



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Atte Lyyski

NPI JA TUOTANTOMODUULIEN KO- KONPANO TURBOPILOTISSA

Tekniikka ja liikenne
2015

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Atte Lyyski
Opinnäytetyön nimi	NPI ja tuotantomoduulien kokoonpano turbopilottissa
Vuosi	2015
Kieli	suomi
Sivumäärä	56 + 3 liitettä
Ohjaaja	Pekka Ketola

Tämä opinnäytetyö tehtiin Wärtsilä DCV:n moduulitehtaalle. Työn tavoitteena oli parantaa turbopilottin toimintaa kartoittamalla ongelmakohtia ja kehittämällä niihin ratkaisuja. Turbopilotti valmistaa erikois- ja tuotantomoottorien turbomoduulit.

Työ toteutettiin haastattelemalla turbopilottin työntekijöitä ja seuraamalla työskentelyä. Kehityskohteet kirjattiin ylös ja niihin etsittiin ratkaisuja, joiden avulla tilan tuotantoa saadaan tehokkaammaksi sekä työturvallisuutta parannettua. Työssä tutustuttiin layout-suunnittelun teoriaan, jonka pohjalta tilasta luotiin erilaisia layout-piirroksia, jotka toimivat pohjana muille parannuksille.

Työn tuloksena turbopilottiin saatiin aikaan parannuksia työturvallisuuteen sekä työn edellytyksiin, jotka toteuttamalla turbopilottin tuotantoa saadaan tehokkaammaksi. Logistiikan työn helpottamiseksi tehtiin ohje, jonka avulla pystytään paremmin palvelemaan turbopilottia materiaalitoimituksissa.

ABSTRACT

Author	Atte Lyyski
Title	Assembly of NPI and Production Modules in Turbo Pilot Factory
Year	2015
Language	Finnish
Pages	56 + 3 Appendices
Name of Supervisor	Pekka Ketola

This thesis was carried out for DCV Wärtsilä module factory. The aim was to improve the turbo pilot activities by identifying problem areas and developing solutions for them. The turbo pilot manufactures turbo modules for special and production engines.

The thesis was implemented by interviewing turbo pilot employees and observing their work. Development areas were marked down in order to find solutions which would improve production efficiency and health and safety aspects. With the help of layout-design theory, the study created different layout drawings which then work as a foundation for other improvements.

As a result of this study, improvements were established in health and safety and way of working in the turbo pilot. In order to better serve the turbo pilot in material deliveries, an instruction manual was created to improve logistical issues.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET

KUVIOLUETTELO

1	JOHDANTO.....	9
2	WÄRTSILÄ	10
	2.1 Wärtsilä Suomessa	11
	2.1.1 Toimipaikat	12
3	TURBOKOKOONPANO	14
	3.1 Turbolinja.....	14
	3.2 Turbopilotti ja NPI.....	14
4	LEAN	16
	4.1 Arvovirtakuvaus (VSM)	17
	4.2 5S-menetelmä	18
	4.3 Just In Time (JIT).....	19
	4.4 Kanban	19
5	LAYOUT-SUUNNITTELUN TEORIAA	22
	5.1 Tuotantolinja.....	22
	5.2 Funktionaalinen layout.....	22
	5.3 Solulayout	23
	5.4 Layoutin valinta	23
6	TURBOPILOTIN KEHITYSKOhteet	25
	6.1 Layout	25
	6.1.1 Nykyinen layout	26
	6.1.2 Layout 1	28
	6.1.3 Layout 2	29
	6.1.4 Layout 3	31
	6.2 Logistiikka	32
	6.3 Pienmateriaali	33
	6.4 Varastotila	35

6.5	Työskentelytasot	39
6.6	Muut tuotantotilan parannukset	42
6.6.1	Ovi.....	42
6.6.2	Nosturi.....	42
6.6.3	Kemikaalikaappi	43
6.6.4	Sähköjohdot	45
6.6.5	Jäähdyttimen asennuslaite.....	45
7	TULOKSET	48
7.1	Layout	48
7.2	Logistiikka	48
7.2.1	Työn aloitus turbopilotissa.....	48
7.2.2	Toimintatavan kuvaus	48
7.3	Pienmateriaalin järjestäminen.....	49
7.4	Työskentelytasot	50
7.5	Varastotila.....	51
7.6	Uusi ovi.....	51
7.7	Nosturi.....	51
7.8	Jäähdyttimen asennuslaite.....	51
7.9	Sähköjohdot	51
8	YHTEENVETO	53
	LÄHTEET.....	55
	LIITTEET	

KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET

DCV	= Delivery Centre Vaasa Vaasan toimitusyksikkö
Layout	= pohjapiirros
MF	= Module Factory moduulitehdas, joka valmistaa moottorin moduuleja
NPI	= New Product Introduction uusien tuotteiden valmistus
Pilotti	= erikoismoottoreiden valmistuspaikka

KUVIOLUETTELO

Kuvio 1. Liikevaihdon jakaantuminen toimialoittain vuonna 2014.	11
Kuvio 2. Henkilöstön jakautuminen Suomessa vuonna 2015.	12
Kuvio 3. Leanin historia	17
Kuvio 4. 5S-vaiheet	18
Kuvio 5. Kanban-taulu.....	21
Kuvio 6. Nykyinen layout	26
Kuvio 7. Layout 1	28
Kuvio 8. Layout 2: tuotantomoduulit tuotannossa	29
Kuvio 9. Layout 2: leveät moduulit tuotannossa	30
Kuvio 10. Layout 3	31
Kuvio 11. DCV-layout	32
Kuvio 12. Keräyslavat turbopilotissa	33
Kuvio 13. Pienmateriaalihylly	34
Kuvio 14. Turbopilotin ja varaston sijainti.....	36
Kuvio 15. Varastotilan alkutilanne	36
Kuvio 16. Varastotilan layout.....	37
Kuvio 17. Varastotilan kynnyks	38
Kuvio 18. Puulaippahylly	39
Kuvio 19. Nykyinen työskentelytaso.....	40
Kuvio 20. Pilarinostin.....	41
Kuvio 21. Nykyinen kemikaalikaappi	44
Kuvio 22. Vanhat sähköjohdot	45
Kuvio 23. Vinssauslaite	46
Kuvio 24. Vinssauslaite asennusvalmiina	47
Kuvio 25. Korjatut sähköjohdot	52

LIITELUETTELO

LIITE 1. Tarjous pikarullaovesta

LIITE 2. Tarjous työskentelytasoista

LIITE 3. Logistiikan ohje

1 JOHDANTO

Erikoismoottorien kasvava kysyntä, sekä uusien moottorimallien lisääntynyt tuotanto tekevät näiden projektien turbomoduulit valmistavasta turbopilotista yhä tärkeämmän kokoonpanotilan. Kasvava tuotantomäärä luo tilalle haasteita, jonka vuoksi kehittäminen on tärkeää tuotannon sujuvuuden takaamiseksi. Tämän työn tavoitteena oli kartoittaa turbopilotin ongelmakohdat ja kehittää niihin ratkaisuja, jotta tuotantoa ja työskentelyolosuhteita saadaan parannettua.

Tämä opinnäytetyö tehtiin Wärtsilä Finland Oyj:n Delivery Centre Vaasan moduulitehtaalle. Työssä keskityttiin turbopilotin tuotantotilan kehittämiseen. Tavoitteena oli saada tila toimivammaksi uusilla järjestelyillä ja investoinneilla. Kehityskohteita kartoitettiin turbopilotin työntekijöitä haastatteleamalla ja tuotantoa seuraamalla. Työ toteutettiin luomalla ensin tilasta erilaisia layout-piirroksia, joista valittiin yksi, jonka pohjalta tilan muita järjestelyjä lähdettiin kehittämään. Lisäksi logistiikalle tehtiin ohje kuinka toimia kun uusi kokoonpano aloitetaan turbopilotissa. Näin uudet ja kokemattomat logistiikan henkilötkin pystyvät hoitamaan projektin aloitukseen vaadittavat järjestelyt.

2 WÄRTSILÄ

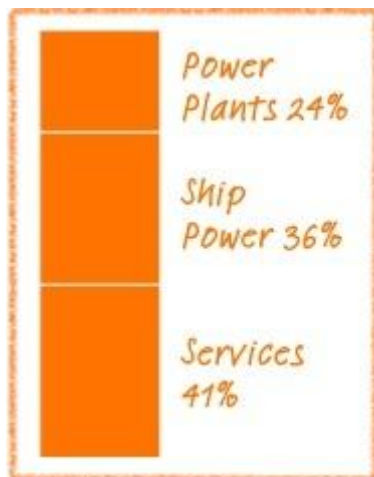
Wärtsilä perustettiin 1834, kun saha rakennettiin Tohmajärven kunnassa sijaitsevan kosken partaalle. Sahasta ja sen yhteyteen rakennetusta rautatehtaasta muodostettiin vuonna 1907 uusi yritys nimeltä Ab Wärtsilä Oy. Vuonna 1935 Wärtsilä osti Kone- ja Siltarakennus Oy:n osake-enemmistön ja sai hallintaansa Helsingistä Hietalahden laivatelakan ja Turusta Crichton-Vulcanin telakan. Myös pääkonttori muutti Karjalasta Kone ja Sillan tiloihin Helsinkiin. Vuonna 1938 Wärtsilä solmi lisenssisopimuksen Friedrich Krupp Germania Werft AG:n kanssa ja näin alkoi yhtiössä dieselmoottorien aikakausi. Ensimmäinen moottori valmistui Turussa vuonna 1942. Ensimmäinen Wärtsilän itse suunnittelema moottori, joka suunniteltiin ja valmistettiin Vaasan tehtaalla, lanseerattiin vuonna 1960. Vuonna 1978 Wärtsilä osti ruotsalaiselta Boforsilta 51 % sen NOHAB-dieselmoottoritoiminnasta, josta alkoi Wärtsilän kansainvälinen tuotantotoiminta. Vielä vuonna 1979 organisaatioon kuului kuusi teollisuusryhmää: telakkaryhmä, dieselryhmä, konepajaryhmä, teknisen posliinin ryhmä, lukkoryhmä ja kulutustavararyhmä. Wärtsilän suunnitteleminen moottoreiden valmistus alkoi Turussa vuonna 1988 ja samana vuonna Vaasaan valmistui huipputason moottorilaboratorio. Vuonna 1989 Wärtsilä ja Lohja tekivät fuusiosopimuksen, joka hyväksyttiin seuraavana vuonna. Wärtsilä sulautui Lohjaan ja yhtiön uudeksi nimeksi tuli Metra Oy Ab. Uuden yhtiön päätoimialat olivat rakentamiseen liittyvät toiminnot sekä dieselmoottoriteollisuus. Vähitellen Metra alkoi luopua muista teollisuusryhmistä ja panosti moottoriteollisuuteen. Vuonna 1996 Metra ja Fincantieri tekivät sopimuksen Wärtsilä Dieselin, New Sultzer Dieselin sekä Diesel Ricerchen yhdistämisestä vuonna 1997 ja uuden yhtiön nimeksi tuli Wärtsilä NSD Corporation. Fincantieri myi osuutensa Wärtsilä NSD:stä Meträlle vuonna 2000, jolloin Wärtsilästä tuli täysin Metran omistama yhtiö. Samana vuonna Metran nimi muutettiin Wärtsiläksi. Vuonna 2007 Vaasaan rakennettiin uusi kokoonpanohalli, logistiikkakeskus, koeajo- ja viimeistelytilat.

Nykypäivänä Wärtsilä on kansainvälisesti johtava merenkulun sekä energiamarkkinoiden voimaratkaisujen toimittaja. Joka kolmas laiva maailman merillä seilaa

Wärtsilän tuotteiden voimin ja 1 % maailman sähköntuotannosta tuotetaan Wärtsilän voimalaitoksissa. Wärtsilä panostaa tuotteissaan ympäristötehokkuuteen ja taloudellisuuteen keskittymällä teknologisiin innovaatioihin ja kokonaisyötysuhteeseen. Vuonna 2014 Wärtsilän liikevaihto oli 4,779 miljardia euroa ja henkilöstöä noin 17 700. Wärtsilällä on yli 200 toimipistettä 70 maassa ympäri maailmaa. /14/

2.1 Wärtsilä Suomessa

Wärtsilän Suomen liiketoiminnot koostuvat kolmesta eri yksiköstä; Ship Power, Power Plants ja Services (**Kuvio 1.**).



Kuvio 1. Liikevaihdon jakaantuminen toimialoittain vuonna 2014. /17/

- Wärtsilä Ship Power on johtava laivojen koneisto- sekä propulsio- ja ohjausjärjestelmien toimittaja ja kykenee toimittamaan niitä kaikentyypisiin aluksiin ja offshore- sovelluksiin. Wärtsilällä on vahva markkina-asema kaikilla segmenteillä moottoreista ohjausjärjestelmiin.
- Wärtsilä Power Plants on merkittävä toimija energiatuotannon voimalamarkkinoilla. Wärtsilä toimittaa voimaloita perusvoiman tuotannosta, kuormitushuippujen tasaamiseen, sekä teollisuuden omaan energiantuotantoon. Wärtsilän voimalaitosten vahvuudet ovat korkeassa hyötysuhteessa ja alhaisissa päästöissä. Wärtsilällä on vahva markkina-asema kaikilla voimalamarkkinoiden pääsegmenteillään.

- Wärtsilä Services huoltaa toimittamiaan laiva- ja voimalajärjestelmiään koko niiden elinkaaren ajan. Wärtsilä on laajentanut palvelujaan ja huoltaa nykyisin myös muiden valmistajien tuotteita maailman pääsatamissa. /16/

Wärtsilällä on Suomessa toimintaa Vaasassa, Turussa, Espoossa ja Helsingissä, joissa työskentelee yhteensä 3 573 ammattilaista (**Kuvio 2.**).

Henkilöstö Suomessa 2.1.2015 yhteensä 3573		
Yksiköittäin	Henkilöä	% koko henkilökunnasta
Ship Power	1720	(48,1 %)
Services	940	(26,3 %)
Power Plants	607	(17 %)
Support functions	306	(8,6 %)

Kuvio 2. Henkilöstön jakautuminen Suomessa vuonna 2015. /14/

2.1.1 Toimipaikat

Wärtsilällä on Suomessa toimipaikkoja seuraavissa paikoissa:

- Vaasa (keskusta) – Delivery Centre Vaasa on 4-tahtimoottorien tutkimus- ja tuotekehitystyön pääkeskus, sekä moottoreiden toimitusyksikkö. Tuotekehitystä varten alueella on moottorilaboratorio ja Vaskiluodossa Waskiluoto Validation Centre, jossa uusia tekniikoita testataan. Keskustan tehdasalueella työskentelee 1 400 henkilöä.
- Vaasa (Runsor) – Runsorissa sijaitsee Power Plants-, Ship Power- ja Services-yksiköt ja niihin liittyvät myynti- ja projektihallintatoiminnot sekä varaosavarasto. Runsorissa työskentelee 1 550 henkilöä.
- Turku – Turussa olevat toiminnot ovat huolto, myynti ja tuotetuki. Lisäksi Turussa toimii Wärtsilä Land & Sea Academy, joka tarjoaa käyttö-, kunnossapito- ja hallintakoulutusta asiakkaille, sekä Wärtsilän omalle henkilökunnalle. Turun toiminnoissa henkilöstöä on 350.

- Espoo – Espoon Otaniemessä sijaitseva Wärtsilä Innovation Node on tutkimus- ja kehityskeskus, joka kerää saman katon alle liiketoiminnan ammatillaiset, opiskelijat ja tutkijat luomaan innovaatioita, joilla pyritään vahvistamaan Wärtsilän innovaatio- ja tutkimustoimintoja.
- Helsinki – Helsingissä sijaitsee pääkonttori, jossa henkilöstöä on 280. /14/

3 TURBOKOKOONPANO

Wärtsilän Vaasassa valmistettavien moottoreiden turboahtimet kootaan pääasiallisesti linjakokoonpanona keskustan MF:n tiloissa. MF:llä valmistetaan moottorin osakokonaisuuksia moduuleina, jotka asennetaan pääkokoonpanolinjalla kiinni moottoreihin. MF:llä valmistettavista moduuleista pumppukotelo kootaan turboahtimen tapaan linjassa, mutta muut valmistettavat moduulit ovat kooltaan pienempiä ja ne kootaan ergonomisissa valmistussoluissa. /15/

3.1 Turbolinja

Turboahtimet valmistetaan kokoonpanolinjalla kuudessa vaiheessa. Jokaisessa vaiheessa on määrätty työvaiheet, jotka täytyy olla tehtynä ennen moduulin siirtoa seuraavalle vaiheelle. Nämä kunkin työvaiheen sisältämät työt merkitään tehdyksi moduulin mukana kulkevaan lomakkeeseen. Näin asentajien vaihtuessa on helppo seurata mitkä vaiheet on saatu valmiiksi. Kokoonpanotyö suoritetaan pääosin samojen henkilöiden toimesta vaihe vaiheelta alusta loppuun kuitenkin huomioiden ilta- vuoro sekä mahdolliset poikkeustilanteet. Turbolinjalla työskentelee mekaanisia asentajia sekä sähköasentajia ja työohjeena heillä on piirrustukset, jotka ovat projektikohtaisia. Kun turbomoduli on kulkenut kuusi vaihetta läpi, on se sähköineen valmis nostettavaksi paikalleen moottoriin. Turbomoduulit kootaan ajettavien alustojen päälle, joilla ne kuljetetaan valmistuttuaan pääkokoonpanolinjalle. Näin vältetään ylimääräisiltä raskailta välinostoilta. /15/

3.2 Turbopilotti ja NPI

Turbojen kokoonpanolinja on suunniteltu tuotantomoduuleille. Osa valmistettavista moottoreista on kuitenkin erikoismalleja ja asiakkaiden tarpeiden mukaan räätälöityjä, kuten ydinvoimalamoottorit ja uusien tuotteiden prototyypit. Näiden moottorien moduulien valmistaminen samalla kokoonpanolinjalla tuotantomoduulien kanssa ei ole järkevää, koska valmistaminen on huomattavasti työläämpää ja

osa malleista on niin suuria, etteivät ne koonsa puolesta sopisi kokoonpanolinjalle.

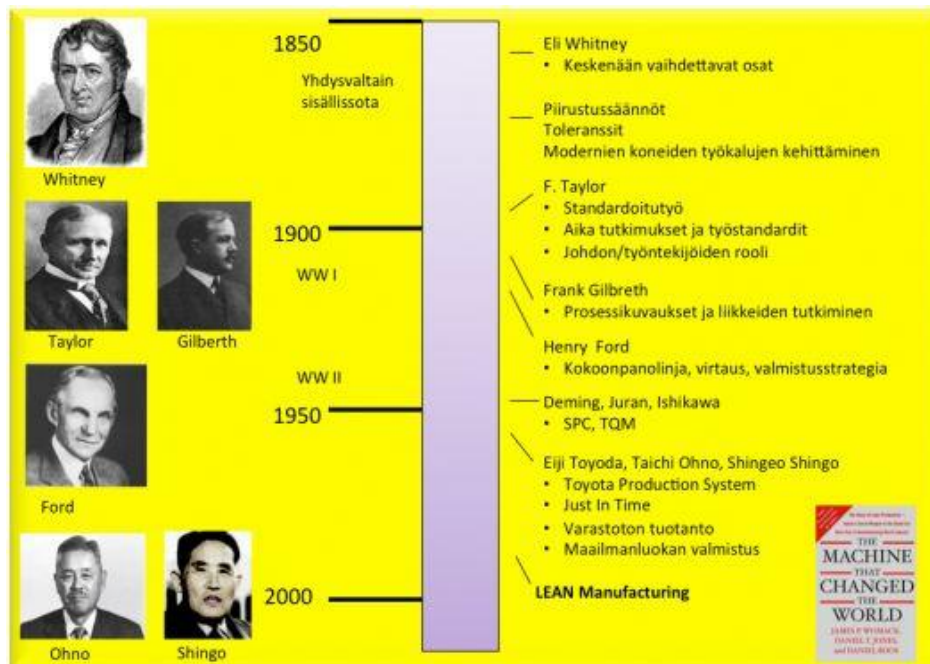
/15/

Erikoismallien turbomoduulit valmistetaan turbopilotissa, joka sijaitsee samassa rakennuksessa tärkeimmän asiakkaan, pilottikokoonpanon kanssa. Turbopilotti tukee myös varsinaisen turbolinjan tuotantoa valmistamalla tarvittaessa tuotantomoduuleja. Erikoismoottorien kasvanut kysyntä sekä uusien mallien lisääntynyt tuotanto, tekevät turbopilotista yhä tärkeämmän kokoonpanotilan. Turbopilotissa pystytään valmistamaan kolmea turbomoduulia samanaikaisesti ja ne kootaan yhdellä asennuspisteellä alusta loppuun. Uusien tuotteiden komponenttien vaatimien muutosten ja kehittämisen vuoksi työn tekeminen kokoonpanolinjassa ei olisi järkevää ja tuotannollistaminen on tehokkaampaa järjestää sille erikseen varatussa kokoonpanosolussa.

4 LEAN

Lean on asiakaslähtöinen prosessijohtamisen malli, joka tuli tunnetuksi teoksesta *The Machine That Changed The World*. Lean-mallin juuret on Japanissa ja Lean perustuu Toyotan (Toyota Production System, TPS) tuotantosysteemiin. Pohja Leanille on kuitenkin lähtöisin Fordin ideasta. Fordin tehtailla puhuttiin jo 1900-luvun alussa jatkuvasta virrasta. Saksalaiset lentokonetehtaat käyttivät toisen maailmansodan aikana Fordin ideaa ja saksalaisten ja Mitsubishin yhteistyön kautta tuotantoidea kantautui Japaniin Toyotan käyttöön (**Kuvio 3.**). Leanin tavoitteena on nopeuttaa läpimenoaikaa poistamalla hukkaa. Lean tunnetaan yleensä hukkan poistomenetelmänä, mutta perimmäinen tarkoitus on kuitenkin läpimenoajan lyhentäminen. Läpimenoaika on yksi tärkeimmistä tavoitteista, sillä ilman läpimenoajan lyhentämistä taloudellista parannusta ei voida todennäköisesti saavuttaa.

Lean liitetään useisiin tekniikoihin ja työkaluihin joiden avulla prosessien välistä hukkaa voidaan pienentää. Näitä työkaluja ovat esimerkiksi 5S, Kanban, VSM ja Just In Time. Usein luullaan, että nämä työkalut itsessään ratkaisevat ongelmat, mutta niiden tarkoituksena on tuoda esiin prosessin ongelmat. /7/ /8/ /9/



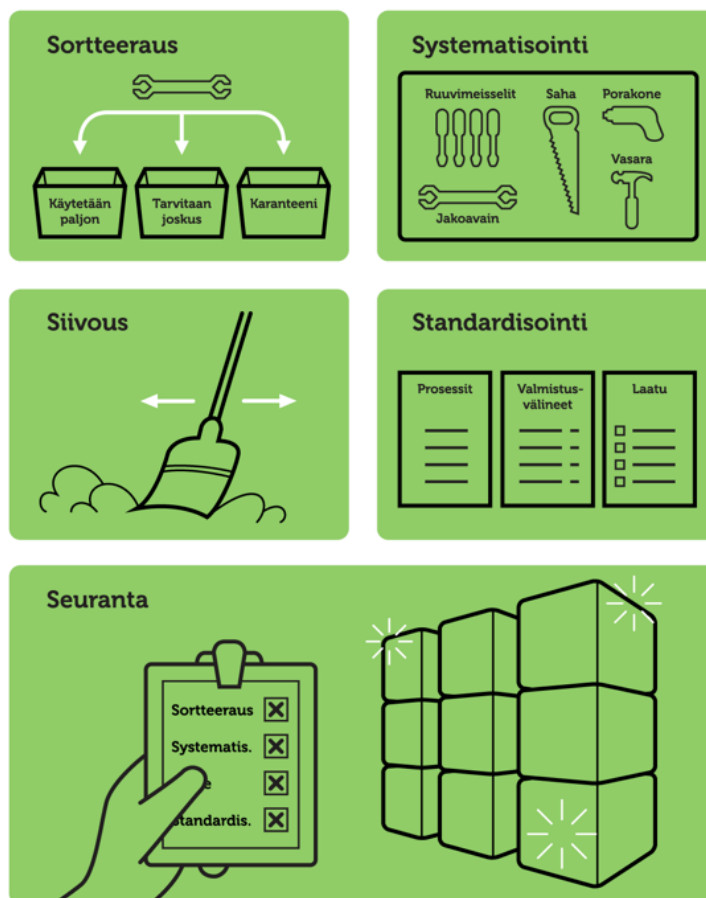
Kuvio 3. Leanin historia /9/

4.1 Arvovirtakuvaus (VSM)

Arvovirtakuvaus (Value Stream Map) on yksi Leanin keskeisimmistä työkaluista, jota käytetään parannustarpeen konkretisoimiseen, tunnistamiseen ja priorisointiin. Se kehitettiin vuonna 1950 Toyotalla, mutta laajempaan tietoisuuteen se tuli vuonna 1997 julkaistussa artikkelissa The Seven Value Stream Mapping Tools. Arvovirtakuvausta käytetään tuotannon esteiden tunnistamiseen ja priorisointiin. Tuotannon tehokkuuden nostamiseksi ongelmien tunnistaminen ja niiden ratkaiseminen on tärkeää. Arvovirtauksella tarkoitetaan läpimenoaikaa, joka kuluu asiakkaan tilauksesta siihen, kunnes asiakas saa tuotteen käyttöönsä. Tämä aika pyritään saamaan mahdollisimman lyhyeksi. /13/

4.2 5S-menetelmä

5S on Japanissa kehitetty menetelmä työpaikkojen sekä työmenetelmien organisointiin ja standardointiin, joiden tavoitteena on kasvattaa työn tuottavuutta. Tuottavuuteen pyritään välttämällä hukkaamista, poistamalla turhaa toimintaa ja parantamalla laatua sekä turvallisuutta (**Kuvio 4.**).



Kuvio 4. 5S-vaiheet /1/

5S-menetelmä koostuu viidestä osa-alueesta:

1. Sortteeraus: Työpaikalta poistetaan turhat tavarat lisätilan saamiseksi
2. Systematisointi: Varastoinnin järjestäminen. Varastoinnissa käytetään esimerkiksi värikoodeja.
3. Siivous: Siisteydestä huolehtiminen.

4. Standardisointi: Standardisoidaan aikataulut ja toimintavat.
5. Seuranta: Sovittujen menetelmien noudattaminen.

5S:n uusi variaatio 6S, johon on lisätty vielä turvallisuus (safety) kuudenneksi osa-alueeksi, on käytössä Wärtsilässä. /1/ /2/

4.3 Just In Time (JIT)

Just In Time edustaa asiakasohjautuvaa tuotannon filosofiaa, jonka perusta on autonvalmistaja Toyotan 1940-luvulla kehitetyssä tuotantojärjestelmässä. Sen päämääränä on kysynnän ja tarjonnan tasapaino niin, että varastointia ei tarvita ja materiaalit toimitettaisiin suoraan käyttöpisteille. Muita JITin päämääriä ovat

- varastojen vähentäminen
- toimitusaikojen lyhentäminen
- virheetön toiminta
- keskeytymättömät prosessit
- joustava tuotanto
- parempi tuottavuus.

JIT-ohjaus soveltuu erityisesti kokoonpanotehtaille, joiden tuotantomäärät ovat suuria. Jos taas asiakkaat vaativat tuotteiden yksilöintiä tai kysyntä on vaihtelevaa, ei JIT-ohjaus sovellu käyttöön. JIT edellyttää, että tuotannon asennuskustannukset saadaan mahdollisimman pieniksi ja toimitusajat lyhyiksi sekä täsmällisiksi. Materiaalit hankitaan vasta silloin, kun niitä tarvitaan. /4/

4.4 Kanban

Sana Kanban on peräisin japanin kielestä ja tarkoittaa kylttiä tai taulua. Kanban on järjestelmä, joka välittää tietoa prosessien välillä ja hoitaa automaattisesti tilaukset loppuneelle materiaalille. Kanban on mukaelma supermarketien tavaranohjauksesta, jonka keksi Toyotan Taiichi Ohno hänen vierailtua Yhdysvalloissa. Ohnon

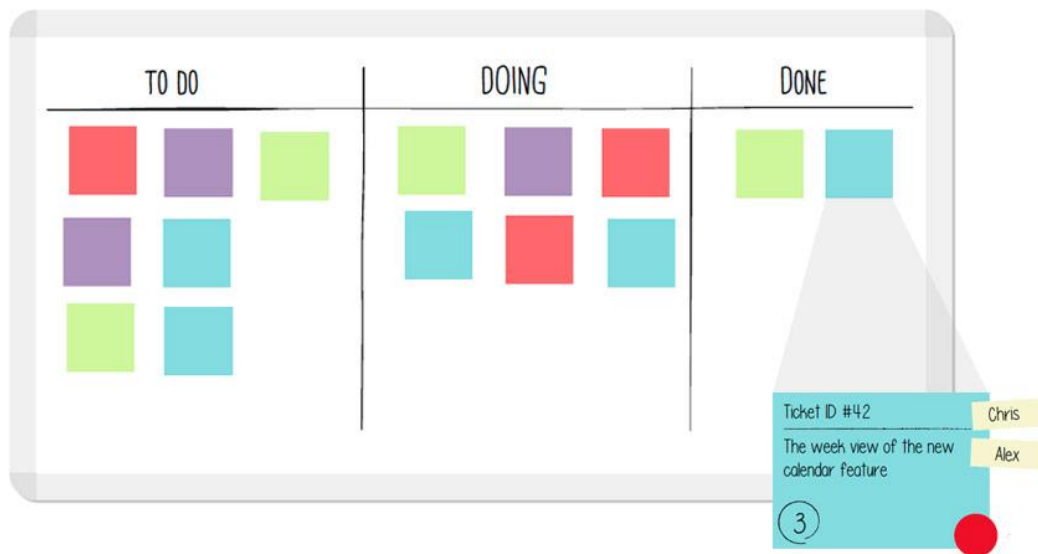
opintomatka suuntautui massatuotantolaitoksiin, mutta parhaat ideansa hän sai supermarketeista. Sieltä asiakkaat saivat juuri sitä mitä halusivat, silloin kun halusivat ja sen määrän kuin halusivat. Toyotan linjatyöntekijät alkoivat käyttää kanban-järjestelmää antamalla signaaleja meneillään olevista vaiheista valmistusprosessissa. Järjestelmän avulla työntekijät pystyvät kommunikoimaan helpommin mitä työtä oli tehtävä ja milloin.

Kanban-järjestelmän avulla Just In Time-tuotanto saavutetaan yhdenmukaistamalla varastotasot vastaamaan todellista kulutusta. Toyotalla on 6 sääntöä Kanbanin tehokkaaseen soveltamiseen:

- Älä koskaan siirrä viallista tuotetta eteenpäin.
- Ota vain mitä tarvitset.
- Tuota juuri tarvittava määrä.
- Tasoita tuotanto.
- Hienosäädä tuotanto.
- Vakiinnuta ja järjeistä prosessi.

Yksi Kanban-järjestelmän signaalien esitystavoista on näyttötaulu (**Kuvio 5**). Kuva kertoo enemmän kuin tuhat sanaa tieteellisistä syistä, koska aivot prosessoivat visuaalista tietoa paljon nopeammin kuin tekstiä. Kanban-taulu auttaa omaksumaan visuaalisen informaation, kun muistilapuilla luodaan taululle kuva työstä. Näkemällä kuinka työ sujuu, voi taululla myös antaa ja vastaanottaa taustaa työhön.

/5/ /6/ /9/



Kuvio 5. Kanban-taulu /6/

5 LAYOUT-SUUNNITTELUN TEORIAA

Layout termillä tarkoitetaan tuotantojärjestelmän fyysisten osien, kuten koneiden, laitteiden, varastopaikkojen ja kulkureittien sijoittelua tehtaassa. Layoutit jaetaan kolmeen päätyyppiin; tuotantolinjalayoutiin, funktionaaliseen layoutiin ja solulayoutiin. /3/

5.1 Tuotantolinja

Tuotantolinjassa koneet ja laitteet ovat työnkulun mukaisessa järjestyksessä. Se on erikoistunut tuottamaan tiettyä tuotetta, jolloin valmistus ja kappaleenkäsittely on tehokasta. Työnkulku on selkeää ja eri työvaiheiden välillä voidaan käyttää erilaisia kuljettimia.

Tuotantolinjan keskeisiä edellytyksiä ovat suuri volyyymi ja korkea kuormitusaste. Kun valmistusmäärät ovat suuria, yksikköhinta muodostuu alhaiseksi, vaikka tuotantolinjan rakennuskustannukset ovat suuret. Tuotantolinja on herkkä häiriöille ja pienikin ongelma voi vaikuttaa nopeasti koko linjan tuottavuuteen. Laadunvalvonta on tärkeää linjatuoannossa, koska linja voi tuottaa tehokkaasti myös virheellisiä tuotteita. Linjan tuotannonohjaus on helppoa, koska työnkulku on selkeää ja sitä ohjataan yleensä yhtenä kokonaisuutena. /3/

5.2 Funktionaalinen layout

Funktionaalisisessa layoutissa koneet ja työpaikat ryhmitellään niin, että samankaltaiset työtehtävät sijoitetaan samaan paikkaan. Esimerkiksi sorvit ovat sorvaamossa ja hitsauspaikat hitsaamossa. Funktionaalinen layout tunnetaan myös nimellä teknologinen layout, koska koneet on ryhmitelty tuotantoteknologian perusteella.

Tuotantomäärät ja tuotteet voivat vaihdella huomattavasti funktionaalisisessa layoutissa. Koneet ja laitteet ovat yleensä sellaisia, että niillä pystytään valmistamaan joustavasti erilaisia tuotteita, koska valmistettavat tuotteet ovat yksittäiskappaleita tai sarjoja. Tuotannonohjaus perustuu töiden jonotusjärjestelyyn eri koneille,

minkä vuoksi ohjaus oikea-aikaisesti vaiheelta toiselle on hankalaa. Työpisteiden välimatkat ovat pitkiä, jonka vuoksi kuljetus- ja käsittelykustannukset ovat suuria. Funktionaalisen layoutin etuja ovat helppo ja halpa toteutus tuotantolinjaan verrattuna. Kapasiteetin kasvattaminen ja erilaisten tuotteiden valmistaminen on joustavaa. Tuotantolinjaan verrattuna tuottavuus on kuitenkin heikompi. /3/

5.3 Solulayout

Solulayout muodostaa itsenäisen yksikön, joka koostuu koneista ja työpaikoista. Se on erikoistunut vain tiettyjen osien valmistukseen tai työvaiheiden suorittamiseen. Solulayout on tuotantolinjan ja funktionaalisen layoutin eräänlainen välimuoto.

Solujen läpäisyajat ovat huomattavasti lyhyemmät kuin funktionaalisisessa layoutissa. Materiaalivirta on selkeä ja solu pystyy valmistamaan joustavasti tuotteita, johon se on suunniteltu. Tuotteita valmistetaan yksittäiskappaleina tai sarjoina ja eräkoot sekä tuotantomäärät voivat vaihdella paljon. Oman tuoteryhmänsä puitteissa solulayout on joustavampi kuin tuotantolinja ja tehokkaampi kuin funktionaalinen layout. Laadunvalvonta solulayoutissa on helppoa eri valmistusvaiheiden sijaitessa peräkkäin samalla alueella. Kuormitusasteet eri koneissa ja laitteissa voivat vaihdella paljonkin ja ovat siksi keskimäärin alhaisemmat kuin tuotantolinjassa. Solulayout on herkempi tuotevalikoiman ja kuormituksen vaihteluille verrattuna funktionaaliseen layoutiin. Soluvalmistuksessa työntekijöiden kierrättämiseen eri tehtävissä ja työn suorittamiseen itsenäisesti on syitä, jonka vuoksi soluvalmistusta perustellaan työntekijöiden motivaation ja tuottavuuden nousulla. /3/

5.4 Layoutin valinta

Layouttyyppin valinta tapahtuu tuotevalikoiman laajuuden ja tuotantomäärien perusteella. Tuotantolinjalayoutia sovelletaan, kun samantyyppisiä tuotteita tuotetaan suuria määriä. Funktionaalinen layout on parhaimmillaan valmistettaessa tuotteita, joiden tuotantomäärät ovat pienet, mutta tuotetyyppien määrä on suuri. Solulayoutia käytetään, kun eri tuotteita valmistetaan toistuvasti, mutta ei kuitenkaan niin paljon, että tuotantolinja olisi kannattavaa muodostaa. Soluissa erilaisten tuotteiden

valmistaminen on tuotantolinjaa joustavampaa. Tehtaassa voi olla käytössä erityyppisiä layouteja, jotka vaihtelevat tuotantoprosessin vaiheen mukaan. Esimerkiksi solulayoutissa valmistetaan osia, jotka kokoonpannaan tuotantolinjalla. /3/

6 TURBOPILOTIN KEHITYSKOhteet

Turbopilotin toiminnassa on useita epäkohtia, jotka haittaavat sujuvaa tuotantoa. Epäkohdat kartoitettiin asentajia haastatteleamalla, sekä seuraamalla tuotantoa turbopilottissa. Osa epäkohdista on korjattavissa hyvin pienillä kustannuksilla, mutta osa vaatii suurempia investointeja. Jotta läpimenoajan lyhentäminen Leanin mallin mukaan onnistuisi, olisi kaikki parannukset hyvä toteuttaa.

6.1 Layout

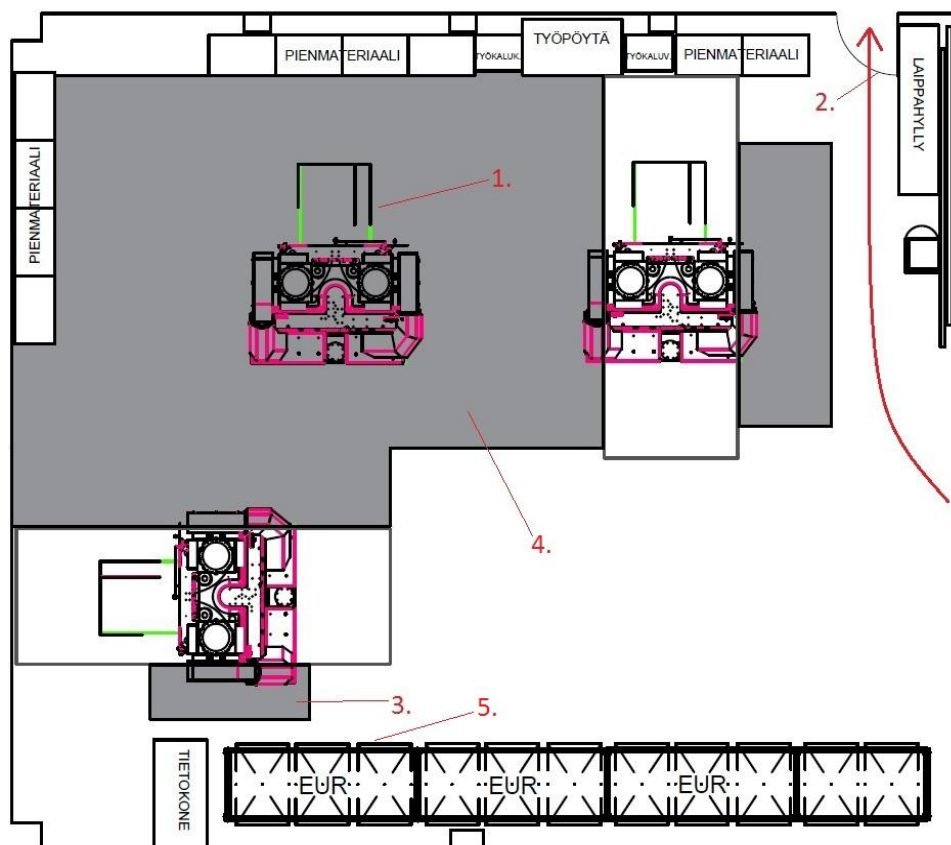
Tavoitteena on suunnitella turbopilottiin uusi layout, joka olisi toimiva ja soveltuisi erikokoisten moduulien kokoonpanoon. Layout tulee suunnitella niin, että pienen tilan jokainen neliö saadaan hyötykäyttöön. Aikaa ei saisi mennä turhiin työvaiheisiin, kuten moduulien ylimääräiseen siirtelyyn, joka aiheuttaa katkoksia tuotannossa. Hyvä layoutsuunnitelma toteutetaan perehtymällä ensin tuotannon vaatimuksiin ja ongelmakohtiin, joista pitäisi päästä eroon.

Layout-piirroksissa esitetyt pisteet ovat

- kiinteä kokoonpanoalusta (1)
- koeajon ovi (2)
- kuormalavat (3)
- lattiatasot (4)
- lavapaikat (5)
- varastopaikka (6)
- pienmateriaali (7)
- työskentelytila (8)
- jäähdyttimen asennus (9)
- lattiatila (10)
- nosturin toiminta-alue (11)
- työskentelytasot (12).

6.1.1 Nykyinen layout

Tila, jossa turbopilotti sijaitsee, on alun perin ollut moottoreiden koeajoselli, eikä se ole suunniteltu nykyiseen käyttöön. Tila on pieni ja epäkäytännöllinen turbomoduurien valmistamiseen nykyisillä tuotantomäärillä. Turbopilotissa on tällä hetkellä mahdollista valmistaa kolmea turbomoduuria yhtä aikaa, mutta nykyinen layout tekee tilasta epäkäytännöllisen ja aiheuttaa ongelmia erityisesti logistiikalle, koska keräyslavoille ei ole tilaa (**Kuvio 6.**). Yksi kokoonpanoalustoista on kiinteästi lattiassa kiinni ja kaksi muuta ovat ajettavia alustoja, kuten turbolinjalla käytössä olevat. Ajettavien etu on se, että turbomoduuria voidaan kuljettaa alustan päällä pääkokoonpanoon ilman välinostoja sekä tarvittaessa siirtää, jos tuotantotilassa täytyy tehdä muutoksia.



Kuvio 6. Nykyinen layout

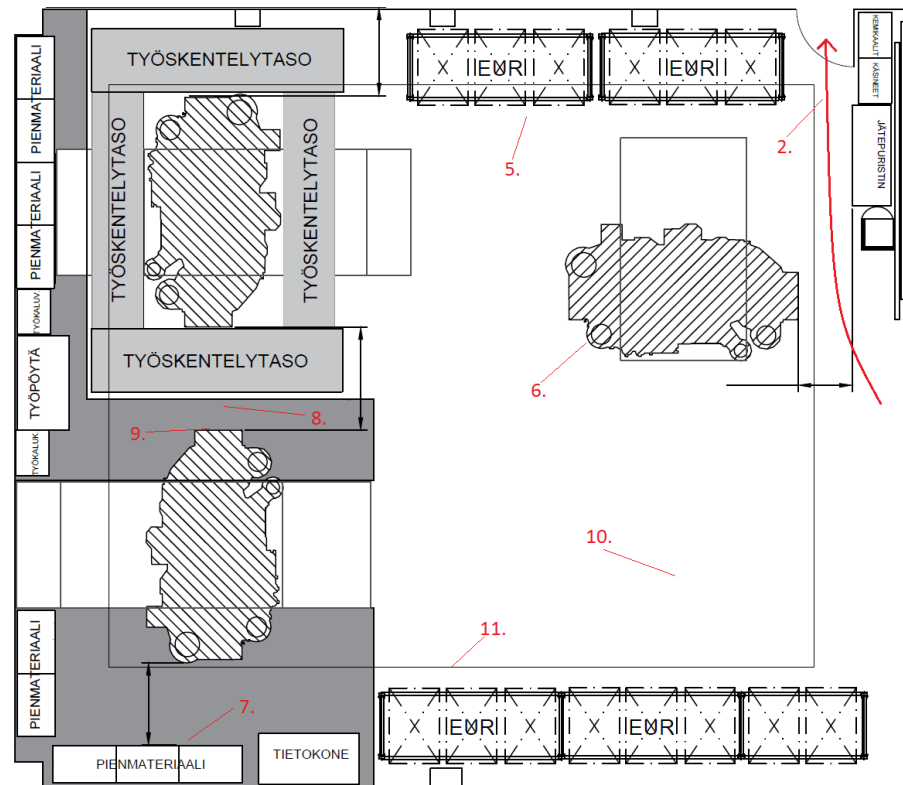
Kiinteä alusta kuvion pisteessä 1, on tilan suurin ongelma. Se vaatii paljon tilaa ja moduuli täytyy nostaa siitä erilliselle kuljetusalustalle ennen kuin se voidaan kuljettaa pääkokoontilaan. Lisäksi kuljetus vaikuttaa myös viimeistelyn toimintaan, koska kuljetukseen käytettävä Kalmar-trukki vaatii viimeistelyn käytävän tyhjäksi, jotta trukki mahtuu liikkumaan. Turbopilotin katossa on siltanosturi, jonka painoraja on 10 tonnia ja tilassa valmistettavien erikoismallien paino usein ylittää tämän painorajan. Tämä aiheuttaa rajoitteita malleille, joita voi kiinteässä alustassa valmistaa. Tilan kehittämiseksi, täytyy kiinteän alustan tilalle hankkia ajettava alusta, jotta kolmen moduulin valmistaminen tilassa onnistuisi järkevästi.

Tuotantotilan kulmassa, pisteessä 2, on kulku koeajoon ja kulkuväylä on vienyt tilaa tuotannolta. Poistamalla ovi käytöstä ja ohjaamalla kulun muuta kautta, pystyttäisiin pisteessä 4 olevaa lattiatasoa rakentamaan kulkuväylällekin. Näin saataisiin käyttöön arvokasta asennustilaa moduulin ympärille. Ajettavan alustan ympärillä on työskentelytasona kuormalavoja pisteessä 3, joista pitäisi päästä eroon. Kuormalavat eivät ole lattiassa kiinni, joten ne voivat keikahtaa niiden päällä työskennellessä ja aiheuttaa tapaturman. Lisäksi kuormalavat ja kokoonpanopaikka estävät pääsyn hyllyille pisteessä 5, eikä niihin voi siksi nostaa materiaalia ilman alustan ja tasojen siirtelyä. Näihin mainittuihin ongelmiin olisi layoutin suunnittelussa tärkeää löytää ratkaisut, jotta tila saataisiin toimivammaksi ja tuotanto helpottuisi.

Uudet turbomallit ovat niin korkeita, että yhden kokoonpanopisteen ympärille täytyisi saada tukevat työskentelytasot, joita pystytään nostamaan sekä siirtämään leveyssuunnassa, koska turbomodulien leveydet vaihtelevat merkittävästi. Työskentelytasot tulisivat olemaan pyörien varassa liikuteltavia. Nostotasojen väliin olisi asennettavissa irralliset tasot kaiteineen, jolloin moduulin jokaisella sivulla on turvallista työskennellä korkeallakin. Nämä työskentelytasot tarvitsevat turbomodulin ympäriltä paljon tilaa ja hankaloittavat layoutin suunnittelua jo valmiiksi ahtaassa tilassa. Nykyisillä asennustelineillä työskennellessä tapaturman riski on suuri moduulien ollessa yli 3 metriä korkeita.

6.1.2 Layout 1

Layout 1 on kahden kokoonpanopaikan ratkaisu (**Kuvio 7.**).



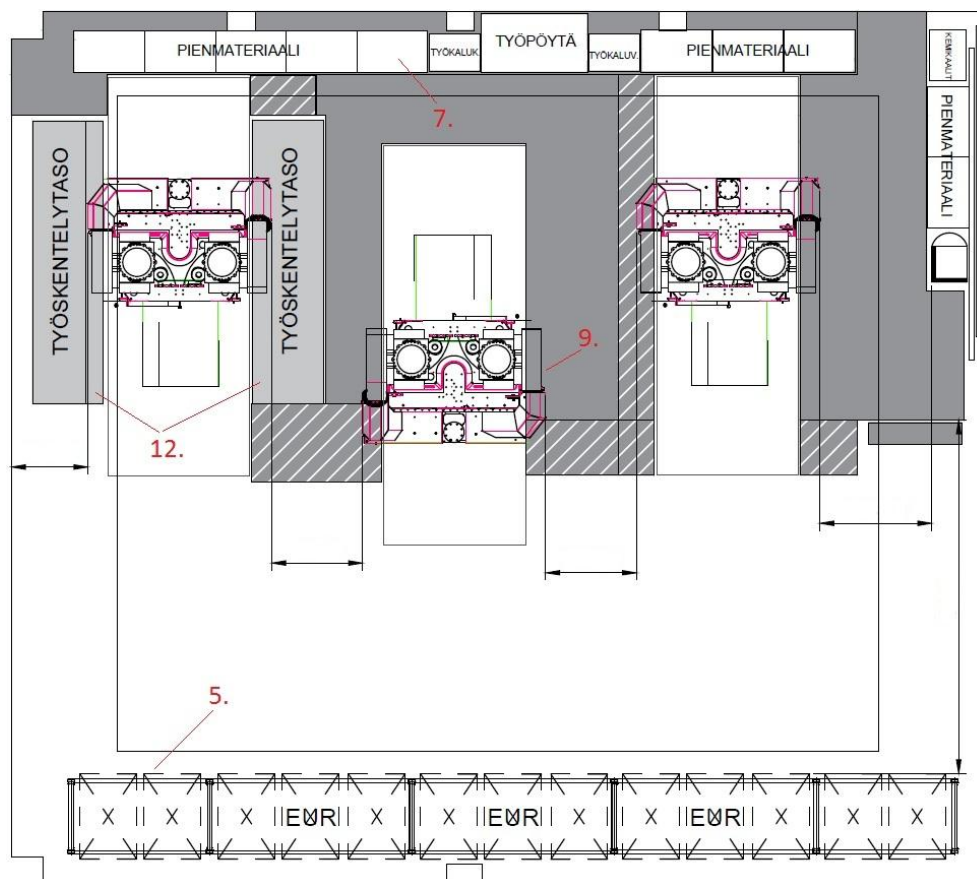
Kuvio 7. Layout 1

Käytössä oleva 3. ajettava alusta pisteessä 6 toimii väliparkkina, esimerkiksi osapuutteiden sattuessa. Kokoonpanopisteissä voidaan valmistaa kaikkia malleja leveydestä riippumatta. Toinen soluista on varustettu työskentelytasoilla, jossa voidaan valmistaa korkeitakin moduuleja. Layoutissa jää runsaasti lattiapinta-alaa pisteeseen 10, joka helpottaa keräyslavojen tuontia sekä alustojen siirtelyä. Lavapaikkoja pystytään lisäämään, ja projektien keräykset jakamaan omiin hyllyihin. Myös kulku koeajoon voidaan säilyttää nykyisellään pisteessä 2. Layoutin suurin ongelma on asennustilan puute. Pisteessä 8 on liian vähän asennustilaa kun työskentelytaso on nostettuna ylös. Kuvassa näkyvät moduulit ovat leveintä mallia, joita tilassa valmistetaan ja vaativat vähintään 130 cm tilaa kummallekin sivulle, jotta jäähdyttimet pystytään asentamaan pisteeseen 9. Lisäksi tilassa olevan siltanosturin toiminta-

alue, joka on merkattu viivalla pisteessä 11, jää vajaaksi jäädyttimiä asennettaessa. Pienmateriaalihyllyjen sijoittaminen hajalleen tekee materiaalin etsimisestä työlästä.

6.1.3 Layout 2

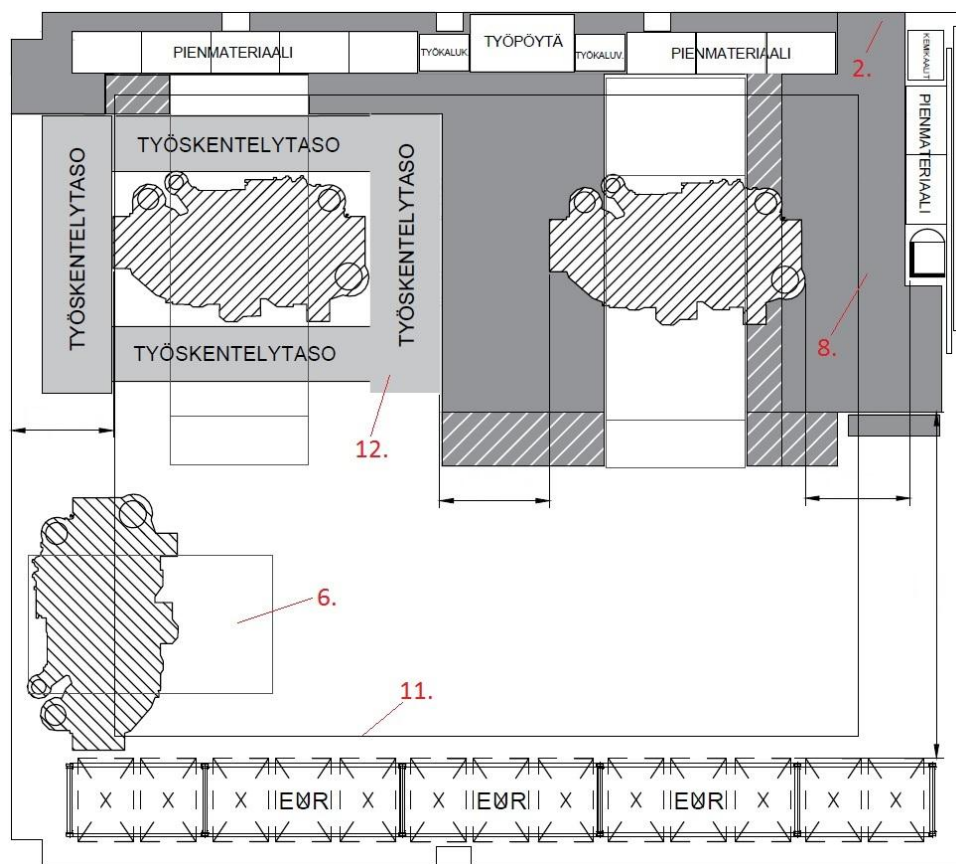
Layout 2 on muunneltavissa valmistettävien moduulimallien mukaan. Kun tuotannossa on tuotantomoduuleita, voidaan niitä valmistaa kolmea samanaikaisesti (**Kuvio 8.**).



Kuvio 8. Layout 2: tuotantomoduulit tuotannossa

Moduulit on aseteltu limittäin, jotta ympärille jää riittävästi asennustilaa 2 metrisen jäähdyttimen asentamiseen pisteeseen 9. Tuotantomoduulia valmistettaessa työskentelytasoja pisteessä 12 ei tarvitse nostaa, joten ne pidetään lattiatasossa. Layout 2:ssa lavapaikkoja pystytään lisäämään pisteeseen 5 ja pienmateriaalihyllyt voidaan sijoittaa kaikki samalle seinälle osien etsimisen helpottamiseksi pisteeseen 7.

Layout 2 on helposti muunneltavissa leveämmille malleille (**Kuvio 9.**).



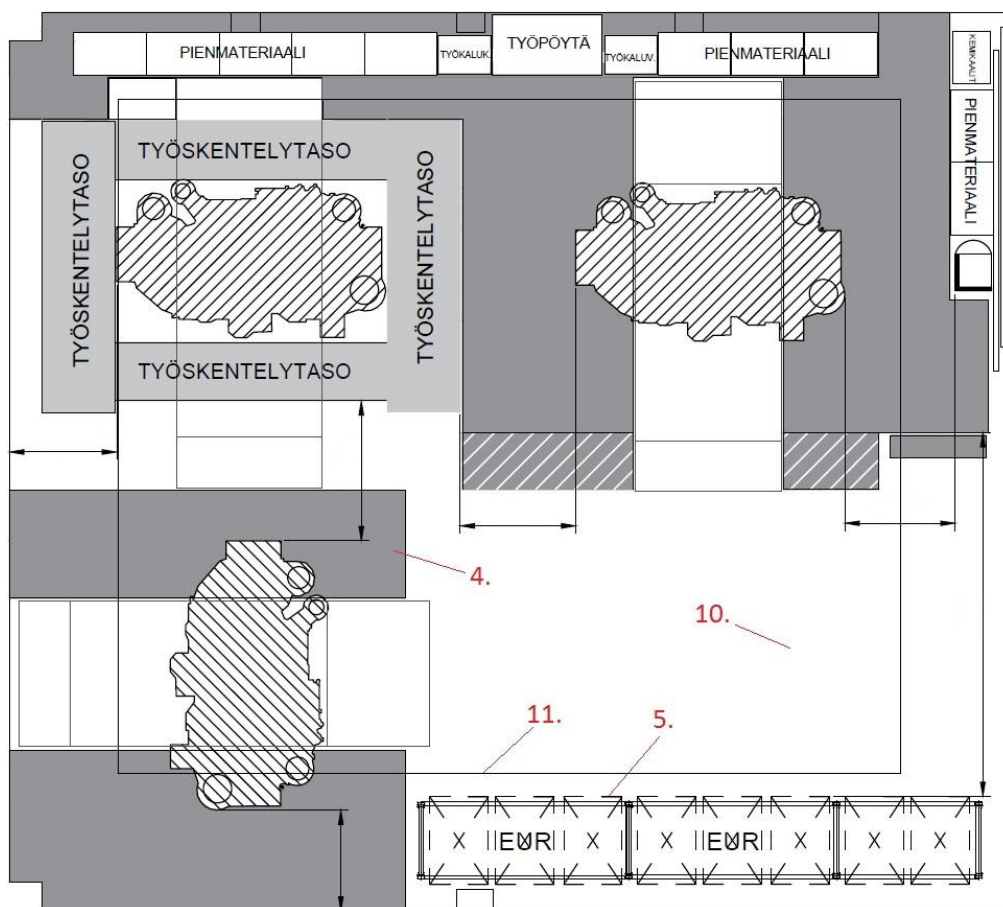
Kuvio 9. Layout 2: leveät moduulit tuotannossa

Kun leveät mallit tulevat tuotantoon, liikuteltava työskentelytaso pisteessä 12 siirretään keskimmäisen asennuspisteen tilalle, jolloin yksi asennuspiste poistuu käytöstä. Näin kahden leveän moduulin ympärille jää riittävästi asennustilaa. Ylimääräiseksi jäänyt alusta toimii varastopaikkana pisteessä 6. Layout 2:ssa kulku koe-

ajoon on poistettu käytöstä pisteestä 2, jotta lattiataso voidaan rakentaa mahdollisimman suureksi ja helpottaa työskentelyä leveää moduulia valmistettaessa pisteessä 8.

6.1.4 Layout 3

Layout 3 pohjautuu layout 2:een, mutta kokoonpanopaikkoja on jatkuvasti 3, malista riippumatta (**Kuvio 10.**).



Kuvio 10. Layout 3

Työskentelytasolla varustetulta asennuspaikalta moduulin ajaminen pois vaatii yhden asennuspisteen ympärillä olevien lattiatasojen purkamista pisteestä 4. Lavahyl-

lyjä joudutaan vähentämään pisteestä 5 ja lattiapinta-alaa jää vähän käyttöön pisteessä 10. Lisäksi nosturin toiminta-alue, joka on merkitty viivalla pisteessä 11, ei riitä jäädyttimen asentamiseen.

6.2 Logistiikka

Turbopilotin tila sijaitsee erillään moduulitehtaasta, joka aiheuttaa haasteita erityisesti logistiikan toiminnalle. Kuviossa 11 näkyy turbopilotin sijainti pisteessä A ja moduulitehdas pisteessä 2. Turbopilotissa ei ole tarpeeksi varastotilaa varastoida keräyksiä, vaan ne varastoidaan aluksi moduulitehtaan tiloihin, josta ne toimitetaan tarpeen mukaan ulkotrukkipalvelulla asennuspaikalle. Tämä järjestely aiheuttaa lisätyötä, koska suuret toimitettavat komponentit joudutaan pressuttamaan, kuljettamaan ulko-ovelle ja järjestämään ulkotrukkipalvelulta kuljetus turbopilottiin.



Kuvio 11. DCV-layout /14/

Kun ulkotrukit tuovat keräyksiä turbopilottiin, ne eivät laita niitä suoraan hyllyyn, vaan hyllytys jää turbopilotin asentajille. Joskus lyhyen ajan sisällä voidaan lähettää usean moduulin keräyslavoja, jolloin tila on tukossa. Tämä johtuu yleensä siitä, että

materiaalia lähettää turbopilottiin useampi henkilö. Tällaisessa tilanteessa asentajilla menee todella paljon aikaa järjestää lavat hyllyihin, eikä hyllytila usein riitä, jolloin lavoja joudutaan jättämään lattialle (**Kuvio 12.**).



Kuvio 12. Keräyslavat turbopilotissa

Ettei usean moduulin osien lähetys osuisi samaan ajankohtaan, pitäisi osien toimittuksesta vastata ainoastaan turbolinjan linjavastaava, joka kommunikoisi turbopilottiin asentajien kanssa tarvittavasta materiaalista. Työnjohto olisi yhteydessä linjavastaavaan, kun uusi kokoonpano aloitetaan ja ilmoittaa tulevan moduulin tiedot. Toimintatapaa uuden kokoonpanon aloituksesta turbopilotissa ei ole kirjattu ylös, joten logistiikalla ei ole selvää ohjetta kuinka toimia turbopilotin toimitusten kanssa.

6.3 Pienmateriaali

Pienmateriaali varastoidaan muovilaatikoihin lähelle tuotantoa, joista materiaali on nopea ottaa käyttöön. Turbopilotin pienmateriaaleissa on käytössä pääosin yhden laatikon järjestelmä, koska kulutus on pientä, eikä tiloissa pystyisi toteuttamaan kahden laatikon järjestelmää järkevästi. Pienmateriaalihyllyjä täytetään usean eri

toimittajan toimesta. Jokaisella toimittajalla on oma värinsä laatikon materiaalikooditarrassa. Tämä helpottaa paikantamista ja valvontaa. Pienmateriaalin täyttöpalvelussa on kolme alihankkijaa, jotka tilaavat ja täyttävät omat tuotteensa hyllyihin. Alihankkijoiden värikoodit ovat valkoinen, keltainen ja sininen. Kanban-materiaali on merkitty punaisella ja tilauksen hoitaa aina Wärtsilän oma logistiikka. Saldomateriaali on merkitty vihreällä ja varaston seurannasta ja lisätilauksista huolehtii osto **(Kuvio 13.)**.



Kuvio 13. Pienmateriaalihylly

Turbopilotin pienmateriaalista on olemassa excel-lista, jonka päivitystarvetta tutkittiin käymällä pienmateriaalihyllyt läpi ja kirjaamalla havaitut epäkohdat ylös. Hyllyissä havaittiin seuraavia epäkohtia:

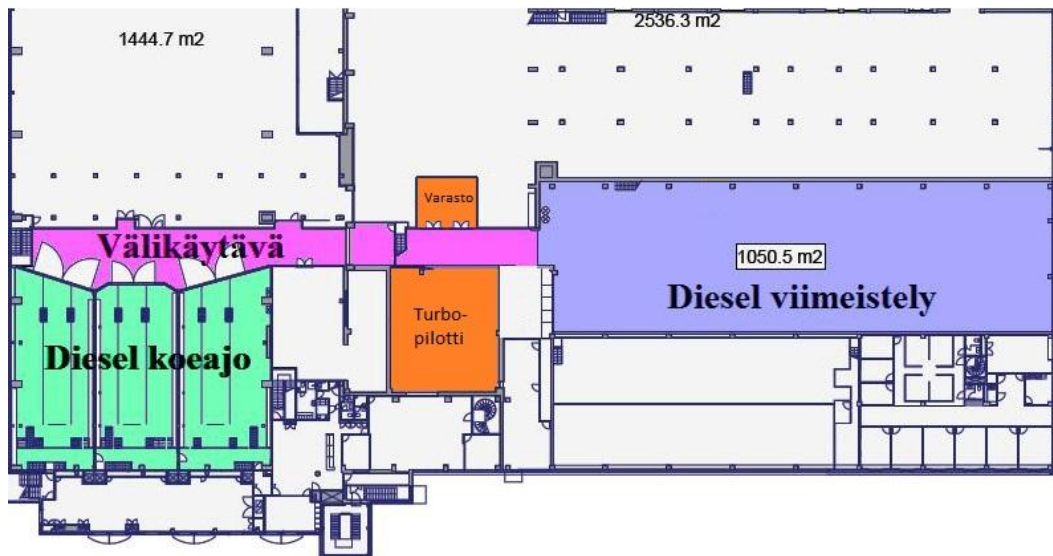
- Yhdellä materiaalilla on kaksi eri toimittajaa.
- Tuotteita, joilla ei ole materiaalinumeroa.
- Uutta materiaalia, jota ei ole excel-taulukossa.
- Sama materiaali on useassa eri laatikossa.
- Laatikoista puuttuu materiaalitarroja.

Epäkohdat korjaamalla ja hyllyt uudelleen järjestämällä saadaan pienmateriaalihyllyt loogisemmiksi, jolloin materiaalin löytäminen on nopeampaa. Hyllyjen numerointi helpottaisi osien etsimistä entisestään, kun excel-listasta näkisi missä hyllyssä materiaali sijaisee. Lisäksi pienien moottorisarjojen pienmateriaalia varten perustettava projektihylly olisi looginen säilytyspaikka samaan projektiin kuuluvien moduulien materiaalille.

Jatkuvasti kehitettävien moottorimallien ja niiden tuomien uusien osien vuoksi pienmateriaalia on haastavaa pitää ajan tasalla. Keräyslavoilla yritetäänkin toimittaa mahdollisimman suuri osa turbomoduulin kokoonpanossa tarvittavasta materiaalista, jotta turbopilotin pienmateriaalimäärää saataisiin pienennettyä.

6.4 Varastotila

Turbopilotin rajallisen tilan ja lavapaikkojen vähäisen määrän vuoksi on pääkäytävän toiselta puolelta otettu käyttöön varastotilaa, joka näkyy kuvassa 14. Tilaan on varastoitu keräyslavoja, kun hyllytila on loppunut kokoonpanotilasta. Varastotilasta noin puolet on viimeistelyn käytössä ja puolet on varattu turbopilotin käyttöön. Varastotilaan ei ole rakennettu lavapaikkoja, joten tilaa on ollut haastavaa pitää järjestyksessä. Lavat täyttävät koko käytössä olevan lattiapinta-alan, joten liikkuminen tilassa on hankalaa sekä lavojen siirtelyyn kuluu aikaa, jos haluttu lava on tilan takaosassa (**Kuvio 15.**).



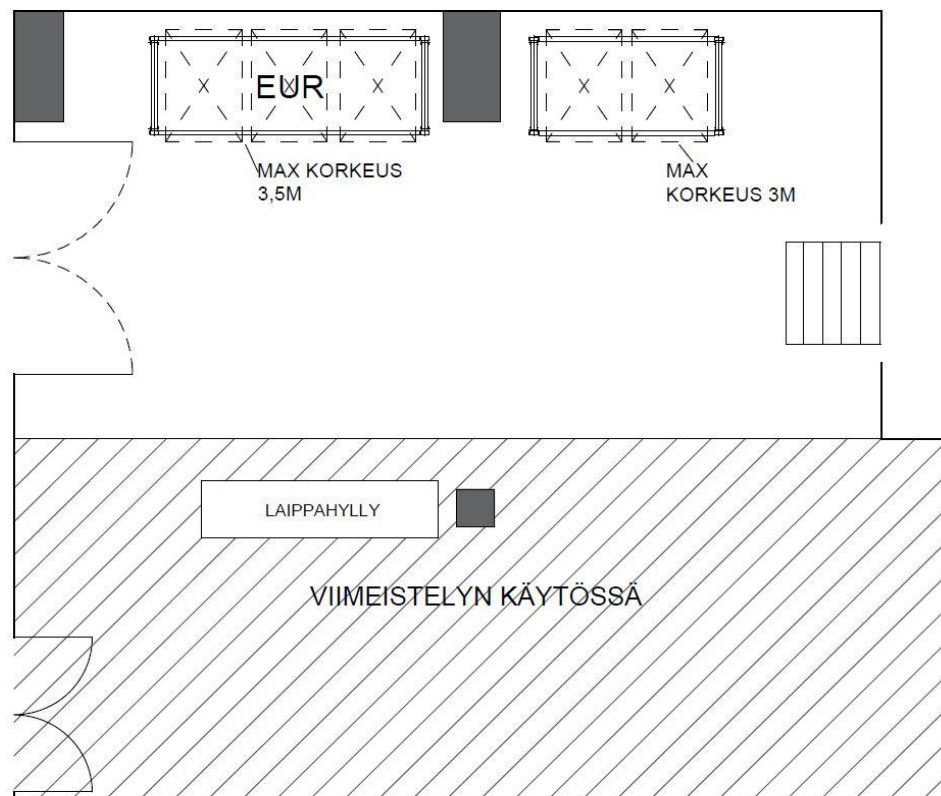
Kuvio 14. Turbopilotin ja varaston sijainti



Kuvio 15. Varastotilan alkutilanne

Tilasta tehtiin layout-luonnos, jossa tilaan saadaan sijoitettua 10 lavapaikkaa (**Kuvio 16.**). Hyllyjen korkeutta rajoittaa se, että tila on matalimmillaan vain noin

3 metriä korkea, joten lavapaikkoja ei voi hyllyissä olla kuin kaksi päällekkäin. Kun lavat voidaan hyllyttää, järjestyksen ylläpitäminen on helpompaa ja lavojen etsiminen sekä noutaminen on nopeampaa. Hyllyihin voidaan sijoittaa osia, jotka eivät kokonsa puolesta sovi kokoonpanotilan hyllyihin, sekä kokoonpanotilan lavapaikoissa olevia nostorautoja ja muita tarvikkeita, joille harvemmin on käyttöä.



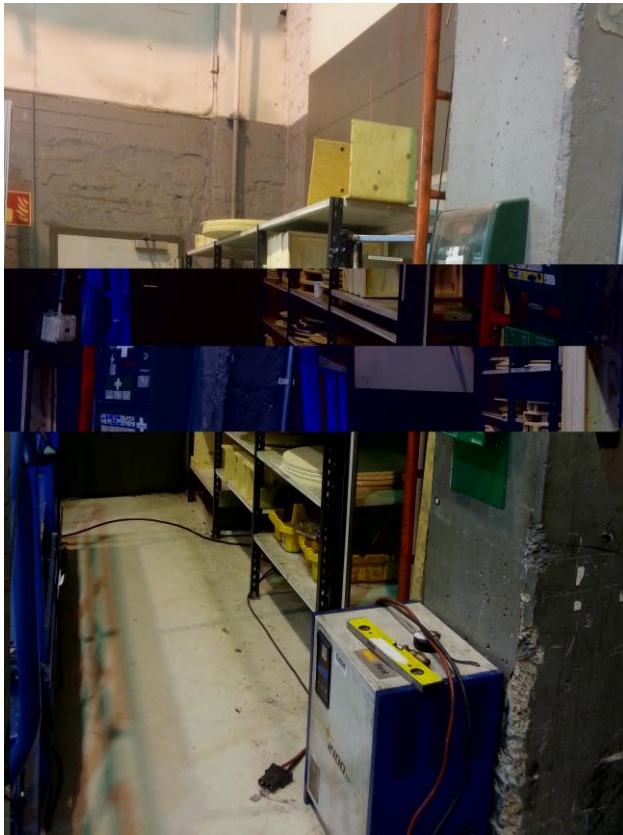
Kuvio 16. Varastotilan layout

Varastotilaan johtavan oven kynnyksen on niin jyrkkä, että turbopilotin käytössä olevalla trukilla ei ole mahdollista päästä varastoon, vaan lavoja on täytynyt siirrellä pumppukärryillä. Jotta kulku varastotilaan olisi ongelmaton, kynnykseen voisi hitsata uuden rautalevyn, jolla loiventaisi kulkuväylää niin, että turbopilotin trukilla pääsisi varastotilaan. Myös varaston ovet poistamalla kulku varastoon helpottuisi sekä saataisiin arvokasta lisätilaa käyttöön (**Kuvio 17**).



Kuvio 17. Varastotilan kynnys

Kokoonpanotilassa sijaitseva turbon puulaippahyllyn uudelleensijoittaminen varastotilaan helpottaisi turbopilotin tilan tarvetta. Hyllyn nykyinen sijainti tukkii kulureittiä, joten sen siirtäminen varastotilaan vähentäisi ahtaudesta aiheutuvaa tapaturmariskiä. Turbon puulaippoja käyttävät viimeistelyn työntekijät joten on luonnollisempaa, että ne sijaitsevat samassa varastossa viimeistelyn muiden tarvikkeiden kanssa (**Kuvio 18.**).



Kuvio 18. Puulaippahylly

6.5 Työskentelytasot

Yksi moduulin asennussoluista tullaan, tulevaisuutta ajatellen, varustamaan nousevilla työskentelytasolla, koska uudet moduulit tulevat olemaan huomattavasti nykyisiä korkeampia. Näiden mallien prototyyppejä on jo valmistettu ja käytössä on ollut yksi nouseva työskentelytaso (**Kuvio 19.**).



Kuvio 19. Nykyinen työskentelytaso

Työskentelytasojen pitäisi olla moduulin ympärillä niin, että joka sivulla pystytään työskentelemään turvallisesti korkeallakin. Moduulin sivuilla tulisi olemaan kuvion 19 mukaiset nousevat tasot. Ne olisivat pyörillä varustettuja liikuteltavia ja tarvittaessa paikalleen lukittavia tasoja, jolloin ne ovat sivusuunnassa säädettävissä moduulin leveyden mukaan sekä siirrettävissä pois edestä, kun kokoonpanoalustaa ajetaan. Näiden kahden nousevan tason väliin tulisi irralliset tasot, jotka voidaan tarvittaessa nostaa paikalleen. Jotta välitasot pystytään toteuttamaan, täytyy molempien työskentelytasojen toimia samalla tekniikalla, koska tasoja täytyy ajaa samanaikaisesti. Tasojen täytyy olla joko saksinostimia tai pilarinostimia.

Saksinostin on vaihtoehtoista edullisempi. Kun työskentelytasolle ei ole käyttöä, saksinostin voidaan laskea lattiatasoon ja poistaa kaiteet, jolloin se toimii osana lattiaa. Nostimet olisivat vastaavia kuin nykyinen nostin kuviossa 19, mutta pidempiä. Saksinostimen huono puoli on se, että työskentelytason ollessa ylhäällä, ei alapuolella pystytä työskentelemään saksien vuoksi.

Kuvion 20 pilarinostinratkaisu mahdollistaisi työskentelyn samaan aikaan työtasolla ja sen alla. Pilarinostimen ongelmana ovat pilarit, jotka haittaavat työskentelyä, koska tila on ahdas. Lisäksi vaihtoehto on huomattavasti kalliimpi.



Kuvio 20. Pilarinostin /11/

6.6 Muut tuotantotilan parannukset

Turbopilotissa on kohteita, joita parantamalla työmukavuus ja –turvallisuus paranevat. Parannukset eivät ole riippuvaisia layout-muutoksista, vaan ne voidaan toteuttaa, vaikka edellä esitetyt layout-muutokset eivät toteutuisi.

6.6.1 Ovi

Tuotantotila sijaitsee pitkän käytävän varrella, jota pitkin kulkee paljon liikennettä, kuten rekkoja ja moottorin siirtoja. Oviaukko käytävään on kooltaan suuri ja siinä on vanhat rautaiset liukuovet, joita ei kuitenkaan käytetä, koska ne eivät painonsa ja huonojen liukukiskojen vuoksi liiku miesvoimin. Turbopilotin tuotantotilaa ja käytävää erottamaan pitäisi asentaa uusi ovi, koska käytävän liikenne on äänekkästä ja jos pitkän käytävän molemmissa päissä ovet ovat auki, syntyy tilaan ikävää vetoa sekä kulkeutuu pölyä ja likaa. Lisäksi turbopilotissa valmistettavat prototyypit ovat salassa pidettäviä projekteja, jotka voitaisiin uudella ovella pitää piilossa ulkopuolisilta.

Wärtsilässä on käytössä paljon pikarullaovia, jotka ovat materiaaliltaan kangasta ja nousevat nopeasti ylös. Ne ovat vähän tilaa vieviä ja rakenteeltaan sellaisia, että kestävät esimerkiksi trukin törmäyksen. Ovi suojaisi tilaa vedolta, meteliltä ja toimisi hyvänä näkösuojana. /10/

6.6.2 Nosturi

Turbopilotin tilassa on yksi siltanosturi. Kun useampaa moduulia valmistetaan yhtä aikaa, tulee tilanteita jolloin joudutaan odottamaan nosturin vapautumista ja tuotanto pysähtyy. Toisen nosturin hankkiminen olisi suositeltavaa, jotta läpimenoaika pystyttäisiin lyhentämään. Nykyisellä nosturilla pystytään nostamaan 10 tonnin kuorma ja toiseksi nosturiksi riittäisi 3 tonnin nosturi. Se pystyisi nostamaan kaikki komponentit, joihin nosturia tilassa tarvitaan.

Nosturivaihtoehtoja olisi kaksi. Nykyisille siltanosturin kiskoille asennettaisiin toinenkin nosturi. Tämä vaatii tarkempaa selvitystyötä siitä, että onko kiskoille mahdollista asentaa toista nosturia. Siltanosturi olisi parempi vaihtoehto sen suuren toiminta-alueen vuoksi. Siltanosturia on tarkempi liikutella ja se helpottaa osien asentamista. Toinen vaihtoehto on puominostin, joka olisi seinään kiinnitetty. Puominostin olisi halvempi investointi, mutta sillä osien asentaminen on vaikeampaa ja nostokapasiteetti on pieni. Lisäksi toiminta-alue on pieni, eikä se siitä syystä yletyisi kaikille kolmelle asennuspisteelle.

Jotta työ olisi mahdollisimman tehokasta, vaatisi kolme kokoonpanopaikkaa nostureitakin kolme. Kaksi siltanosturia ja yksi puominostin olisi paras vaihtoehto, koska siltanostureilla pystytään noutamaan lattialta komponentteja. Puominostin ei tulisi yltämään komponenttien nostamiseen lattialta, joten sitä käytettäisiin ainoastaan komponenttien asentamiseen. Lisäksi kahdessa puominostimessa on suurempi riski, että siltanosturi sotkeutuu niihin.

6.6.3 Kemikaalikaappi

Tuotantotilassa ei ole tällä hetkellä kemikaaleille omaa kaappia. Samassa kaapissa kemikaalien kanssa säilytetään muun muassa työkalut ja teipit (**Kuvio 21.**).



Kuvio 21. Nykyinen kemikaalikaappi

Kemikaaleille pitäisi hankkia oma kaappi, koska se helpottaisi täyttöä ja kaapin pitämistä järjestyksessä. Työkäsineet ja muut tavarat, joita kaapissa täytyy säilyttää, olisivat omassa kaapissaan.

6.6.4 Sähköjohdot

Turbopilotin tila on alunperin ollut moottorin koeajoselli ja tilan seinällä kulkee vanhoja sähköjohtoja niiltä ajoilta (**Kuvio 22.**). Osa johtojen päistä on täysin paljaana ja ne voivat olla jännitteellisiä. Käytöstä poistuneet johdot täytyisi poistaa sähkömiehen toimesta ja käytössä olevat suojata koteloimalla. Paljaissa johdoissa on sähköiskun vaara ja esimerkiksi nosturin koukku voi tarttua niihin ja aiheuttaa vaaratilanteen.

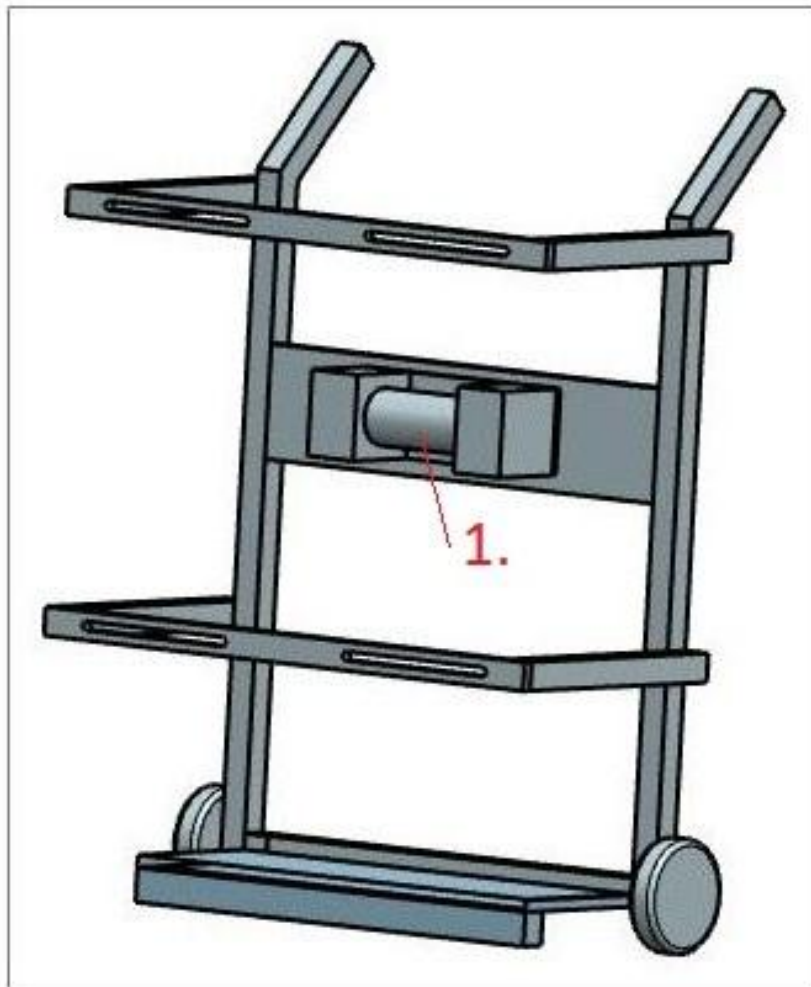


Kuvio 22. Vanhat sähköjohdot

6.6.5 Jäähdyttimen asennuslaite

Turbolinjalla tuotantomoduulien jäähdyttimet asennetaan ilmalaatikkoon vinssin avulla. Koska jäähdytyn asennetaan aina samalla vaiheella, on vinssi voitu asentaa kiinteästi vaiheelle 1. Turbopilotissa ei vinssiä ole käytössä, joten jäähdyttimet asennetaan haalaamalla siltanosturia apuna käyttäen. Tämä tapa ei ole hyväksi siltanosturille ja vinonostot voivat aiheuttaa vahinkoa vaijerien hypätessä pois paikoiltaan.

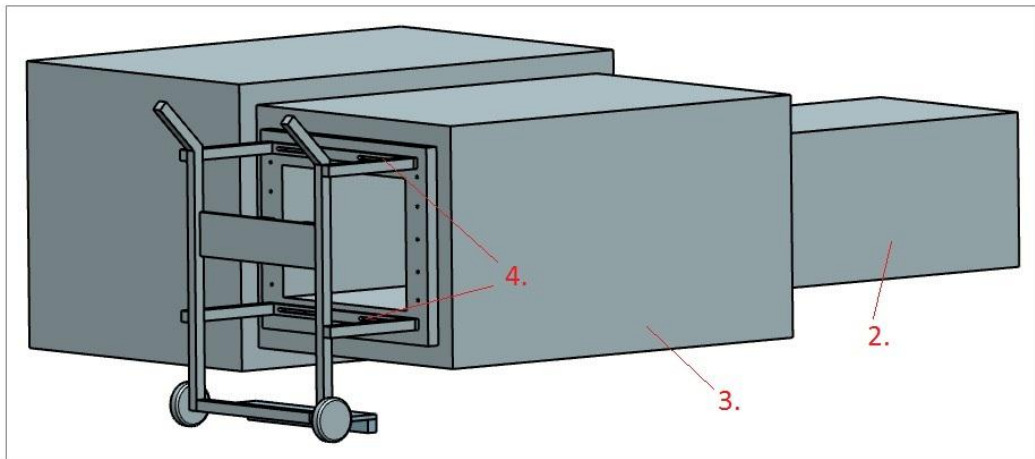
Turbopilotin jäähdytinasennuksia helpottamaan luonnosteltiin liikuteltava vinsauslaite, jonka avulla jäähdytin voidaan asentaa turvallisesti paikalleen (**Kuvio 23**).



Kuvio 23. Vinssauslaite

Turbopilotissa vinssiä ei voida sijoittaa turbolinjan tapaan kiinteästi yhteen paikkaan, koska jäähdyttimiä täytyy pystyä asentamaan kaikilla kokoonpanopaikoilla. Vinssauslaite muistuttaa nokkakärryä, johon on sijoitettu vinssi pisteeseen 1. Kärry on kevytrakenteinen ja helppo kuljettaa varastoon säilöön, kun jäähdytin on saatu asennettua.

Kuviossa 24 vinssauslaite on asennusvalmiina. Kun jäähdytin pisteessä 2 vedetään pisteessä 3 olevan ilmalaatikon sisään, vinssauslaite kiinnitetään pulteilla päätyluukun kiinnitysreikiin pisteessä 4.



Kuvio 24. Vinssauslaite asennusvalmiina

7 TULOKSET

7.1 Layout

Layoutin valinnassa tärkeänä pidettiin kokoonpanopaikkojen määrää, joita haluttiin tilaan kolme. Layout-suunnitelmista päädyttiin vaihtoehtoon 2, jota lähdetään tulevaisuudessa toteuttamaan, kun kolmaskin ajettava kokoonpanoalusta saadaan hankittua kiinteän tilalle. Kemikaalikaapin järjestäminen toteutetaan layout-muutoksen yhteydessä.

7.2 Logistiikka

7.2.1 Työn aloitus turbopilotissa

Logistiikalla ei ole ollut selvää ohjetta kuinka toimia turbopilotin materiaalitoimitusten kanssa. Tässä työssä toimintatapa kirjattiin ylös, mikä on esitetty kappaleessa 7.2.2 ja linjavastaavan työpisteelle tehtiin ohje kuinka toimia, kun uusi kokoonpano aloitetaan turbopilotissa. (LIITE 3)

7.2.2 Toimintatavan kuvaus

Kun uusi kokoonpano aloitetaan turbopilotissa, täytyy ennen sitä varmistaa kokoonpanon resurssit ja aikataulu tuotanto-ohjelmasta ja pilottikokoonpanon työnjohdolta. Logistiikalle ilmoitetaan viimeistään 2 vuorokautta ennen kokoonpanon aloitusta tiedot työn alle tulevasta moottorista. Logistiikan tehtävä on hoitaa keräyslavat valmiiksi ja varastoida ne turbolinjan puskuripaikalle. Jos tässä vaiheessa huomataan puutteita pääkomponenteissa, siitä tehdään välittömästi ilmoitus työnjohdolle, koska työtä ei voida aloittaa pääkomponenttien puuttuessa.

V-moottorin turbomoduulin kokoonpanossa keräykset toimitetaan viimeistään vuorokautta ennen kokoonpanon aloittamista. Turbopilotin vähäisen varastotilan vuoksi, logistiikka varmistaa lavapaikkatilanteen ja toimittaa materiaalit asentajan kanssa sovittuun aikaan. Jos kaikille keräyslavoille ei ole tilaa hyllyssä, toimitetaan vain osa keräyksistä. Suuret komponentit toimitetaan vasta kun kokoonpanoalusta

vapautuu käyttöön. Ahtimet toimitetaan seuraavana päivänä kokoonpanon aloittamisesta. Kokoonpanon edetessä, logistiikka toimittaa materiaaleja asentajan kanssa sovitun aikataulun mukaan. Rivimoottorin turbomoduurin kokoonpanossa keräykset toimitetaan myös vuorokautta ennen kokoonpanon aloittamista. Ahtimien toimituksesta täytyy sopia asentajien kanssa erikseen, koska asennusvaihe vaihtelee eri malleissa.

Kokoonpanon edetessä on huomioitava sähkötyöiden tarve kommunikoida kokoonpanon etenemisestä sähkömiehille. Pääosin sähkötyöt tehdään kun moduuli on mekaanisesti valmis, mutta poikkeuksiakin on.

Tässä toimintatavassa on oletuksena, että kiinteän asennuspaikan tilalle saadaan ajettava alusta. Mikäli moduuli tehdään kiinteällä asennuspaikalla, tulee moduurin valmistuttua logistiikan huolehtia paikalle nostovälineet, moduurin kuljetusteline ja ulkotrukki. Lisäksi logistiikan täytyy olla suorittamassa nostoa asentajien kanssa.

/12/

7.3 Pienmateriaalin järjestäminen

Pienmateriaalin ongelma oli hyllyjen epäjärjestys sekä niiden hajaantunut sijoittelu. Pienmateriaalista käytiin läpi ja epäkohdat kirjattiin ylös. Lista päivitettiin puuttuvat materiaalit ja se järjestettiin niin, että sen avulla hyllyjen uudelleenjärjestäminen on helppoa. Materiaali on järjestetty samaan järjestykseen kuin turbolinjalla, jotta linjalla työskennelleiden asentajien on helppo löytää osat myös turbopilotissa. Pienmateriaalin järjestäminen tullaan suorittamaan layout-muutosten yhteydessä ja ne tulevat seuraavaan järjestykseen:

- kuusiopultit
- kolopultit
- mutterit
- aluslaatat
- vaarnat

- tulpat ja kupariprikat
- lämmönkestävät pultit
- liittimet (mustat)
- liittimet (RST)
- kiinnikkeet
- sähkömiesten tarvikkeet.

7.4 Työskentelytasot

Työskentelytasoissa päädyttiin saksinostinratkaisuun, joka todettiin soveltuvan parhaiten turbopilotin tarpeisiin. Työskentelytasojen vaatimukset käytiin läpi yhdessä asentajien kanssa, jotta tasot tulisivat olemaan sellaiset kuin asentajat haluavat.

Työskentelytasojen vaatimukset ovat

- koko 400 cm x 100 cm
- nostokyky 500 kg
- korkeus ala-asennossa 40 cm
- korkeus yläasennossa 250 cm
- irroitettavat kaiteet
- potkutasot
- tukijalat ja anturit, ettei nosto onnistu ilman tukijalkoja
- välitasot
- mahdollisuus ajaa tasoja yhtäaikaan
- raput.

Vaatimukset täyttävästä saksinostinpaketista välitasoineen pyydettiin tarjous, jota voidaan käyttää työskentelytasojen hankinnassa. (LIITE 2) Työskentelytasot tullaan hankkimaan, kun layout-muutokset on saatu toteutettua.

7.5 Varastotila

Varastotilaan tullaan lähitulevaisuudessa sijoittamaan hyllypaikkoja, jotka tulevat helpottamaan varastotilan puutetta. Varastotilan parannukset voidaan toteuttaa minimaalisilla kustannuksilla käyttämällä käytöstä poistuneita hyllyjä.

7.6 Uusi ovi

Kunnollisen oven puuttuminen turbopilotin oviaukosta koettiin ongelmana ja nykyaikaisen pikarullaoven ominaisuuksista oltiin vakuuttuneita. Työtä varten pyydettiin tarjous ovitoimittajalta, jota voidaan käyttää, kun oveen tullaan investoimaan tulevaisuudessa. (LIITE 1)

7.7 Nosturi

Toisen nosturin hankkiminen todettiin tarpeelliseksi, mutta päätöksiä ei vielä tehty sen hankkimisesta. Nosturivaihtoehtoista tullaan todennäköisesti hankkimaan puominostin, joita Wärtsilältä löytyy käyttämättömiä varastosta.

7.8 Jäähdyttimen asennuslaite

Jäähdyttimen asennusta helpottamaan suunniteltu liikuteltava asennuslaite todettiin hyväksi ideaksi. Laitteen todettiin soveltuvan myös korjaustöihin, joissa turbomooduuli on jo asennettuna moottoriin. Asennuslaite tullaan toteuttamaan tulevaisuudessa, koska kyse on hinnaltaan pienestä investoinnista, mutta asennusta huomattavasti helpottavasta työkalusta.

7.9 Sähköjohdot

Turbopilotin seinällä olleet vanhat sähköjohdot saatiin siistittyä karsimalla ylimääräiset johdot ja kytkemällä käytössä olevat asianmukaisiin rasioihin. Sähköiskun vaaraa ei enää ole ja nosturin tarttuminen johtoihin on nyt epätodennäköistä, koska johdot kulkevat siististi seinässä kiinni (**Kuvio 25.**).



Kuvio 25. Korjatut sähköjohdot

8 YHTEENVETO

Työni tavoitteena oli kehittää turbopilotin kokoonpanotilaa, jotta tuotanto olisi tehokkaampaa ja työturvallisuus paremmalla tasolla. Haastatteleamalla työntekijöitä ja seuraamalla työskentelyä turbopilotissa, havaitsin useita kehityskohteita, joilla on suuri vaikutus työn kulkuun. Tutustuin Lean-tuotantoon ja sen työkaluihin, joiden pohjalta mietin parannuksia tuotannon nopeuttamiseen. Lisäksi perehdyin layout-suunnittelun teoriaan, jonka avulla loin tilasta useita layout-vaihtoehtoja.

Layoutin muuttaminen olisi mielestäni tärkein parannus tilaa kehitettäessä. Olisi tärkeää korvata kiinteä kokoonpanoalusta ajettavalla alustalla, jotta layout-muutokset voitaisiin toteuttaa. Layout-suunnitelmistani vaihtoehto 2 olisi mielestäni paras vaihtoehto, koska se on muunneltavissa turbomoduulien koon mukaan. Juuri muunneltavuutta tarvitaan, koska tilan koon vuoksi ei kolmea kokoonpanopaikkaa voida toteuttaa leveille moduuleille järkevästi. Layout-suunnitelmassa otin huomioon ylimääräisen työn minimoimisen. Tämä näkyy suurena lattia-alana keräyslavoille, joka vähentää ylimääräistä lavojen siirtelyä. Lisäksi kokoonpanopaikat on sijoitettu niin, että kokoonpanoalustojen siirtäminen on vaivatonta ilman, että muiden kokoonpanossa olevien moduulien valmistus häiriintyisi.

Muista kehitysehdotuksistani pitäisi mielestäni ensisijaisesti toteuttaa tilan uusi ovi ja jäähdyttimen asennuslaite. Ovi parantaisi työmukavuutta, koska se eristää melua ja vetoa. Työntekijöiden viihtyvyydellä on kuitenkin suuri merkitys työn tehokkuuteen. Jäähdyttimen asennuslaite helpottaisi asennusta huomattavasti ja vähentäisi siltanosturin kuormitusta. Asennuslaite olisi halpa investointi ja sitä voitaisiin käyttää myös korjaustöissä turbon ollessa jo kiinni moottorissa.

Osa kehitysehdotuksista voitiin toteuttaa pienillä kustannuksilla jo työni aikana. Parannuksia saatiin esimerkiksi työturvallisuuteen sekä työntekijöiden ohjeistukseen. Kokoonpanon aloittamiseen liittyvien asioiden kirjaaminen ylös ja sen pohjalta tehty ohje logistiikalle oli tärkeä lisä työntekijöiden ohjeistuksessa. Osa tur-

bopilottiin suunnittelemistani parannuksista vaatii suurempia investointeja ja toivon, että ne toteutuvat tulevaisuudessa, koska niillä olisi suuri vaikutus turbopilotin tehokkuuteen.

LÄHTEET

- /1/ 5S Viitattu. 1.4.2015
<http://www.leanlion.com/miksi-5s/>
- /2/ 6S Viitattu. 1.4.2015
<http://leanmanufacturingtools.org/210/lean-6s-5s-safety/>
- /3/ Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2009. Teollisuus-
talous. 6. painos. Tampere. Infacs Oy
- /4/ Just In Time. Viitattu 31.3.2015 [http://www.logistiikanmaa-
ilma.fi/wiki/JIT_%28Just_In_Time%29,_Lean_ja_Agile](http://www.logistiikanmaa-
ilma.fi/wiki/JIT_%28Just_In_Time%29,_Lean_ja_Agile)
- /5/ Kanban. Viitattu 4.4.2015
<http://blog.toyota.co.uk/kanban-toyota-production-system>
- /6/ Kanban. Viitattu 4.4.2015
<http://leankit.com/kanban/what-is-kanban/>
- /7/ LEAN. 1.4.2015
<http://www.sixsigma.fi/fi/lean/yleinen/>
- /8/ LEAN. Viitattu 1.4.2015
<http://www.sixsigma.fi/fi/lean/>
- /9/ LEAN, Kanban. Viitattu 1.4.2015
<http://www.sixsigma.fi/fi/lean/leanin-historiaa/>
- /10/ Pikarullaovi. Viitattu 8.4
[http://www.crawfordsolutions.fi/fi/aaes/crawfordsolutionsfi/Products/?grou-
pId=1048921&productId=1048923](http://www.crawfordsolutions.fi/fi/aaes/crawfordsolutionsfi/Products/?grou-
pId=1048921&productId=1048923)
- /11/ Pilarinostin. Viitattu 14.4
http://www.elevah.com/documents/catalog/catalogo_eng.pdf
- /12/ Toikkanen, A. 2015. Työnjohtaja. Wärtsilä DCV, moduulitehdas. Haastat-
telu 14.4.2015
- /13/ VSM. Viitattu 5.4.2015
[http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/vsm-value-stream-mapping-arvovirtaku-
vaus/](http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/vsm-value-stream-mapping-arvovirtaku-
vaus/)
- /14/ Wärtsilä Intranet. Viitattu 31.3.2015
- /15/ Wärtsilä pelikirja. Viitattu 30.4.2015 [https://fiidm01.wnsd.com/kro-
nodoc/122/Get/6175594/TC%20Pelikirja.docx](https://fiidm01.wnsd.com/kro-
nodoc/122/Get/6175594/TC%20Pelikirja.docx)

/16/ Wärtsilä yhtiö rakenne. Viitattu 31.3.2015
<http://www.wartsila.fi/fi/about/yhtio-johto/yhtiorakenne>

/17/ Wärtsilän vuosikertomus. Viitattu 31.3.2015
<http://www.wartsilareports.com/fi-FI/2014/ar/tilinpaatos/pikakatsaus/>

Liite poistettu.

TARJOUS

M12211 / 2255

Pikarullaovet..

Ovimäärä	1
Ovimalli	V 9012 L Stacking
Oviaukon leveys [mm]	8000
Oviaukon korkeus [mm]	5400
Oven asennuspaikka	Väliseinässä
Ovilevyn väri	RAL 7038 Harmaa (0.9)
Ikkunamalli	Vaakakaistaikkuna 2 kpl
Akseliston kotelointi	Ei kotelointia
Moottorin kotelointi	Ei kotelointia
Ovikoneiston sijainti	Koneisto oikealla
Ohjauskeskuksen sijainti	Ohjauskeskus oikealla
Vakio ohjauskeskusmalli	AK 500 FUE-1
Avautumisnopeus [m/s]	1.5
Sulkeutumisnopeus [m/s)	0.8
Ohjaustoiminta	Säädett nopeus
Lisätarvike 1	Vetokytkin ja naru
Lisätarv 1 määrä/ovi	2
Kehyksen toimittaa	Tilaaja
Asennus	Mesvac
Tavaran purku	Tilaaja
Siirrot	Tilaaja
Telineet	Tilaaja
Nostoapu	Tilaaja
Suojaus työmaalla	Tilaaja
Tarkemittaukset	Tilaaja

Liite poistettu.

TYÖN ALOITUS TURBOPILOTISSA

- Varmista kokoonpanon resurssit ja aikatalu tuotanto-ohjelmasta/Pilot-kokoonpanon työnjohdolta.
- Kun työn aloittaminen varmistuu
 - Koordinoi kortit ja keräykset setteihin turbolinjan puskuripaikoille.
 - **Huom! V-moottorin turbomoduulin STCL0-setti toimitettava alikokoonpanoon ensimmäisenä** (hukkaportti osaan malleista)
 - Jos puutteita pääkomponenteissa → Ilmoitus työnjohdolle → Työtä ei voida aloittaa. (kannatin, ahtimet ym. tyypilliset puutteet)

V-MOOTTORIN TURBOMODUULI

- Keräykset toimitettava turbopilottiin viimeistään kokoonpanon aloittamista edeltävänä päivänä.
 - Varmista lavapaikkatilanne turbopilotista ja toimita materiaalit asentajien kanssa sovittuna aikana.
 - Jos kaikille keräyksille ei ole lavapaikkoja hyllyssä, toimitetaan vain STCL1-STCL3 materiaalit. **(Huom! Ei koske suuria komponentteja, LISTATTU ALLA)**
 - Kokoonpanon edetessä logistiikka toimittaa materiaaleja asentajan kanssa sovittun aikataulun mukaan.
- **Kannatin, pohjalevy, ilmalaatikko ja jäähdytin toimitetaan, kun asennuspiste vapautuu käyttöön (Solving vapaana)**
 - **Eristelaatikko (jos toimitetaan kokonaisuutena)**
- **Ahtimien toimitus noin vuorokausi kokoonpanon aloittamisesta (Toimitus sovittava erikseen asentajien kanssa)**

RIVIMOOTTORIN TURBOMODUULI

- Keräykset toimitetaan turbopilottiin viimeistään kokoonpanon aloittamista edeltävänä päivänä.
- Ahtimien toimitus sovittava erikseen asentajien kanssa. (Osaan malleista ahdin asennetaan kokoonpanon vaiheessa 1, osaan vaiheessa 3.)

- Kokoonpanon edetessä huomioitava sähkötöiden tarve kommunikoidamalla kokoonpanon etenemisestä sähkömiehille. Sähkötöissä poikkeuksia (Esim pakokaasun lämpötilamittaus TE511/TE521 asennettava ennen eristelaatikon kokoonpanoa)

- Moduulin valmistuttua kiinteässä kääntölaitteessa **logistiikka** huolehtii paikalle
 - Nostoväline
 - Turbon kuljetuspukki
 - V-malleissa ulkotrukki (Kalmar)
 - Ketjut

**HUOM! LINJAVASTAAVA TÄYTYY OLLA TAVOITETTAVISSA!
PIDÄ PUHELIN MUKANA!**

TÄRKEÄT PUHELINNUMEROT

TURBOPILOTTI 0503674611