikko Penttinen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2018  
Kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma

---

Tekijä: Mikko Penttinen  
Opinnäytetyön nimi: Layoutsuunnittelu tuuliturbiinivaihteistojen koeajokentän valmistelupisteeseen  
Työn ohjaaja: Kai Jokinen  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2018  
Sivumäärä: 30 + 1 liite

---

Opinnäytetyön aiheena oli layoutsuunnittelu tuuliturbiinivaihteistojen koeajokentän valmistelupisteeseen. Tavoitteena oli saada aikaan toimiva ja joustava layout koeajokentän valmistelupisteeseen. Layoutsuunnittelu sijoittui Moventas Gears Oy:n uuteen halliin, joka valmistuu kevään aikana. Työn tilaajana toimi Moventas Gears Oy.

Layoutsuunnittelu alkoi tutustumisella uuteen halliin ja tuleviin komponentteihin ja laitteisiin, jotka sijoitetaan uuden hallin koeajon valmistelupisteeseen. Laitteiden ja komponenttien mitat käytiin läpi ja niitä alettiin mitoittaa uuteen halliin. Halliin tuli suunnitella tila myös vaihdepuskurille, jossa vaihteita varustellaan koeajoa varten. Hallin layoutia suunniteltaessa otettiin huomioon myös työntekijöiden vaatimat tilat ja työnteon turvallisuus. Layout-piirros tehtiin AutoCad-ohjelmistolla.

Valmistunut layout todettiin toimivaksi kokonaisuudeksi ja kaikki komponentit, laitteet ja tuuliturbiinivaihteet saatiin sopimaan lattialle tulevaan koeajon valmistelupisteeseen. Yritys jatkaa uuden hallin valmistelua ja rakentamista koeajokäyttöön. Valmistunut layout toimii yritykselle ohjenuorana.

---

Asiasanat: layout, tuuliturbiinivaihde, koeajo

# ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree programme in Mechanical and Production Engineering (BSc), Machine  
Automation

---

Author: Mikko Penttinen

Title of thesis: Layout Planning for Preparation Site of Test Run of Wind Turbine  
Gearboxes

Supervisor: Kai Jokinen

Term and year when the thesis was submitted: spring 2018

Pages: 30 + 1 appendices

---

The aim of this thesis is to provide a layout plan for the preparation site, where the wind turbine gearboxes are prepared for a test run. The objective was to create a layout that is both effective and flexible. This thesis and the planning of the site layout were commissioned by Moventas Gears Oy for their new factory hall under construction that is set to finish during the spring of 2018.

The planning process of the layout began by becoming acquainted with the premises of the new factory hall, as well as with the components and machinery that will be placed in the upcoming testing site. The dimensions of the different machines and components were measured in order to be able to start sketching them in the layout plan. Furthermore, the layout had to include a space for a gearbox buffer, where the gearboxes are appropriately equipped for the test run. Safety of labour was a key point in the planning of the layout, and also wishes and requirements from the employees were taken into consideration. The layout plan was drawn by using AutoCad software.

The finished layout plan was deemed effective and functional, and all the components, machinery and wind turbine gearboxes could be fit in the space allocated for the test drive preparation site in the factory hall. Moventas Gears Oy will continue the construction and preparation of the new hall for the purpose of testing the wind turbine gearboxes, utilising the layout plan provided in this thesis as a guideline.

---

Keywords: layout, windturbine gearbox, testrun

## **ALKULAUSE**

Tämä opinnäytetyö on tehty Moventas Gears Oy:lle. Erityisesti haluan kiittää Moventaksen projektiin osallistuneita henkilöitä hyvistä neuvoista ja opinnäytetyön tekemisen mahdollistamisesta. Lisäksi haluan kiittää oppilaitoksen yliopettaja Kai Jokista, joka toimi myös työn ohjaajana.

7.6.2018

Mikko Penttinen

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO	7
2 MOVENTAS GEARS OY	8
3 TUULITURBIINI JA VAIHDE	10
3.1 Tuuliturbiini	10
3.2 Vaihteen rakenne ja toiminta	11
4 TUULITURBIINIVAIHTEIDEN KOEAJO	13
5 LAYOUTSUUNNITTELU YLEISESTI	15
6 LAYOUTSUUNNITTELU JA TOTEUTUS	17
6.1 Suunnittelu ja halliin tutustuminen	17
6.2 Koeajopaletit	19
6.3 Öljykoneikko	21
6.4 Öljynvalutusallas ja ilmatyynylankun letkukela	23
6.5 Tuuliturbiinivaihdepuskuri	25
7 YHTEENVETO	28
LÄHTEET	
LIITTEET	

# 1 JOHDANTO

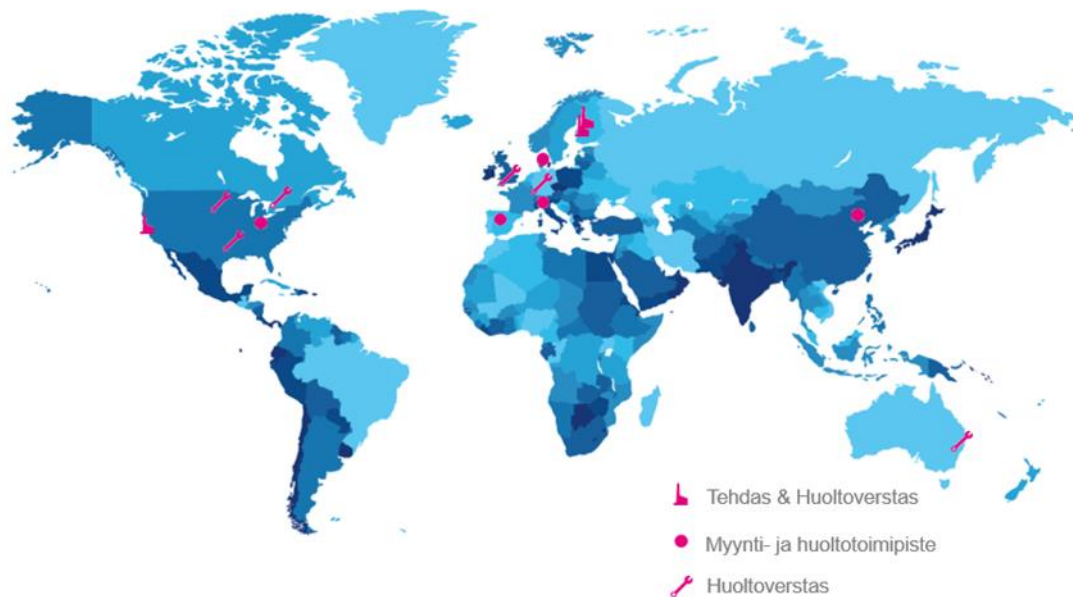
Opinnäytetyön toimeksiantajana on Moventas Gears Oy. Moventas Gears Oy on globaali tuuliturbiinivaihteiden valmistaja. Opinnäytetyön aiheena on layoutsuunnittelu uuteen halliin.

Opinnäytetyön tavoitteena on saada valmistettua toimiva ja mahdollisimman sujuva layout Moventakselle tulevaan uuteen halliin. Layoutsuunnittelu tehdään tuuliturbiinivaihteiden koeajokentän valmistelupisteeseen. Layoutsuunnittelussa tulee miettiä tarkoin prosessin kulku tuuliturbiinivaihteistojen koeajokentän valmistelupisteeseen. Suunnittelu sisältää tarkan tutustumisen vaihteisiin tehtäviin toimenpiteisiin ennen ja jälkeen vaihteiden koeajon. Suunnittelussa paikoitetaan myös eri komponentit ja laitteistot, joita tarvitaan koeajovalmisteluissa. Työ on rajattu koeajon valmistelupisteen layoutsuunnitteluun.

## 2 MOVENTAS GEARS OY

Moventas Gears Oy on maailman suurimpia tuuliturbiinivaihteita valmistava yritys. Moventas keskittyy maatuulivoimaan, mutta osaamista on myös merituuli- ja vuorovesivoimaloiden teknologiaan. Moventas tarjoaa myös omille ja muille tuuliturbiinivaihteiden valmistajille laajat huoltopalvelut. Kenttä- ja verstashuoltojen lisäksi Moventas tarjoaa vaihteisiin CMA-S-etävalvontaa. Yritys on valmistanut tuuliturbiinivaihteita vuodesta 1980 lähtien. Globaali asennuskanta on 14 000 vaihdetta. (1.)

Moventaksen päätoimipaikka sijaitsee Jyväskylässä. Yrityksellä on toimintaa seitsemässä maassa ympäri maailmaa (kuva 1). Eri maissa Moventaksella on kokoonpanotehtaita, huolto- ja myyntikonttoreita ja huoltoverstaita. Moventas työllistää noin 500 henkilöä, ja noin 400 niistä työskentelee Suomessa. (1.)



*KUVA 1. Moventas Gears Oy:n liiketoiminta maailmalla (1)*

Moventas kuuluu nykyisin skotlantilaiseen Clyde Blowers-teollisuusryhmään. Moventas jakautui vuonna 2015 kahdeksi omaksi liiketoiminnakseen. Teollisuusvaihdelaatikkotoiminta muutettiin omaksi yhtiöksi Santasalo Gears Oy:ksi. Vuodesta 2014 Moventaksen liiketoiminta on ollut kasvujohteista, koska tuulivoima-



ala kehittyi yleisesti ja Moventas panosti erityisesti asiakassuhteiden kehittämiseen ja huoltoverkoston laajentamiseen. Tuulivoima-alan tulevaisuus näyttää yleisestikin valoisalta. Moventas kehittää jatkuvasti kilpailukykyään pysyäkseen markkinoilla. (2.)

Opinnäytetyö tehdään pääsääntöisesti Jyväskylän Ikolan tehtaalla. Tehdas on pinta-alaltaan 24 000 m<sup>2</sup> ja on keskittynyt planeettavaihteiden komponenttinen tuotantoon sekä tuuliturbiinivaihteiden kokoonpanoon, koeajoon ja huoltoon. Ikolan tehtaaseen kuuluu seitsemän hallia. Tehdas sisältää karkaisimon, sisäosa-valmistuksen, purku- ja kokoonpanoalueet, automatisoidun testauksen ja logistiikan. Tehdas on otettu käyttöön vuonna 2008. Jyväskylässä sijaitsee myös toinen tehdas Rautpohjassa, jossa työn aikana vierailin muutamaan otteeseen. Rautpohjan tehtaalla tehdään Ikolan tapaan tuulivoimavaihteille komponenttivalmistusta ja koeajoa. (2.)

## 3 TUULITURBIINI JA VAIHDE

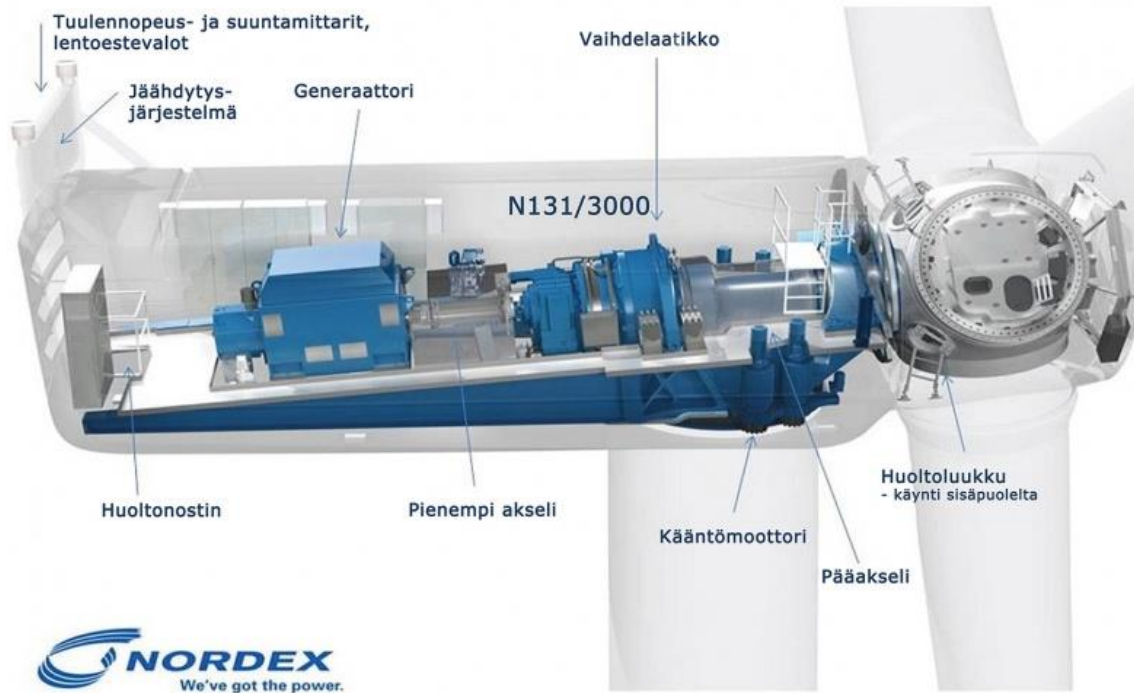
### 3.1 Tuuliturbiini

Tuulivoimala on koneisto, joka muuttaa tuulen liike-energian voimalan akselin pyörimisenergiaksi eli mekaaniseksi energiaksi. Kun akseli pyörii, tuulivoimalla oleva generaattori tuottaa sähköä. Tuulivoimalat ovat vaak akselisiä ja pääsääntöisesti 2 - 5 MW:n tehoisia. Tuulivoimalat ovat kolmelapaisia ja etutuu- livoimaloita, jotka ovat yleisimpiä tuulivoimalatyyppinä nykyään. Näiden tuulivoi- maloiden pyyhkäisyypinta-ala on suurimmillaan noin hehtaarin. Pyyhkäisyypinta- ala on suoraan verrannollinen tuottoon. Tällä tuulivoimalla tyyppillä on paras hyö- tysuhde, ja se on edullinen verrattuna muihin tuulivoimalla tyyppisiin. (3.)

Roottorin läpi virtaavien tuulien tehosisällöstä saadaan teoriassa hyödynnettyä noin 59 %. Tämä on myös tuulivoimalan teoreettinen maksimihyötysuhde. Suu- rimmat häviöt johtuvat roottorin takana olevasta tuulen nopeuden pienenemi- sestä. Nopeuden pienentyessä ilmassa laajenee massavirran säilyessä va- kiona. Roottorihyötysuhteet ovat käytännössä maksimissaan noin 50 %, koska häviöitä syntyy turbulentsuudessa, mekaanisessa voimansiirrossa, generaatto- rissa, muuntajassa ja kaapeleissa. (3.)

Tuulivoimaloiden koko on kasvanut huomattavasti viime vuosina paremman tuo- tannon saamisen vuoksi. Voimaloiden napakorkeus on yleensä 80 - 140 metrin korkeudessa. Roottorin lapojen halkaisija on noin 100 metriä, ja ne on valmistettu komposiittimateriaaleista. Suomessa käytettävät pisimmät lavat ovat yli 60 metriä pitkiä. Lavoilla säädetään voimalan tehoa, ja ne toimivat myös pysäytysmekanis- mina. Tornirakenne on yleensä putkirakenteinen terästorni. Terästorni on kiinni- tetty betoniseen perustukseen. Korkeaa tornia valmistettaessa alimman teräsloh- kon halkaisija on liian suuri kuljettamiseen, jolloin paras vaihtoehto on valmistaa hybriditorni tai teräslevytorni. Hybriditornissa osa rakenteesta on terästä ja osa betonia. (3.)

Tornin huipulla sijaitsee voimalan konehuone. Konehuoneen tärkeimmät osat ovat vaihteisto, generaattori, muuntaja sekä säätö ja ohjausjärjestelmät. Kone- huoneen runko on yleensä terästä ja ulkokuori lasikuitua (kuva 3) (3.)



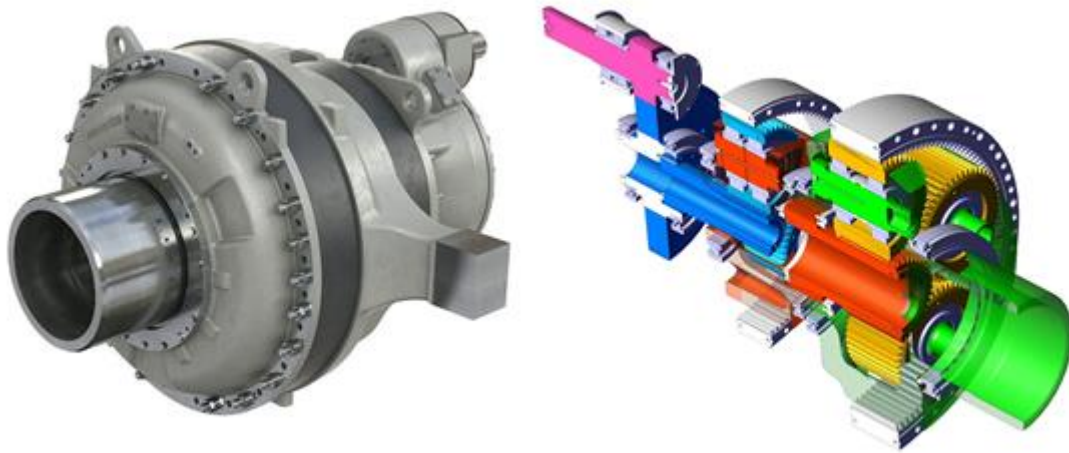
KUVA 2. Tuulivoimalan konehuone (3)

### 3.2 Vaihteen rakenne ja toiminta

Vaihteen avulla tuulen aikaansaama pyörimisenergia muunnetaan generaattorille sopivaksi. Tuuliturbiinin sijainti, tuulen voimakkuus ja generaattorin vaatima pyörimisnopeus määrittävät vaihderatkaisun ja sen välityssuhteen. Generaattorin vaatima pyörimisnopeus vaihtelee 1000 - 1600 rpm, kun taas roottorin lapojen pyörimisnopeus vaihtelee vain 5 - 22 rpm välillä. Yleisimpänä vaihteen käytetään nykyään planeettavaihdetta. Tässä vaihdetyypissä planeetta- ja lieriövaihteen yhdistelmä takaa hyvän hyötysuhteen, hiljaisuuden ja keveyden. (4, s. 189)

Yleisimmät vaihteet koostuvat yhdestä tai kahdesta planeetta vaihteesta ja yksi tai kaksiportaisesta lieriöhammaspyörävaihteesta. Esimerkiksi Exceed-vaihteessa on iso ja pieni planeettaporras ja lieriöporras (kuva 3). Ensimmäisen portaan planeettapyörän kantajan hitaaseen akseliin kiinnittyy roottorin pääakseli. Kantajaan on asennettu viisi planeettapyörää, jotka pyörivät isoa kehäpyörää vasten. Toisessa planeettaportaassa kehäpyörä pysyy myös paikallaan ja planeetta pyöriä on enää kolme. Seuraavaksi planeetankantajan veto välittyy lieriöportaalle kantajalta aurinkoakselin kautta. Portaan akseliparin hammastuksella

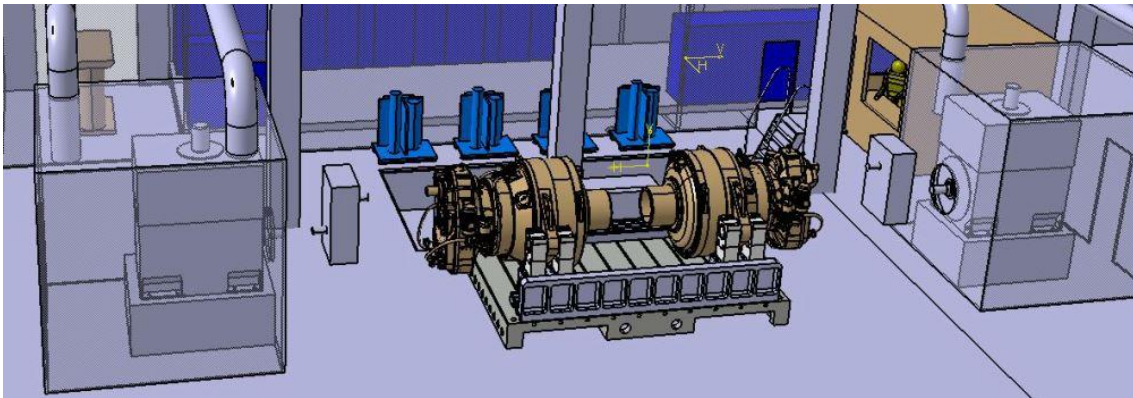
pystytään säätämään välityssuhdetta. Välityssuhdetta muuttamalla saadaan generaattoriin kiinnitetty nopea-akseli pyörimään halutuilla nopeuksilla. Vaihteen sisällä olevia laakereita ja hammaskosketuksia voidellaan putkistojen ja erilaisten öljysuuttimien avulla. Asiakkaan tarpeen mukaan vaihteen ulkopuolelle asennetaan esimerkiksi öljynlämmittimiä ja antureita. (5.)



*KUVA 3. Exceed-tuuliturbiinivaihte (5)*

## 4 TUULITURBIINIVAIHTEIDEN KOEAJO

Jokainen Moventaksen tuuliturbiinivaihte testataan täydellä kuormalla. Koeajo yhdelle vaihteelle kestää tyypillisesti noin 6 tuntia. Koeajoon tulee kaksi vaihdetta kerrallaan. Vaihteet valmistellaan koeajopalettiin koeajokentän ulkopuolella. Vaihteiden valmistelussa vaihteisiin tulee mm. kytkimet ja öljyletkut kiinni. Kun vaihteisiin on laitettu voiteluöljyt sisälle ja ne ovat muuten valmisteltuja, koko koeajopaletti ajetaan koeajokenttään (kuva 4). Koeajokenttä on suljettu tila, jossa vaihteet koeajetaan koeajokentän moottoreilla. Koeajokentän moottoreiden nimellisteho on 3,8 MW. Laitteisto on regeneroiva eli koko tehoa ei koeajon aikana oteta verkosta. (6.)



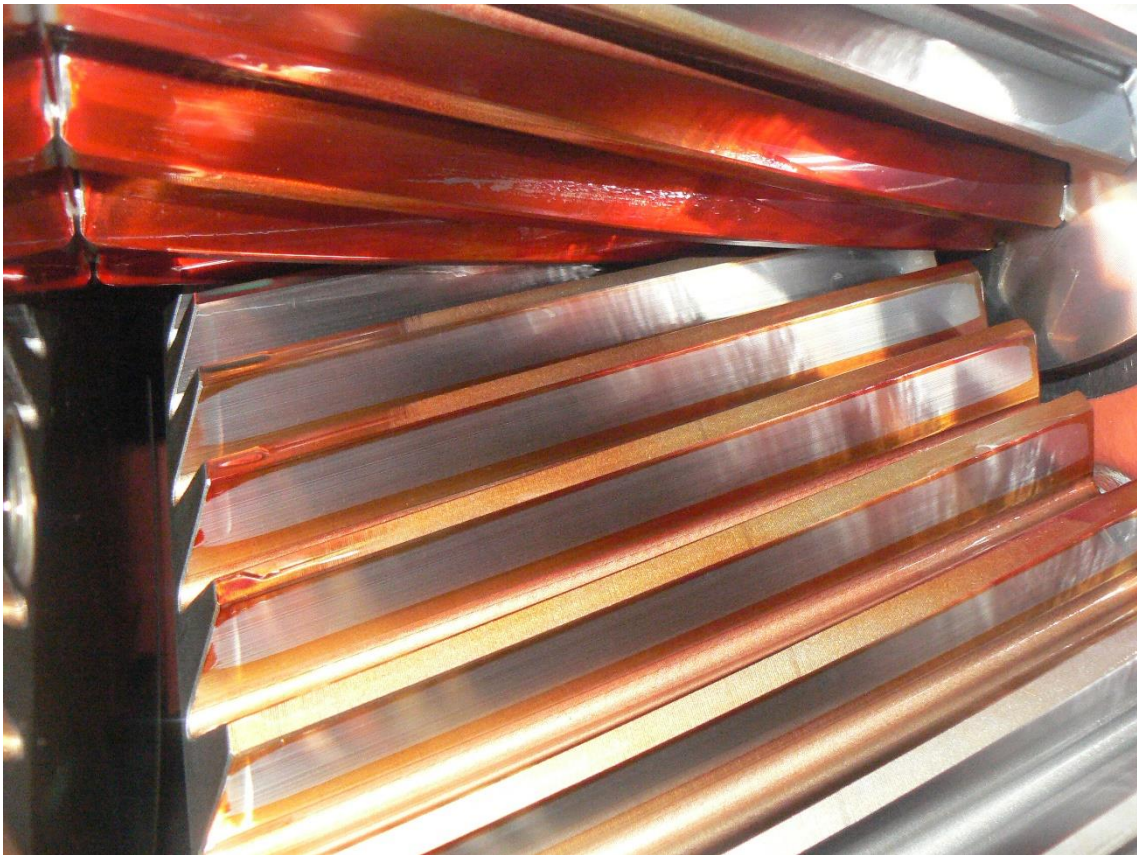
*KUVA 4. Koeajokenttä (1)*

Kun paletti on ajettu koeajokenttään, tehdään vielä viimeiset valmistelut ennen koeajon aloittamista. Valmisteluihin kuuluvat esimerkiksi öljyletkujen kiinnitys öljynpuhdistuslaitteistoon, kardaanien kiinnitys vaihteisiin ja erilaisten mittausantureiden kiinnitys. Ennen kuin koeajo voidaan kuitenkaan aloittaa, tulee vaihteiden öljyt puhdistaa öljynpuhdistuslaitteistolla vaadittuun puhtauteen. Vaatimuksena on puhtausluokka 17/14/11 ISO 4406 mukaan, mikä tarkoittaa, että 200 litrassa öljyä saa olla vain 0,25 grammaa epäpuhtauksia. (6.)

Koeajo suoritetaan asteittain. Kuormitusta lisätään askel kerrallaan kohti maksimikuormaa, mikä vaihteelle on asetettu. Koeajon aikana vaihteille tehdään erilaisia mittauksia jokaisella kuormitusasteella. Koeajossa mitataan puhtautta partikkelien määränä öljyssä, öljyn ja laakereiden lämpötiloja, öljyn paineita, värinätaasoja useista eri mittauspisteistä, äänitasoja useista eri mittauspisteistä, vaihteen



öljytiiveyttä ja vaihteen yleistä toimivuutta. Koeajon loputtua vaihteista tarkastetaan myös hammaskosketukset vaihteen sisältä (kuva 5). (6.)



*KUVA 5. Hammaskosketus*

Vaihteiden koeajo tehtaalla on tärkeää ja kannattavaa, koska jos vaihteiden viat löytyvät vasta myöhemmin ja vaurioitumien tapahtuu tuulivoimalassa, tulee todella kalliit korjauskustannukset. Pelkästään vaihteen epäpuhtauden takia tullut vaihteen hylkäys koeajossa johtaa korkeisiin korjauskustannuksiin. Koeajon lopputuotteen laatuun vaikuttaa puhtaus, poikkeamat värinä- ja äänitasoissa, hammaskosketukset vaihteen sisällä, öljyvuodot, lämpöpoikkeamat laakereissa ja öljyissä, koeajon aikainen dokumentaatio ja toimittajan prosessin muutosten vaikutus. (6.)

## 5 LAYOUTSUUNNITTELU YLEISESTI

Layouttermillä tarkoitetaan yleisesti tuotantotiloissa olevien järjestelmien, laitteiden, koneiden ja muiden fyysisten osien sijoittelua. Layoutsuunnittelussa merkittäviä osia ovat materiaalien ja komponenttien sijainti sekä niiden liikuteltavuus ja kuljetusmenetelmät. (7, s. 475.)

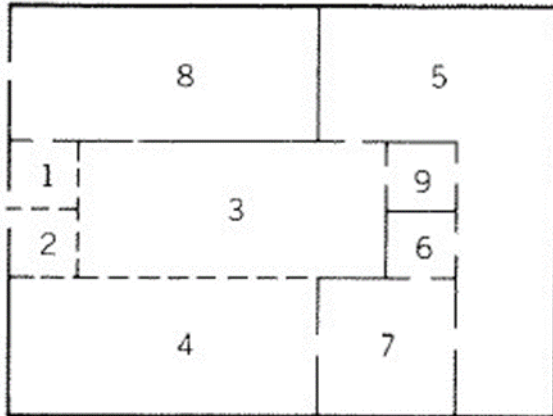
Normaalisti tuotantolaitoksen prosessit ja työvaiheet ovat mutkikkaita, joten ennen layoutsuunnittelua on tehtävät kunnollinen esisuunnittelu. Esisuunnitteluun kuuluvat muun muassa läpimenoaikojen, volyymien ja valmistusmenetelmien valinnat. Tuoteanalysointi on myös tärkeää esisuunnittelussa. (8, s. 286.)

Tuoteanalyysissä tutkitaan tuotetta ja sen valmistus prosessia, jonka tarpeeseen layout suunnitellaan. Tuotteeseen voidaan tutustua sen osaluetteloiden, työpiirustusten sekä itse valmiin tuotteen kanssa. Tarkoituksena tuoteanalyysillä on selvittää tuotteen ja niiden osien vaatimat työlaitteet ja työmenetelmät tuotteen valmistamista varten. (8, s. 33 - 34.)

Työvaiheanalyysissä suunnitellaan tuotteen työnkulku ja määrittellään erityöpiisteiden työvaiheet ja toimenpiteet. Esimerkiksi voidaan suunnitella työpiste kohmainen toiminta ja mitä työvaiheita työpisteessä tehdään. Tuotantomääräanalyysissä määrittellään tuotteen tuotannon volyymia. (8, s. 34 - 35, 48 - 52.)

Materiaalinkulku ja toimintojen riippuvuus toisistaan ovat myös tärkeä osa layoutin suunnittelua. Toimintojen läheisyydellä ja materiaalin kululla voidaan minimoida tuotteiden ja kappaleiden siirtelyihin kuluva aikaa. (8, s. 293 - 294.)

Tilatarveanalyysissä määrittellään tuotantolaitoksen ja sen eri toimintojen tarvitsemat tilat ja paikat lattiapinta-alana. Tarvittavat ja käytettävät pinta-alat tuotantotiloissa yleensä ovat työlaitteiden, komponenttien ja puskurivarastojen tarvitsemat tilat. Joskus on tarpeellista myös tutkia paljonko eri komponentit painavat, koska lattian kantavuus täytyy ottaa huomioon. Myös toimitilojen korkeus tulee määrittää. Eri tilatarpeet määrittämällä voidaan tehdä suunnittelun avuksi myös pinta-alakaavio (kuva 6). Tilatarvepiirroksia voidaan tehdä useita ja niistä valitaan parhaat itse layout-piirroksen tekemiseen. (9, s. 455 - 456.)



*KUVA 6. Tilatarvepiirros (Tompkins, J. ym. 1996, 298.)*

Esitelyjen analyysien pohjalta voidaan aloittaa layouttien hahmottelu. Layouteja syntyy monesti useita, joten ensimmäiset ovat monesti hahmotelmia. Näissä mitasuhteet eivät välttämättä aina pidä vielä paikkaansa. Hahmotelmat ovat monesti käsin piirrettyjä, mutta nykyään apuna on myös CAD-ohjelmistot. Vaihtoehdoista layouteista valitaan paras ja tämä kannattaa tehdä työryhmässä, jossa on eri osaamisalueen omaavia työntekijöitä ja henkilöitä. Ryhmässä valitsemisessa tulee eri näkemyksiä hyvin esille. Kun layout on saatu valittua, voidaan mallia jalostaa ja mallintaa lopulliseen layout-piirustukseen. (8, s. 699 - 702.)

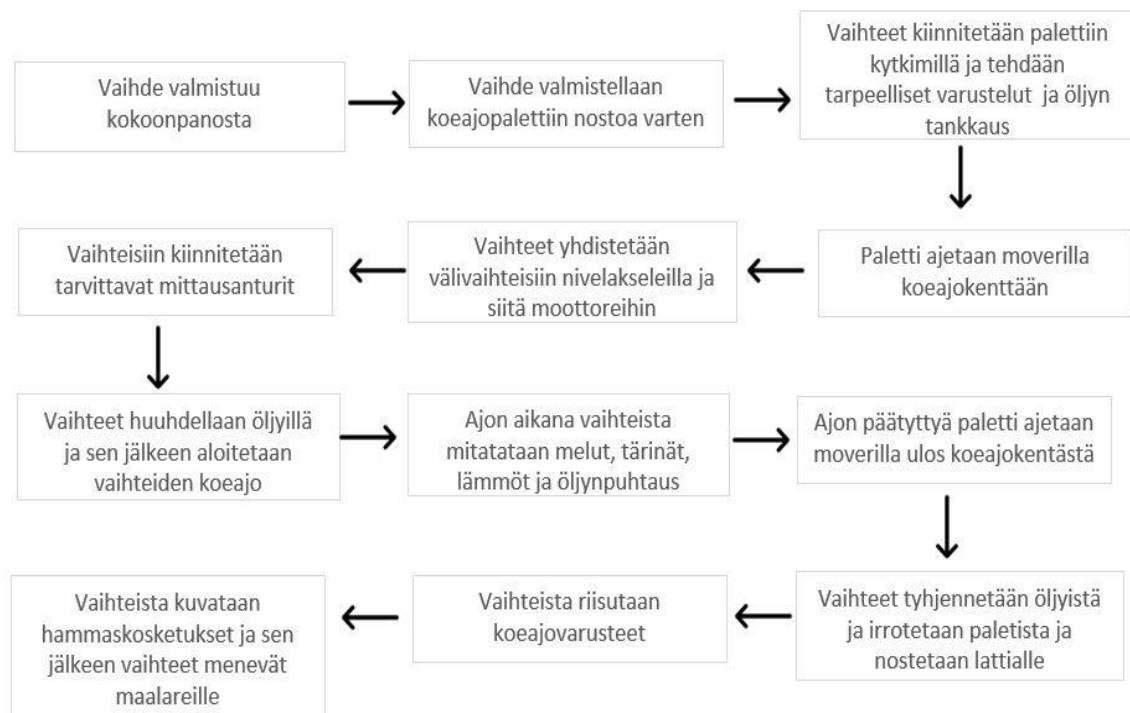


## 6 LAYOUTSUUNNITTELU JA TOTEUTUS

Layoutin suunnittelun ja valmistamisen tarkoituksena on saada koeajokentän ympärillä tapahtuva toiminta mahdollisimman jouhevaksi ja mutkattomaksi. Layoutin tulee minimoida nostot ja eri liikuttelut hallissa, koska niihin kuluu yleensä paljon aikaa ja ne vaativat tilaa. Hyvä layout hyödyntää hallissa olevan tilan tehokkaasti ja jättää tilaa myös vaihdepuskurille ja liikkumiselle. Layoutin tulee myös olla työntekijöille turvallinen ja suotuisa, etteivät tilat muutu ahtaiksi tai nostot vaarallisiksi. Lopullinen layout tehtiin AutoCAD-ohjelmistolla.

### 6.1 Suunnittelu ja halliin tutustuminen

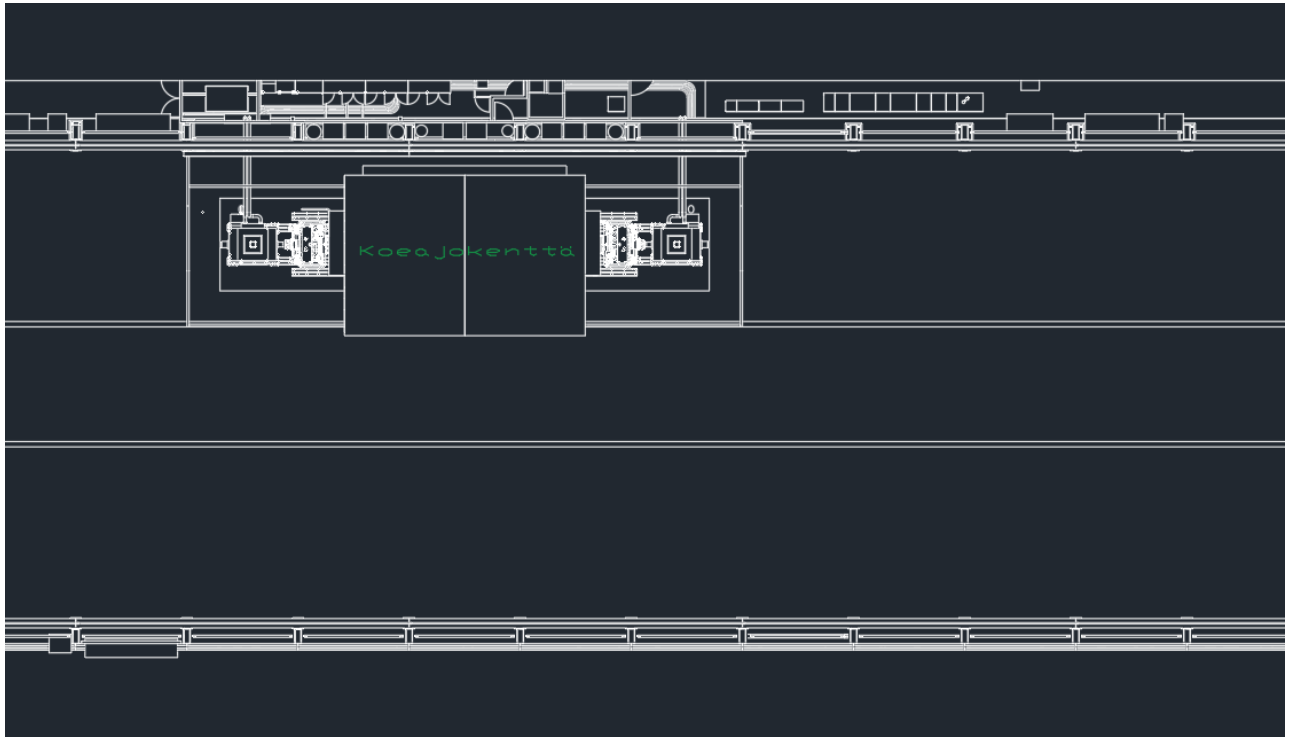
Suunnittelun alkuvaiheissa tiedettiin karkeasti jo koeajoon tulevien vaihteiden valmistelu menetelmät ja työvaiheet vanhan hallin koeajojärjestelyiden perusteella. Koeajo toimii jokaiselle vaihdetyypille lähes samalla periaatteella. (kuva 7).



Kuva 7. Vaihteiden koeajo

Ensimmäisenä tuli tutustua työntekijöiden kanssa uuteen halliin perusteellisesti (kuva 8). Kävimme läpi karkeasti eri laitteiden, koneiden, komponenttien ja vaih-

teiden sijoittelu mahdollisuuksia tuotantohallissa. Tutustumisessa ja suunnittelussa oli tärkeää olla tekemisissä työntekijöiden kanssa, koska heiltä löytyi suurin määrä kokemusta koeajovalmisteluista ja näkemys asioista ja toimintatavoista, joita uuteen halliin on tulossa. Työntekijät esittivät myös toiveitansa ja halujansa tulevaan layouttiin, jotta työntekeminen olisi heille helpompaa ja joustavampaa.



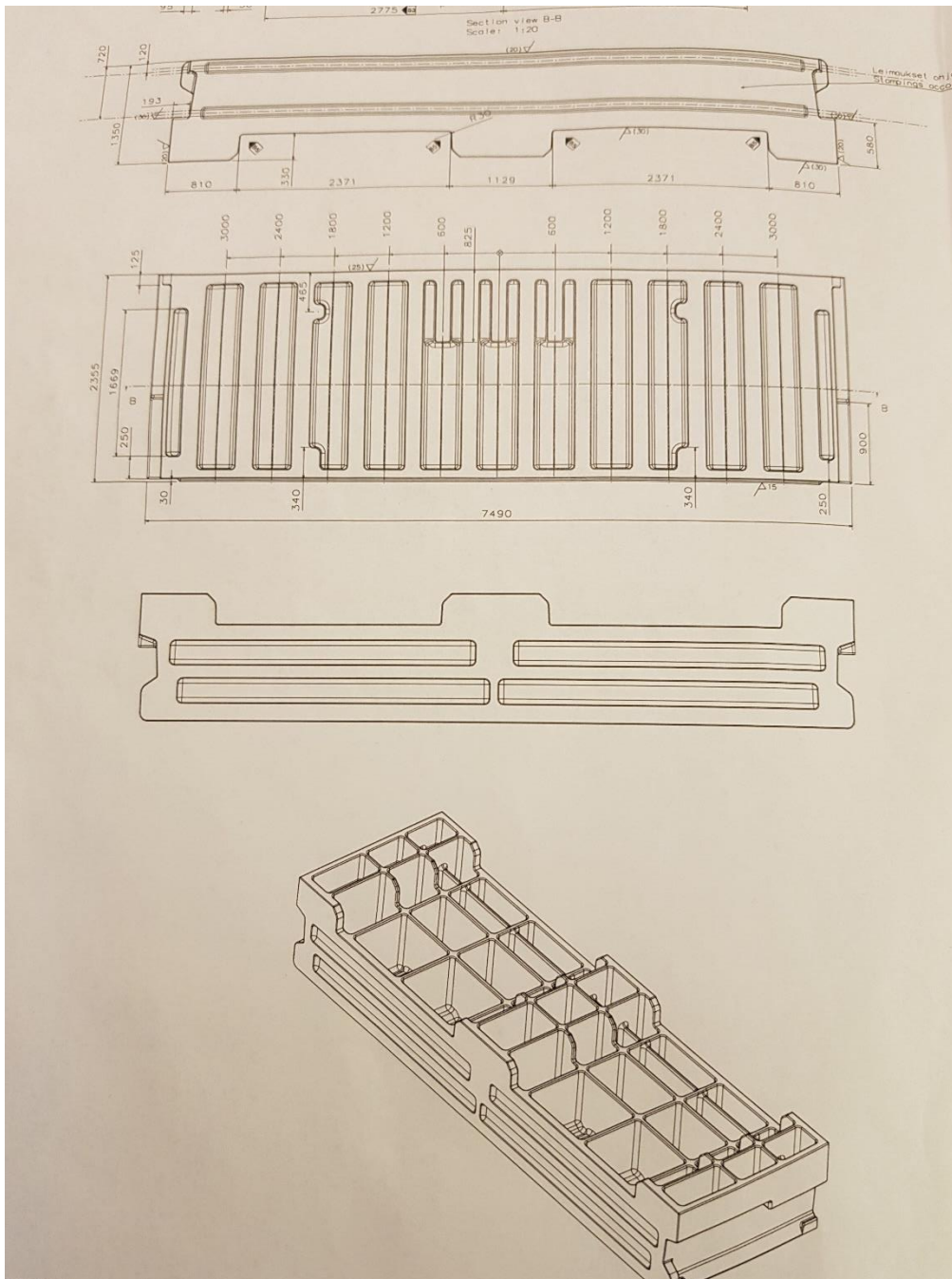
*Kuva 8. Uusi halli*

Hallissa käytiin metrimitan ja teipin kanssa läpi, mihin uuden koeajokentän seinät tulevat ja mihin kokoonpano puoli rajautuu. Koeajokenttä ei kuulunut layoutsuunnitteluun. Koeajokentän layout oli suunniteltu jo aiemmin, joten layoutsuunnitteluun kuului vain koeajokentän ympärillä oleva koeajokentän valmistelupiste. Vaihteiden kokoonpanopuolen rajat oli jo sovittu, ja ne asettuivat uuden hallin nosto-ovien kohdille heti koeajokentän vasemmalla puolella. Seuraavassa vaiheessa keskusteltiin loppuvarustelun työntekijöiden kanssa, mihin heidän työtilansa rajautuvat ja mitkä heidän vaatimuksensa olivat. Näiden alueiden rajoittama alue kuului layoutsuunnitteluun, jota alettiin toteuttaa. Tätä aluetta kutsutaan koeajokentän valmistelupisteeksi.

Seuraavaksi aloitettiin omien työtilojen suunnittelu. Suunnittelussa jouduttiin hie-  
man joustamaan loppuvarustelupuolen kanssa, jotta tila saataisiin käytettyä te-  
hokkaasti. Koeajokentän puolelta loppuvarustelu tilantarve oli melkein koeajo-  
kentän seinään asti. Seinän ja loppuvarustelutelineiden väliin päätettiin jättää kui-  
tenkin reilun metrin välin, jotta työntekijät mahtuisivat siinä turvallisesti kulke-  
maan. Seuraavaksi tuli rajata tila loppuvarustelun kanssa hallin toiselta laidalta.  
Koeajonvalmistelu puolelle tarvittiin ainakin neljän vaihteen vaihdepuskurin, jossa  
mahdutaan joustavasti siirtelemään tuuliturbiinivaihteita ja varustelemaan ne  
koeajoa varten. Tila saatiin jaettua kohtuullisen mutkattomasti ja sovittiin, että osa  
puskuritilasta tulee koeajolle ja loppuvarustelulle yhteiseksi vaihteiden säilyt-  
tämistilaksi.

## **6.2 Koeajopaletit**

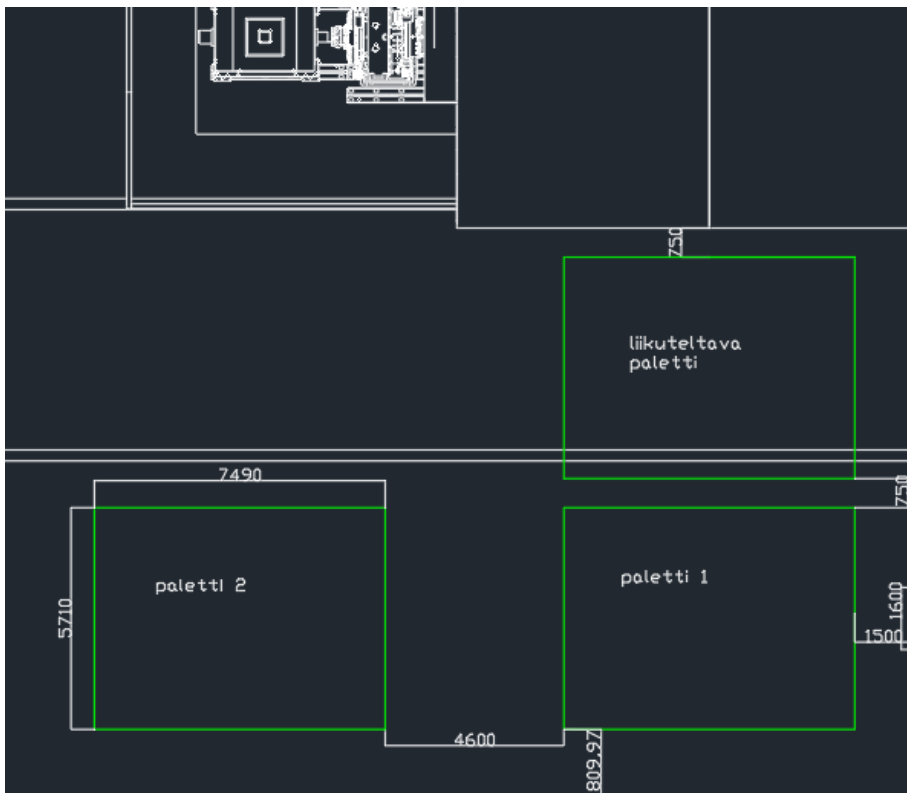
Koeajopalettien mitat tuli määrittää ensin, ennen kuin voitiin aloittaa suunnittele-  
maan niiden sijoittelua tuotantotiloissa. Koeajopaletit koostuivat kahdesta kappa-  
leesta, jotka liitetään toisiinsa kiinni (kuva 9).



*Kuva 9. Koeajopaletit*

Koeajopaletteja tullaan liikuttelemaan ilmatyynykuljettimilla, jotka ajetaan palettien alle. Ilmatyynykuljettimen laidat tulevat hieman paletteista yli, joten se tuli ottaa mitoituksessa huomioon. Palettien päälle valmistetaan työskentelytasot, joilta koeajoon tulevia vaihteita valmistellaan. Työskentelytasot tulevat molemmilta laidoilta noin 0,5 metriä yli, mikä tuli myös huomioida palettien mitoituksessa.

Koeajopalettien paikan määrittely riippui paljolti koeajokentän koeajopisteen paikasta. Koeajopaletti tuli olla suoraan koeajopisteen kohdalla, jotta koeajoon tuleva paletti pystyttäisiin suoraan ajamaan koeajopisteeseen ilman sivuttaisia liikkeitä. Koeajokentän ja paikallaan olevan paletin väliin tuli jäädä reilusti tilaa, jotta liikuteltavaa palettia olisi helppo siirrellä ja ajaa haluttuihin pisteisiin. Koeajokentän ulkopuolella olevien palettien väliin täytyi jättää myös yli 4 metrin väli, koska vaihteen irrottaminen paletista vaatii reilusti tilaa molempiin suuntiin (kuva 10). Koeajonvalmistelupisteeseen on suunnitteilla sijoittaa myös kolmas paletti, mutta tässä vaiheessa layoutsuunnittelua sitä ei otettu vielä huomioon. Koeajo aloitetaan näin ollen kahdella paletilla.

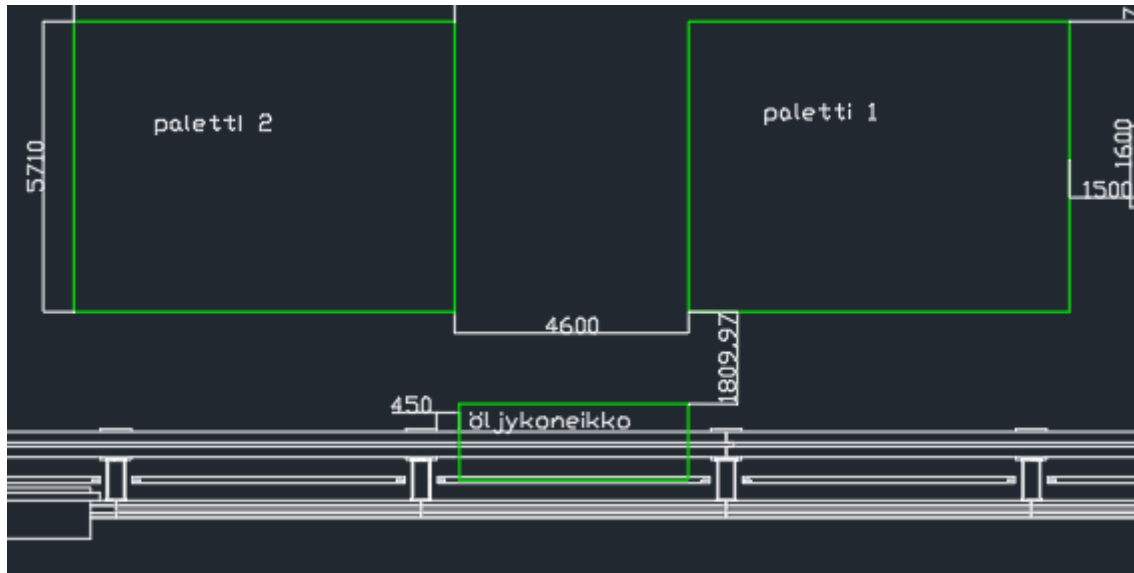


Kuva 10. Koeajopalettien asettelu

### 6.3 Öljykoneikko

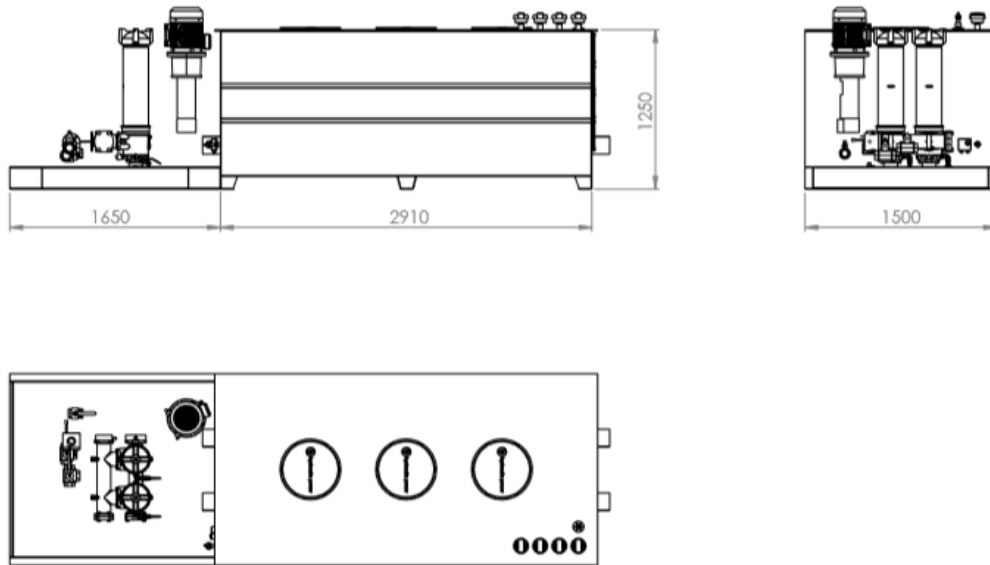
Öljykoneikon paikan määrittelyssä olennaista oli sijoittaa koneikko mahdollisimman lähelle koeajopaletteja, koska paleteissa olevat koeajettavat vaihteet täytetään ja tyhjennetään koeajoöljyllä öljykoneikkojen kautta. Näin öljyletkujen pituudet pysyvät lyhyinä ja käsittely helppona. Koeajopalettien ja öljykoneikon väliin

oli jätettävä myös reilu liikkumatila, jossa on helppo työskennellä ja liikkua kuormalavan kanssa (kuva 11). Tilan säästämiseksi öljykoneikon paikka päätettiin sijoittaa mahdollisimman lähelle hallin seinää.



*Kuva 11. Öljykoneikon paikka*

Öljykoneikon alle ja palettien väliin täytyi mitoittaa myös öljynvaluma-allas, johon mahtuisi koko öljykoneikon tilavuuden verran öljyä. Valuma-altaasta saatiin oikean suuruinen, kun allas kiertää palettien välin kokonaan ja jatkuu öljykoneikon alle koko öljykoneikon leveydeltä (kuva 12).

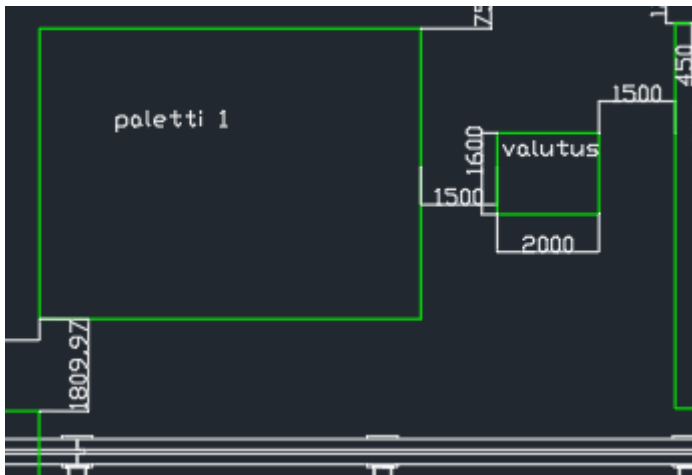


Kuva 12. Öljykoneikko

#### 6.4 Öljynvalutusallas ja ilmatyynykuljettimen letkukela

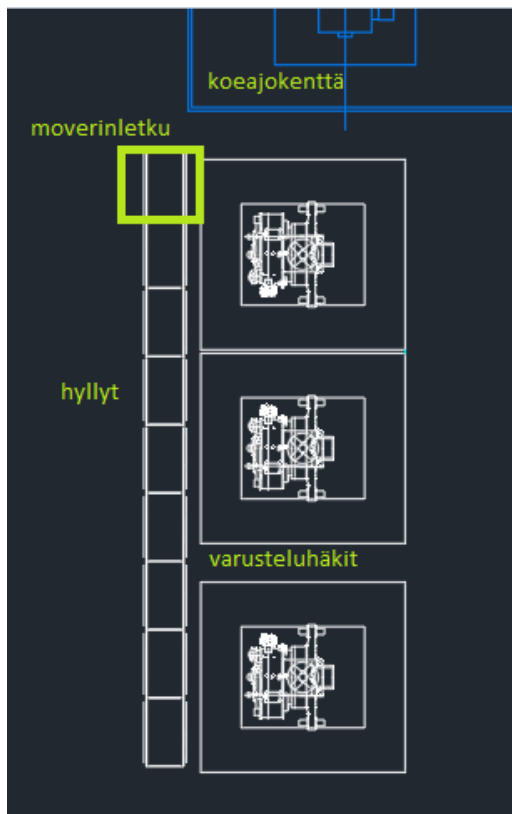
Koeajetut vaihteet tyhjennetään öljystä öljykoneikolla, mutta kaikkea öljyä ei saada öljykoneikolla kuitenkaan ulos. Loput öljyt saadaan ulos vaihteesta, kun vaihde on irrotettu koeajopaletista ja siirretty roikkumaan öljynvalutusaltaan päälle. Öljynvalutusaltaan päällä vaihteen pohjasta irrotetaan öljyproput ja annetaan vaihteessa olevan lopun öljyn valua öljynvalutusaltaaseen. Öljynvalutusaltaalle optimaalisin paikka on koeajopalettien läheisyydessä, jotta vaihteitten siirtymät jää lyhyiksi paletista altaan päälle ja siitä lattialle, jossa vaihteita operoidaan. Öljynvalutusallas ei myöskään saa olla liian kaukana öljykoneikosta, sillä öljynvalutusaltaasta tulee öljyletkut öljykoneikolle, jotka imevät öljynvalutusaltaan tyhjäksi.

Turvallisuuden vuoksi öljynvalutusaltaan ympärille tullaan rakentamaan teräsraakenne, mikä hieman suurentaa öljynvalutusaltaan vaatimaa tilaa. Öljynvalutusaltaan ja paletin väliin suunniteltiin jättää noin 1,5 metrin tila työskentelyä ja yleistä liikkumista varten. Valutusaltaan ja lattiatason väliin, jossa vaihteita operoidaan, jätettiin myös noin 1,5 metrin väli (kuva 13).



Kuva 13. Öljynvalutusallas

Ilmatyynykuljettimeen tuleva paineletku on raskas ja pitkä, joten letkulle on suunniteltu sähkömoottorilla toimiva letkukela. Letkukelan sijoittamisen vaatimukset olivat, että paineletku kulkee suoraan lattialla takertumatta seinän tai koeajopalettien kulmiin ja letkukelan paikka olisi kohtuullisen lähellä paletteja. Letkukelan paikaksi saatiin sovittua loppuvarustelun työntekijöiden kanssa loppuvarustelutilan kulman (kuva 14). Paikka on tarpeeksi lähellä paletteja, eikä se ole esteenä työskentelylle ja palettien liikuttelulle.

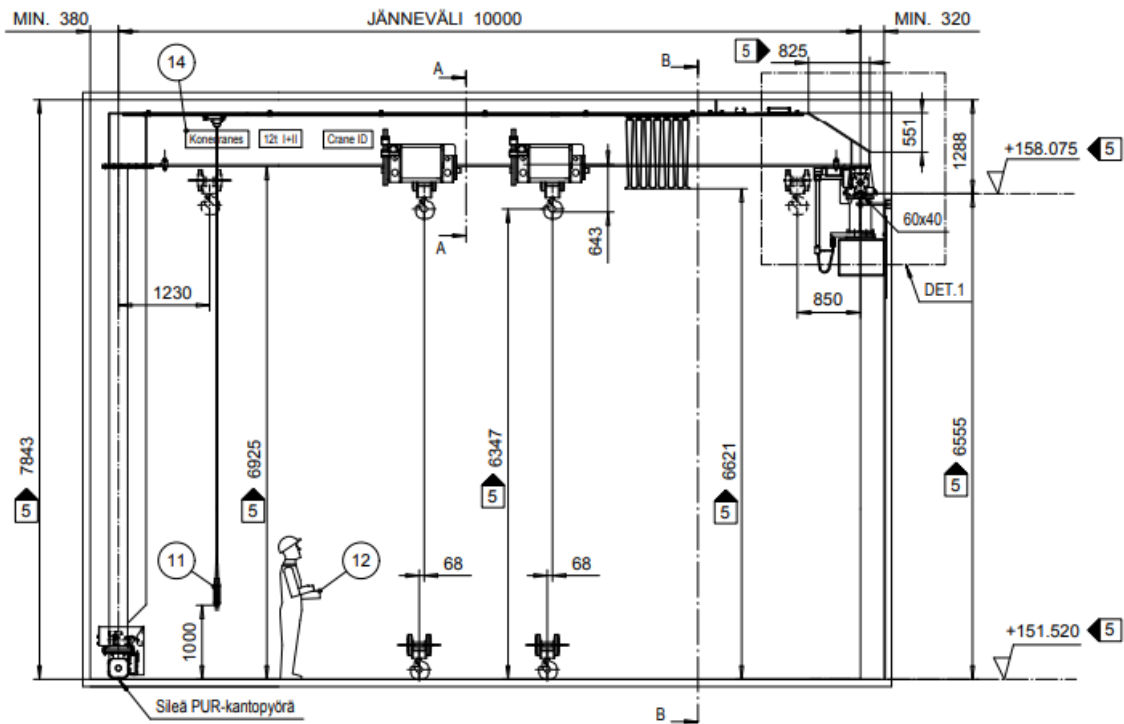




Kuva 14. Ilmatyönylankun letkukelan paikka

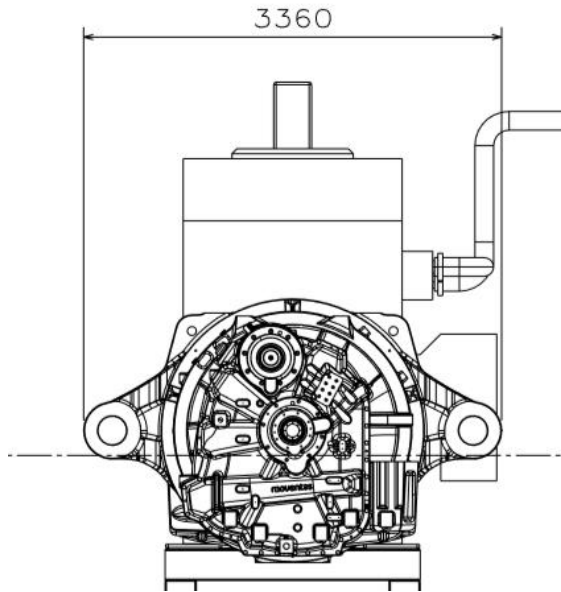
## 6.5 Tuuliturbiinivaihdepuskuri

Vaihdepuskurissa täytyi olla tilaa ainakin neljälle vaihteelle, jotka ovat tulossa koeajovarusteluun tai lähtemässä valmistelupisteestä. Vaihteiden ympärille tuli jättää tilaa, jotta työskentely vaihteiden ympärillä on mahdollista. Vaihteiden sivuilta irrotetaan momenttituet, jotka tietyissä vaihdemalleissa tulevat noin 40 cm ulos vaihteesta. Vaihteiden takaa ja edestä irrotetaan kytkimet. Näiden irrottamiseen vaadittu tila on noin 0,5 metriä. Koeajovarusteltavia vaihteita varustellaan puolipukkinosturin avulla, mikä pienentää myös vaihdepuskurin tilaa. Puolipukkinosturin toinen pää on seinässä olevassa kiskossa ja toinen pää kulkee a-pukin varassa lattiatasolla. Puolipukkinosturin vaunun liikkumavarat eivät ole kovinkaan suuret (kuva 15).



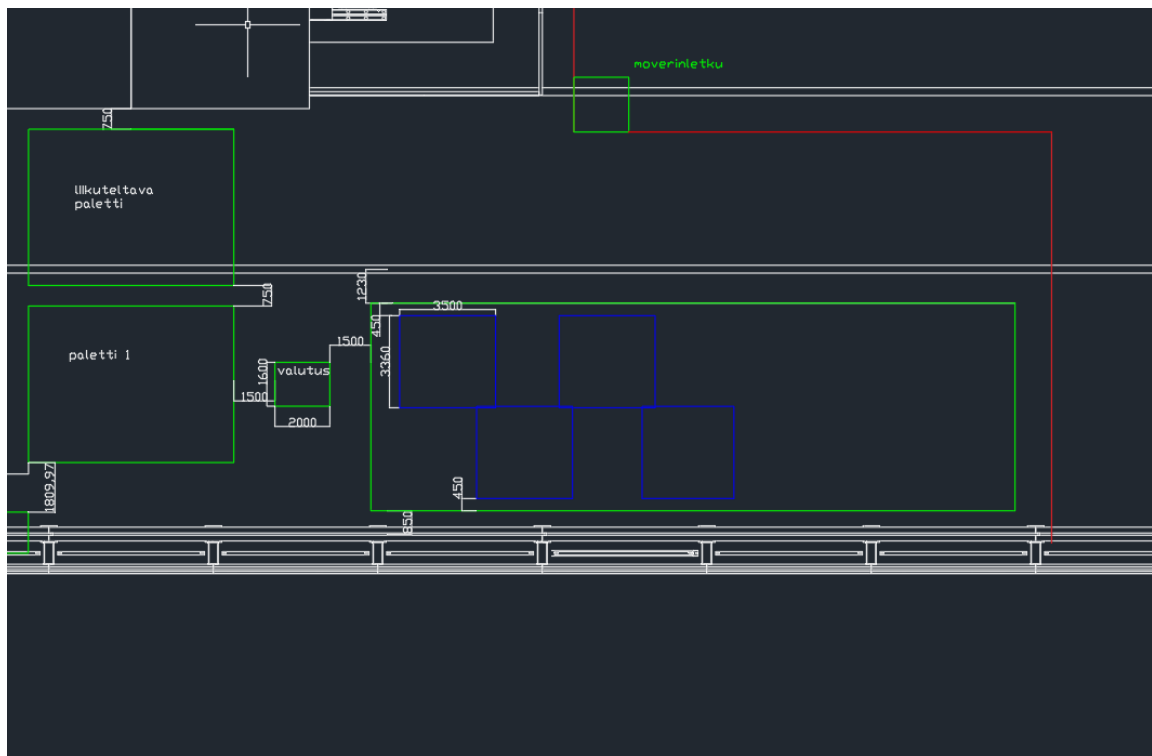
Kuva 15. Puolipukkinosturin mitat

Puolipukkinosturivaunun liikkumavaran kapeuden vuoksi huomattiin, että vaihteet tulee asettaa lattialle lomittain, muuten momenttitukia ei saada vaihteista irti. Myös vaihteiden suuren leveyden vuoksi lomittain asettelu tulee olemaan välttämätöntä (kuva 16).



Kuva 16. Vaihteen leveys

Vaihteiden asettelu lattialle vaatii paljon tilaa ja todellisuudessa vaihteita on lattialla vain neljä optimitalanteissa. Yleensä vaihteita voi kerääntyä lattialle useita tuotannollisista syistä. Tämän vuoksi vaihdepuskurin loppupäähän on jätetty vaihde-tilaa ja yhteistä tilaa koeajopuolelle ja loppuvarustelupuolelle (kuva 17).



Kuva 17. Vaihdepuskuri

Suunnitelmien perusteella saimme luotua ja yhdisteltyä valmiin layoutin (liite 1). Layoutille ei juurikaan ollut erilaisia vaihtoehtoja. Layout suunniteltiin kohta kerrallaan ja layout koottiin yhteen.

## 7 YHTEENVETO

Työssä suunniteltiin ja toteutettiin toimiva layout koeajoon tulevien tuuliturbiinivaihteiden valmistelupisteeseen. Layoutin tuli rajautua kokoonpanon ja loppuvarustelun väliin, jossa sijaitsee koeajonvalmistelupiste. Layout tehtiin pääasiassa koeajon työntekijöiden kanssa yhteistyönä. Hallin koeajonvalmistelupisteen rakauksessa yhteistyötä tehtiin myös loppuvarustelun työntekijöiden kanssa, jotta yhteiset tilat saatiin sopiviksi. Kokoonpano puolen kanssa lattiaraja oli sovittuna jo valmiiksi.

Layout-suunnittelu ja toteutus sujui hienosti, koska työryhmääni kuului osaavaa ja opastavaa henkilökuntaa. Työntekijöiltä sai hyviä vinkkejä ja ohjeita itse layout-suunnitteluun. Työhön haasteita toi tiukka aikataulu, koska layout tuli saada mahdollisimman nopeasti valmiiksi, jotta uuteen halliin saataisiin alkaa tuoda koeajon valmisteluun kuuluvia laitteistoja. Myös seinään jo valmiiksi asennetut vesipostit ja sähkökaapit aiheuttivat hieman ylimääräistä mietintää, mutta ongelma ratkaistiin siirtämällä ne.

Layoutsuunnittelu ja toteutus vei noin 1,5 kuukautta. Työ aloitettiin maaliskuun alussa ja se valmistui noin huhtikuun puolella välissä. Opinnäytetyön valmistusajankohdaksi oli sovittu toukokuu, jotta voisin valmistua koulusta kesäksi.

Opinnäytetyöaihe oli minulle mielenkiintoinen, koska en ole ennen osallistunut layoutsuunnitteluun ja koulussa ei ole juurikaan käyty läpi layoutsuunnittelua. Motivaatiota toi myös yrityksen aito tarve saada layout uuteen halliin. Tuloksena saimme yhteistyöllä luotua valmiin layoutin sovittuun aikaan mennessä. Tavoitteena oli saada toimiva, joustava ja työntekijöille mieluisa layout uuteen halliin, missä onnistuimme hienosti. Layoutin toimivuus ja joustavuus näkyy layoutissa hyvinä ja riittävinä työskentelytiloina ja tarvittaessa muunneltavuutena tulevaisuutta silmällä pitäen. Toimivan layoutista tekee myös järkevät ratkaisut komponenttien ja laitteistojen sijoittelussa, jolloin liikkuminen ja nosturityöskentely jää mahdollisimman vähälle.

## LÄHTEET

1. Moventas Gears Oy:n yritysesittely. 2015. Moventas Gears Oy. Powerpointesitys Moventas Gears Oy:n tietokannassa. Hakupäivä 6.4.2018.
2. Haapasalmi, Marko. 2015. Exceed-tuuliturbiinivaihteen matka suunnittelusta sarjatuotantoon. Suomen Hitsausteknillinen Yhdistys ry. Saatavissa: <http://www.shy-hitsaus.net/LinkClick.aspx?fileticket=ReBI%2BrOEm2I%3D&tabid=4822>. Hakupäivä 6.4.2018.
3. Tuulivoimaloiden rakenne. Jyväskylä: Suomen Tuulivoimayhdistys ry. Saatavissa: <http://www.tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta/tietoa-tuulivoimasta/tuulivoimatekniikka/tuulivoimaloiden-rakenne>. Hakupäivä 6.4.2018.
4. Carriveau, Rupp 2011. Fundamental and Advanced Topics in Wind Power. Rijeka: InTech. Saatavissa: <http://www.intechopen.com/books/fundamental-and-advanced-topics-in-wind-power>. Hakupäivä 6.4.2018.
5. Exceed series. N.d. Markkinointimateriaali. Moventas Gears Oy. Saatavissa: [http://www.moventas.com/images/files/Exceed\\_Series.pdf](http://www.moventas.com/images/files/Exceed_Series.pdf). Hakupäivä 8.4.2018.
6. Moventas Gears Oy:n koeajoesittely. 2015. Moventas Gears Oy. Powerpointesitys Moventas Gears Oy:n tietokannassa. Hakupäivä 8.4.2018.
7. Haverila, M. - Uusi-Rauva, E. - Kouri, I. - Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. 6. p. Tampere: Hämeen Kirjapaino.
8. Tompkins James - White John - Bozer Yavuz - Tanchoco Jose 1996. Facilities Planning. 2. p. New York: John Wiley & Sons, INC.

9. Krajewski, L. - Ritzman, L. 2001. Operations Management: Strategy and analysis. 6. p. New Jersey: Pearson Education, Inc.

