



**TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
ÅBO YRKESHÖGSKOLA**

**Opinnäytetyö**

**Kaivoslastarin linjakokoonpanon  
kehittäminen**

**Jussi Pihala**

**Kone- ja tuotantotekniikka**

**2009**

Kone- ja tuotantotekniikka	
Jussi Pihala	
Kaivoslastarin linjakokoonpanon kehittäminen	
Tuotantotekniikka	DI Matti Seppälä (SMC) Yliopettaja, DI Veikko Välimaa (TuAMK)
6/2009	61 sivua
<p>Tämä työ käsittelee kaivoslastarin takarungon kokoonpanon kehittämistä solukokoonpanosta linjakokoonpanoon.</p> <p>Lähtötilanteessa lastaria koottiin solussa, samassa paikassa, etu- ja takarungosta valmiiksi koneeksi asti. Koneen materiaalikeräily tuli kokonaisuudessaan soluun keräilylavoilla.</p> <p>Linjakokoonpanossa materiaali ja työ on jaettu useaan eri vaiheeseen. Työ tehdään peräkkäisillä työasemilla ja lisäksi etu- ja takarungot kulkevat omilla asennuslinjoillaan, kunnes asennusjärjestyksessä päästään yhdistämisvaiheeseen, jolloin rungot yhdistetään.</p> <p>Keskeisessä roolissa on myös kokoonpanon kehittäminen niin, että asentaminen on mahdollisimman vaivatonta. Tämä pitää sisällään turhan työn poiston, uusien ratkaisujen kehittämisen, sekä jo olemassa olevien toimintojen ja toimintatapojen kehittämistä.</p> <p>Linjan layoutia suunniteltaessa pyrittiin yksinkertaisuuteen ja selkeyteen niin, että työn tekeminen olisi mahdollisimman suoraviivaista. Olemassa olevia resursseja nosturien, työtasojen ja työkalujen osalta on pyritty hyödyntämään mahdollisimman pitkälle.</p> <p>Seitsemän linjakokoonpannun koneen läpäisyajatulojen perusteella linjakokoonpanon läpäisyaikaa saatiin supistettua keskimäärin noin 20 % verrattuna paikkakokoonpanon vastaavaan aikaan ja viimeisimmän koneen kohdalla saavutettiin jo lähes 40 %:n vähennys.</p>	
Hakusanat: kokoonpano, tuotanto, vaiheistus, asennus, tuotantolinja	
Säilytyspaikka: Turun ammattikorkeakoulun kirjasto	

Machine and production engineering	
Jussi Pihala	
The development of an assembly line for an underground mining loader	
Production engineering	MSc Matti Seppälä (SMC)  Principal Lecturer, MSc Veikko Välimaa (TuAMK)
6/2009	61 pages
<p>This thesis focuses on the development of an assembly line at the Sandvik Mining and Construction Turku plant for the rear frame of a loader used in underground mining.</p> <p>Contrary to the factory's main assembly method, which is cell assembly, in line assembly the assembly parts and work is divided into several phases. The main assembly work is done in five assembly stations and the smaller sub-assemblies in the assembly line sub-assembly station. The heavier assemblies such as the engine or the gearbox are equipped in the corresponding assembly cells, i.e. the engine or the mask cell.</p> <p>The assembly line is very sensitive to any kind of disruption, thus it is extremely important that the assembly process is thoroughly optimized. This was done in the "linepilot- phase" where three pilot machines were assembled, and based on the acquired data the necessary changes were made. For example, all the hydraulic pipe, hose and wiring harness routings were revised. Also all the work that would require any kind of drilling, welding or grinding was removed. The functionality of most of the optional equipment was also checked and corrected or improved if needed.</p> <p>Simplicity was pursued when the assembly line layout was designed. For example, all the heavy lifts were designed so that the lift could be executed swiftly and, more importantly, safely in a short direct line from the line storage area to the frame. Reducing the waste of time generated through unnecessary movement was also the main focus area.</p> <p>As a result, after eight machines assembled in the assembly line, the average lead time for the machines has dropped by 20 % compared to the corresponding lead time of traditional cell assembly, and with the last two machines the lead time compared to cell assembly is almost 40 % less, which was the original goal set for the assembly line.</p>	
Keywords: assembly, production, phasing, assembly line	
Deposit at: Turku University of Applied Sciences library	

# SISÄLTÖ

<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b>	<b>1</b>
1.1	Työn aihealue	1
<b>2</b>	<b>SANDVIK- KONSERNI</b>	<b>1</b>
2.1	Sandvik AB	1
2.2	Sandvik Mining and Construction Suomessa	3
2.3	Turun tehdas	4
<b>3</b>	<b>TAVOITTEET JA TEORIAUSTA</b>	<b>4</b>
3.1	LH514-kokoonpanolinjaprojekti	4
3.2	Kokoonpanon kehitys	5
3.2.1	Lean-valmistus	6
3.2.2	JIT – just in time	10
3.2.3	5S	11
3.2.4	Jatkuva parantaminen	13
3.3	Materiaalihallinnan haasteet kokoonpanopaikalla	14
3.4	Työntekijät ja ohjeistus	15
3.5	Kokoonpanon läpimenoaika, tahtiaika	15
<b>4</b>	<b>LÄHTÖTILANNE</b>	<b>16</b>
4.1	Tuotannonohjausjärjestelmä	16
4.2	Kokoonpano	17
4.3	Materiaalin ohjaus ja käyttö kokoonpanopaikalla	19
4.3.1	C-osat	19
4.3.2	Profiiliosat, materiaalikeräily	20
4.3.3	Omavalmisteosat	20
4.3.4	Settiosat	21

4.3.5	Visuaaliset osat	21
4.4	Työntekijät ja ohjeistus	22
4.5	Solun layout	22
<b>5</b>	<b>LINJAKOKOONPANON TOTEUTUS</b>	<b>23</b>
5.1	Asemamiehitys yhdessä vuorossa, tahtiaika	23
5.2	Linjan layout	24
5.3	Kokoonpanon kehitys	27
5.4	Apuvälineet	29
5.5	Kokoonpanon vaiheistus	32
5.6	Materiaalin ohjaus ja käyttö linjalla	35
5.6.1	C-osat	36
5.6.2	Profiiliosat, materiaalikeräily	37
5.6.3	Omavalmisteosat	37
5.6.4	Settiosat	39
5.6.5	Visuaaliset osat	40
5.6.6	Materiaalijärjestelijä	40
<b>6</b>	<b>TULOKSET</b>	<b>40</b>
6.1	Kokoonpanon läpimenoaika	40
6.2	Tahtiaika	47
<b>7</b>	<b>HAVAINNOT, SEURANTA, KEHITYSKOhteet</b>	<b>48</b>
7.1	Havainnot – tahtiaika, vaiheistus	48
7.2	Havainnot – läpäisy aika	49
7.3	Havainnot – SOP-ohjeiden vaikutus	50
7.4	Havainnot – kokoonpanon laatu	51
7.5	Seuranta	51
7.5.1	Ilmoitustaulut	51
7.5.2	Vaiheseuranta	52

7.5.3	Materiaalipuutelista	53
7.6	Tulevaisuuden kehityskohteet LH514 kokoonpanolinjalla	53
<b>8</b>	<b>YHTEENVETO</b>	<b>57</b>
<b>9</b>	<b>LÄHTEET</b>	<b>60</b>

## **LIITTEET**

LIITE 1 LHDs

LIITE 2 Vaihetunnukset

LIITE 3 Esimerkki solulayoutista

LIITE 4 Excel-rakennetaulukko

LIITE 5 LH514-takarunkolinjan layout

LIITE 6 Asemien nostot

LIITE 7 Excel-virhelista

LIITE 8 Vaiheseuranta, mekaniikka-asennukset, asemat 1 - 2

LIITE 9 Materiaalipuutelista

## **KUVAT**

Kuva 1. Sandvik AB – toimintahaarat.	2
Kuva 2. Sandvik LH514.	5
Kuva 3. Esimerkkikeräilylava ja keräilylavahyllyjä.	20
Kuva 4. Paikkakokoonpanon putkilava.	21
Kuva 5. Osakokoonpanoja valmiina asennukseen asemalla neljä.	26
Kuva 6. Työkalkukaappi 5S:n mukaan järjestettynä.	27

Kuva 7. Taustalevy (1), joka mahdollistaa voimansiirron imuputkien esikokoonpanon.	28
Kuva 8. Paineilma-sähkökelapuomi.	30
Kuva 9. Taka-akselin siirron apuvälineet.	31
Kuva 10. Akkukäyttöisiä mutterivääntimiä.	32
Kuva 11. LH514 asemalla 5.	35
Kuva 12. Liikuteltava kärry aseman c-osille.	36
Kuva 13. Putkiseinä.	38
Kuva 14 Kokoonpantavan koneen mukana liikkuva seurantataulu.	52

## KUVIOT

Kuvio 1. Loppu- ja osakokoonpanon kehitysalueet.	5
Kuvio 2. Virheen korjauksen kustannukset tuotteen kehitysvaiheissa.	9
Kuvio 3. Ero perinteisen- ja JIT- toiminnan välillä.	10
Kuvio 4. Ero kertaluontoisen ja jatkuvan kehittämisen välillä.	13
Kuvio 5. Tilaus- toimitusprosessi.	17
Kuvio 6. Paikkakokoonpanokaavio.	18
Kuvio 7. Takarunkolinjan kaaviokuva.	33
Kuvio 8. Linjakokoonpanon käyttämän ajan vertailu.	41
Kuvio 9. Takarungon kokoonpanon (K400- vaihe) läpimenoaika.	42
Kuvio 10. Linjakoneiden takarungon kokoonpanon läpimenoajan kehitys.	43
Kuvio 11. Sähkötöihin käytetty aika.	43
Kuvio 12. Kiristelyvaiheen (K600) läpimenoaika.	44
Kuvio 13. Linjakoneisiin käytetty kiristelyaika.	45
Kuvio 14. Koeajopöytäkirjamerkinnot.	45
Kuvio 15. Koko kokoonpanon (K200-K600) läpimenoaika.	46
Kuvio 16. Osakokoonpanojen (K200-K240) käyttämät tunnit.	47
Kuvio 17. Asemien tahtiajassa pysyminen.	48

## TAULUKOT

Taulukko 1. Materiaalijako.	19
-----------------------------	----

# **1 JOHDANTO**

## **1.1 Työn aihealue**

Tässä työssä käsitellään Sandvik Mining and Construction Oy:n valmistaman kaivoslastarimallin LH514-takarungon loppukokoonpanon kehittämistä paikkakokoonpanosta linjakokoonpanoon. Kehitettävät osa-alueet ovat kokoonpanolinjan layout ja itse kokoonpanoprosessi, johon liittyvät varsinaisen asennustyön lisäksi apuvälineet, työturvallisuuden parantaminen, kokoonpanon vaiheistus ja työn tehokkuuden kehittäminen. Kehitystyö kohdistuu aluksi lastarimalliin LH514, mutta jatkuu myöhemmin ainakin LH517:llä, jonka kehitysprojekti tätä kirjoitettaessa on jo aloitettu.

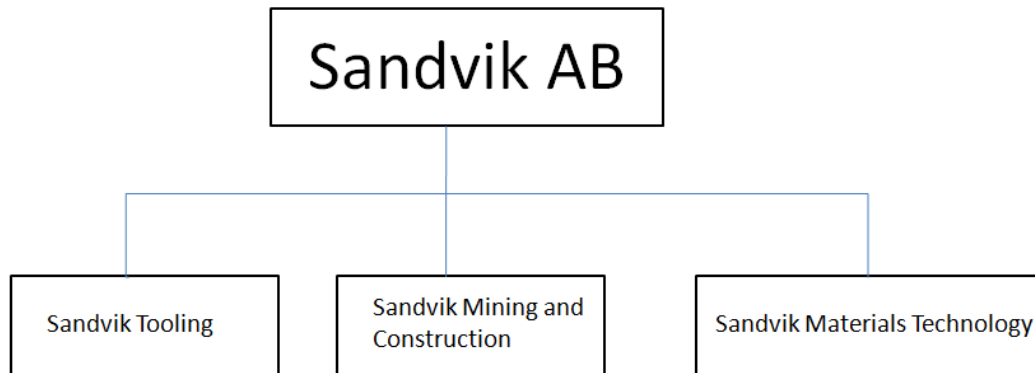
Kehitystyötä tehdään linjaprojektiryhmän voimalla, jonka jäseniin kuuluu henkilöitä suunnittelusta, kokoonpanosta, tuotannonkehityksestä ja -ohjauksesta sekä laadunhallinnasta. Esitän koko ryhmälle kiitoksen kannustavasta ja positiivisesta työilmapiiristä sekä mahdollisuudesta osallistua tähän erittäin opettavaan ja mielenkiintoiseen projektiin.

# **2 SANDVIK- KONSERNI**

## **2.1 Sandvik AB**

Sandvik on ruotsalaisomistuksessa oleva korkean teknologian yritys, joka on perustettu vuonna 1862. Yritys jakaantuu kolmeen eri toimintahaaraan kuvan 1 mukaisesti.





*Kuva 1. Sandvik AB – toimintahaarat.*

Sandvik Tooling jakaantuu edelleen Sandvik Coromantiin, joka kehittää ja valmistaa työkaluja metallinleikkaukseen, sekä Sandvik Hard Materialsiin, jonka toimiala on kulutusosien kehitys ja valmistus.

Sandvik Materials Technologyn alaa ovat metallien erikoisseoksien kehitys ja niiden jalostus edelleen valmiiksi tuotteiksi. Näitä tuotteita ovat mm. jousiteräksset ja lääkeketeollisuuden käyttämät tekoniivelet.

Sandvik Mining and Constructionin (SMC) tuotevalikoima puolestaan koostuu koneista ja laitteista maanpäälliseen ja -alaiseen poraukseen, louhintaan, murskaukseen, rikotukseen, louheen siirtoon ja kuljetukseen sekä teiden kunnossapitoon.

Vuonna 2008 Sandvik-konsernissa oli työntekijöitä yhteensä 50 028, josta SMC:n osuus oli 16 769 työntekijää levittäytyneenä 130 maahan. Suomessa SMC työllistää n. 1200 henkilöä. (SMC Intranet [viitattu 5.5. 2009].)

## 2.2 Sandvik Mining and Construction Suomessa

Nykyisen Sandvik Mining and Constructionin juuret Suomessa ulottuvat aina vuoteen 1943, jolloin Tampella Oy perusti osaston suunnittelemaan ja valmistamaan varaosia suomalaisen kaivosteollisuuden käyttämiin paineilmaporakoneisiin. Toiminta laajentui myöhemmin käsittämään omavalmisteisia paineilmaporakoneita. Vuonna 1969 otettiin käyttöön nimi Tamrock Oy ja vuonna 1971 aloitettiin Toro-kuormaajien ja ruuvikompressorien valmistus.

Seuraavina vuosina 1972 - 1988 Tamrockin toiminta laajeni Suomessa ja ulkomailla, tytäryhtiöt perustettiin Yhdysvaltoihin, Kanadaan ja Saksaan ja useita yritysostoja tehtiin. Tuotevalikoima kasvoi käsittämään kuormaajien ja ruuvikompressorien lisäksi myös hydraulisia telaporavaunuja. Vuonna 1988 Tamrock osti ARA Inc.-yhtiön YIT:ltä. Vuonna 1989 Tamrockilla oli 18 tytäryhtiötä ja kolme alueellista pääkonttoria Wienissä, Miamiassa ja Hong Kongissa. Samana vuonna Tamrock aloitti yhteistyön Sandvik Rock Toolsin kanssa, joka valmisti kallionporauskalustoa. Yritysostoja jatkettiin, mm. Baker Hughes Corporation, Eimco Coal Machinery, Eimco Jarvis Clark sekä Rammer yhdistyivät Tamrockiin.

Tamrock Oy liittyi Sandvik-konseriin vuonna 1997, kun Sandvik AB hankki koko Tamrock Oy:n osakekannan. Sandvik Mining and Construction syntyi, kun Sandvik yhdisti Tamrockin ja Sandvik Rock Toolsin toiminnot vuonna 1998.

Nyt Sandvik Mining and Constructionilla on Suomessa neljä toimipistettä Turussa, Tampereella, Lahdessa ja Vantaalla. Turussa, Tampereella ja Lahdessa toimivat tuotanto- ja tuotekehitysyksiköt. Turussa valmistetaan kaivoslastareita ja dumppereita maanalaiseen käyttöön, Tampereella porauslaitteita maanalaiseen ja -päälliseen käyttöön ja Lahdessa hydraulivasaroita. Vantaan toiminnot koostuvat Sandvik Materials Technologyn ja Sandvik Toolingin tuotteiden maahantuonnista ja tukkukaupasta. (SMC Intranet [viitattu 25.4.2009].)

### 2.3 Turun tehdas

Turun tehtaassa tuotevalikoimaan kuuluvat maanalaiset lastarit ja maansiirtokuorma-autot (dumpperit). Kaikki lastarit ovat runko-ohjattuja ja niitä valmistetaan 17:ssä eri kokoluokassa: koneen massan mukaan luokiteltuna n. 3,5 t:sta 77,5 t:iin (LH201 – LH625E) lastauskapasiteetin vaihdelta 1 m<sup>3</sup>:sta 25 m<sup>3</sup>:iin. Koneet voidaan jakaa edelleen voimanlähteen ja profiilin mukaan: yleisimmin käytetty voimanlähde on dieselmoottori, mutta myös sähkömoottorilla varustettuja koneita on saatavilla, lisäksi valmistetaan matalaprofiilikoneita.

Turun toiminnot koostuvat koneiden runkovalmistuksesta, kokoonpanosta, tutkimus- ja kehitystoiminnasta sekä tuotteiden markkinoinnista. Osavalmistusta ei tehtaalla ole lukuunottamatta pikapajaa, jossa voi teettää erittäin kiireellisesti tarvittavia osia, sekä korjauttaa osia tilanteen niin vaatiessa. Alihankintana ostetaan kaikki levyosat ja säiliöt. Pienimmät toimittajat poislukien eri komponenttitoimittajia on n. 160 kpl.

## 3 TAVOITTEET JA TEORIATAUSTA

### 3.1 LH514-linjakokoonpanoprojekti

Ensimmäinen linjakokoonpanoon kehitettävä lastarimalli on LH514. 38 100 kg:n omapainollaan se lukeutuu tuoteperheen raskaampaan luokkaan (liite 1, LHDs). LH514:n prototyypivaiheessa (nk. upgrade-vaihe entisestä T9-mallista) koneet on varusteltu Sandvikin omien työntekijöiden toimesta vuosien 2006-2007 aikana. Upgrade-vaiheen jälkeen koneet ovat pääosin olleet alihankkijan kokoonpanemia. SMC:n paikkakokoonpanona on tehty AutoMine-automaatiolastarit. Koska kyse on kaivoslastarivalmistuksen mittakaavassa suuren tuotantovolumin laitteesta, on koettu tarve kehittää kokoonpanoa laadukkaammaksi ja tehokkaammaksi linjakokoonpanon avulla sekä ottaa kokoonpano takaisin ”talon sisälle”.

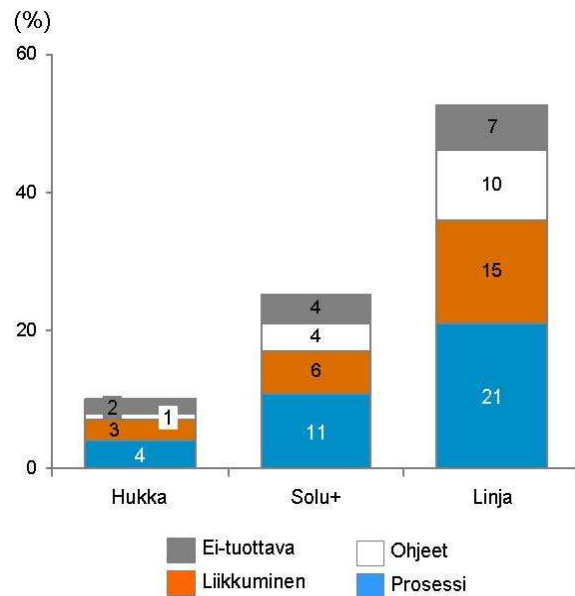


Kuva 2. Sandvik LH514.

### 3.2 Kokoonpanon kehitys

Kuvio 1 esittää kokoonpanon kehitysalueita loppu- ja osakokoonpanon osalta. Diagrammi on lähtöisin erään konsulttiyrityksen Turun tehtaalla tekemästä tutkimuksesta linjakokoonpanoprojektin esiselvitykseksi.

#### Loppu- ja osakokoonpanon kehitysalueet



Kuvio 1. Loppu- ja osakokoonpanon kehitysalueet.

Kuviosta nähdään, että suurimmat kehitysalueet linjamuotoisessa kokoonpanossa ovat liikkumiseen ja itse kokoonpanoprosessiin liittyvät seikat.

Hyvän laajasti alaa kattavan määritelmän kokoonpanon kehittämiseksi antavat Lapinleimu, Kauppinen ja Torvinen kirjassaan Kone- ja metalliteollisuuden tuotantjärjestelmät (1997, 121). Heidän mukaansa kokoonpanon kehittämisellä tarkoitetaan turhan työn poistoa ja jo olemassa olevien tarpeellisten töiden kehittämistä. Lisäksi sellainen työ, joka ei jalosta tuotetta mitenkään tai jota ei tarvita lainkaan, poistetaan mahdollisuuksien mukaan kokonaan. Esimerkin turhasta työstä antavat osakokonaisuudet, jotka asennetaan yksittäisinä osina ”rungon välissä”, vaikka ne olisivat koottavissa pienosakokoonpanopisteessä. Edelleen reikien poraukset, hitsaus ja kaikenlainen valmiiden osien muokkaus ja sovittaminen ovat töitä, joita ei pitäisi enää joutua tekemään loppukokoonpanossa.

Eräs paikkakokoonpanon merkittävimmistä hidastavista tekijöistä on asennuksen ”hajanaisuus”: jonkilainen perusjärjestys (ensin putket, pienosakokoonpanot, jne.) tekemiselle on olemassa, mutta tarkasti määritetyt, järjestetyt ja dokumentoidut työkokonaisuudet puuttuvat. Tähän ongelmaan saadaan ratkaisu työn vaiheistamisesta. Vaiheistuksen tarkoituksena on yksityiskohtaisen suunnitelman laatiminen tuotteen valmistuksen työkulusta. Suunnitelmaan kuuluu työkokonaisuuden jakaminen työvaiheisiin ja näiden vaiheiden keskinäisen järjestyksen määrääminen, sekä työhön tarvittavan varustuksen selvittäminen. (Kauppinen, Kivistö & Strömberg 1985, 33.)

Vaiheistuksen jälkeen asennuksessa on aina tiedossa seuraava työvaihe ja materiaalityö, joka vaiheen suorittamiseen tarvitaan. Lisäksi työvaihe seurannan avulla pystytään helpommin paikantamaan olemassa olevat asennuksen ongelmat, sekä tunnistamaan uudet.

### 3.2.1 Lean-valmistus

*Huom.* Lean-valmistuksen käsitettä ei pidä sekoittaa myöhemmin esille tulevaan SMC:n Turun tehtaassa tuotannonohjausjärjestelmään, jonka nimi on Lean Systems.

Kappaleissa 3.2 ja 3.3 esitetyt haasteet ja ratkaisumallit mukailevat Lean-valmistuksen periaatteita. Lean-valmistus on erittäin laaja-alainen ja monisyinen tuotantofilosofia, jonka juuret ovat Japanin tuotantoteollisuudessa, tarkemmin autoteollisuudessa ja erityisesti Toyotassa. Leanin-valmistuksen kehitys alkoi 1900-luvun puolessa välissä. Japani kärsi rajoitetuista resursseista tuohon aikaan, minkä vuoksi tehottomuuden ja turhan työn tekemisen poistamiseen paneuduttiin erittäin syvällisesti. Toyota keskittyi poistamaan prosesseistaan sellaisen toiminnan, joka keskeyttää auton valmistusprosessin tai ei tuo lisäarvoa siihen. (Stevenson 2007, 680.)

Lean-valmistuksen pääperiaate on yksinkertainen ymmärtää: sillä pyritään poistamaan hukka toiminnan nopeuttamiseksi, laadukkaampien tuotteiden ja palvelujen tuottamiseksi, sekä päällimmäisenä tavoitteena sen avulla tavoitellaan alhaisempia tuotantokustannuksia (Slack, Chambers & Johnston 2004, 519). Keskeisin käsite Lean-valmistuksessa on juuri edellämainittu hukka ja sen poisto. Hukaksi voidaan määritellä mikä tahansa toiminta, joka ei tuo lisäarvoa. Esimerkki hukasta voi olla työkalujen tai kokoonpano-osien etsimiseen käytetty aika tai osien tarpeeton sovittaminen paikoilleen kokoonpanossa

Jotta hukka voidaan poistaa, pitää se ensin voida kunnolla tunnistaa. Toyota määrittelee hukalle seitsemän eri lajia, jotka ovat seuraavat:

*Ylituotanto* eli tuotanto, jota seuraava prosessi ei pysty välittömästi hyödyntämään.

Koneiden, laitteiden ja työvoiman *odotusaika*, joka on eräs tapa mitata tehokkuutta ja arvioida hukan määrää prosessissa. Yksittäisenä esimerkkinä tästä hukkatyypistä on päällekkäin ajoittuva nosturin tarve eri työvaiheissa, jossa odottava vaihe ei voi jatkaa työtään ennen tietyn komponentin nostoa paikoilleen.

*Kuljetus*, jossa hukka ilmenee esimerkiksi keskeneräisen tuotannon turhana siirtelynä, joka voidaan poistaa esimerkiksi uusien layoutratkaisuiden avulla tuomalla työpisteet lähemmäksi toisiaan.

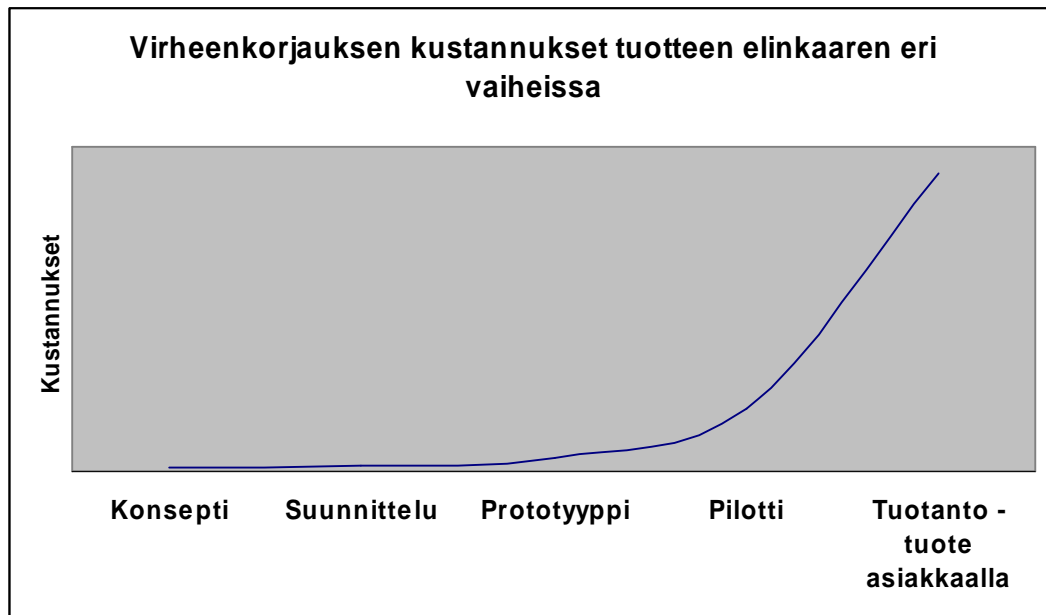
*Prosessi* itsessään saattaa olla myös hukan tuottaja. Esimerkkinä tästä on kokoonpanoprosessi, jossa joudutaan sovittamaan tai muokkaamaan osia puutteellisen suunnittelun vuoksi.

*Varastoissa* säilytettävä materiaali on myös osaltaan yksi hukkalajeista. Niinpä varastojen pitämiseen mahdollisimman pienenä tulee pyrkiä, jotta vaihto-omaisuuteen sitoutuneet varat saadaan tältä osin pidettyä mahdollisimman alhaisena.

*Liikkeeseen* liittyvä hukka syntyy esimerkiksi tarpeettoman monimutkaisista työvaiheista. Liikkeiden yksinkertaistaminen ja optimoiminen on eräs selvimmistä ja ”helpoimmista” hukanpoistotavoista. Esimerkiksi nostoissa tulisi pyrkiä mahdollisimman suoraviivaisiin nostoreitteihin.

*Laatupuutteista*, esimerkiksi viallisista komponenteista, väärin kokoonpannuista osakokoonpanoista tai vasta asiakkaan havaitsemista tuotteen laatuongelmista aiheutuvan hukan vaikutukset yrityksen toiminnalle ovat erittäin merkittäviä, eikä laatupuutteista aiheutuvia kustannuksia välttämättä tunnisteta, aina kokonaan. (Slack ym. 2004, 524 - 525).

Kuviossa 2 esitetään esimerkki tuotteessa olevien virheiden korjauksesta tuotteen elinkaaren aikana.



*Kuvio 2. Virheen korjauksen kustannukset tuotteen kehitysvaiheissa.*

Konseptivaiheessa kustannukset ovat varsin alhaiset, sillä korjaus vaatii yleensä ainoastaan hieman lisätutkimusta aiheesta tai asioiden uudelleen ajattelua.

Suunnitteluvaiheessa korjaus tulee maksamaan jo hieman enemmän, sillä alkuperäisen virheellisen konseptiratkaisun päälle on saatettu suunnitella esimerkiksi toimintoja, jotka joudutaan kaikki sivuuttamaan ja uudelleensuunnittelemaan, kun virhe havaitaan.

Mikäli virhe tai puute havaitaan vasta pilottivaiheessa, kustannukset nousevat jälleen uuteen kertaluokkaan, sillä tässä vaiheessa on saatettu tehdä jo päätöksiä koskien laite- tai muita investointeja tuotteen valmistusta varten. Myös tuotanto- ja markkinointisuunnitelmia saatetaan joutua muuttamaan tai suunnittelemaan kokonaan uudelleen.

Tuotantovaiheessa kustannukset kohoavat huimiksi, jopa 10 000-kertainen kustannusten nousu on mahdollinen verrattuna konseptivaiheessa havaittuun virheen korjauksen kustannukseen. (Slack ym. 2004, 724 – 725).

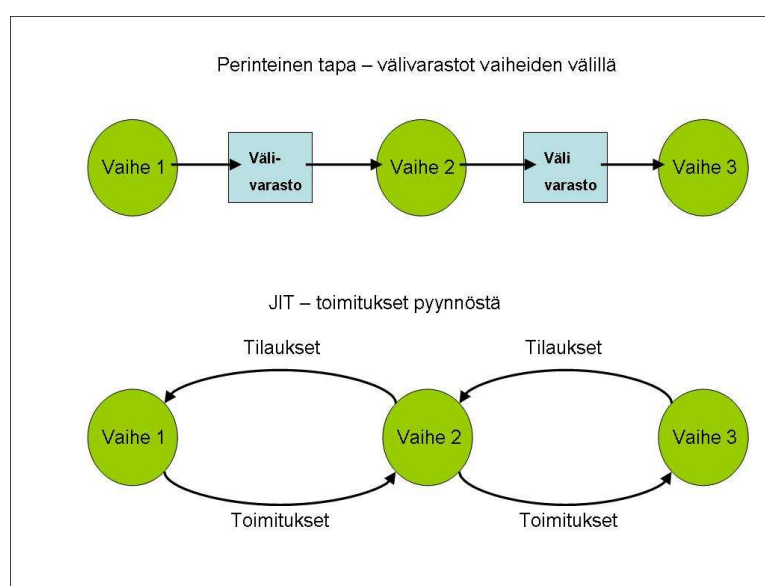


### 3.2.2 JIT – just in time

Leaniin erottamattomasti liityvä käsite on just in time, eli JIT, joka oikein sovellettuna on tehokas keino poistaa hukkaa prosesseista. JIT:n perusajatuksena on toimittaa vain tarpeelliset, laadukkaat osat oikeaan aikaan oikeaan paikkaan käyttäen mahdollisimman vähän tiloja (varastoja), välineistöä, materiaalia ja henkilöresursseja.

Kuvio 2 esittää näkemyksen JIT-toiminnasta puhtaimmillaan verrattuna perinteiseen tapaan, jossa työvaiheiden välillä on välivarastoja. Välivarastojen pitäminen on hyvä käytäntö siltä osin, että niiden ansiosta vaiheet ovat eristettyjä toisistaan. Mitä suurempi varasto, sitä suurempi eristyksen aste, esimerkiksi kuvion 2 vaiheet kaksi ja kolme pystyvät toimimaan vielä jonkin aikaa, mikäli vaihe yksi kärsii konerikosta, se ei saa osia tai jostain muusta syystä lakkaa toimimasta.

Tällä tavoin kokonaistuotantoon kehittyä vähemmän häiriötä ongelman ilmetessä, mutta tästä hyödystä joudutaan maksamaan varastoihin sitoutuneen pääoman muodossa. Lisäksi tuotannon pysäyttävä ongelma näkyy ainoastaan vaiheelle yksi ja sen selvittäminen ja korjaaminen on kokonaan tämän vaiheen vastuulla, eikä välttämättä milloinkaan tule laajempaan tietoisuuteen.



Kuvio 3. Ero perinteisen- ja JIT- toiminnan välillä.

Kuviossa esitetyn alemman JIT- mallin suurin etu verrattuna ylempään malliin on se, että ongelman esiintyessä ja pois siirryttäessä ”pakkovuosta” eli toiminnan pysähtyessä, se näkyy ja vaikuttaa lähes välittömästi myös muihin vaiheisiin ja motivoi koko prosessiin liittyviä tahoja selvittämään ongelmaa. (Eloranta, Räisänen 1986; Slack ym. 2004, 519 – 520.)

Varastojen pienentäminen tai poisto keventää paitsi edellämainittua varastoihin sitoutunutta pääoman määrää, myös itse tuotantoprosessia. Sellaiset piilossa olevat ongelmat, jotka ovat saattaneet jäädä huomaamatta tai joihin ei ole kiinnitetty tarvittavaa huomiota, tulevat herkemmin esille, kun ne esiintyessään koskevat kaikkia, eivätkä vain määrättyä pientä osaa kokonaisuudesta. Tämä motivoi, kuten edellä todettiin, huomattavasti painokkaammin tarttumaan ja selvittämään ongelmaa, sekä ohjaa toimintaan joka pyrkii ennalta ehkäisemään ongelmia.

### 3.2.3 5S

Samaan aikaan linjaprojektin kanssa on käynnissä 5S-projekti, jonka tavoitteena on ottaa käyttöön koko tehtaassa 5S-järjestelmä liittyen työpaikan organisointiin ja työmenetelmien standardointiin.

5S:n periaatteeseen kuuluu välttämättömän ja turhan tavaran erottelu ja erottelun jälkeen turhan tavaran poistaminen (*Sort*), jäljelle jäävien tavaroiden järjestäminen niin, että ne ovat helposti otettavissa käyttöön (*Set in Order*), työpaikan ja työvälineiden siivous (*Shine*), uuden käytännön standardointi (*Standardize*) ja sovitun käytännön ylläpito (*Sustain*). (The Productivity Press Development Team, 1996, 16 - 19.)

Tämän menetelmän oikeanlaisella soveltamisella yrityksen jokapäiväiseen toimintaan on useita erittäin tärkeitä hyötyjä, jotka liittyvät myös edellisen kappaleen kuvailemaan hukan poistoon. Esimerkiksi määrittämällä työkaluille tarkat paikat työkalukaapissa, -seinässä ja -pakissa, vähennetään huomattavasti työkalujen

etsimiseen käytettyä aikaa. Lisäksi työympäristön puhtaana ja siistinä pitäminen helpottuu, sillä turhaa, epämääräistä materiaalia ei ole ja välttämättömien tavaroiden järjestyksessä pitäminen on vaivatonta, sillä jokaiselle tavaralle on määritetty oma paikka jonne se pitää käytön jälkeen palauttaa. Turhan tavaran siivouksella saadaan myös lisää työtilaa käyttöön.

5S:llä on myös suora vaikutus työturvallisuuteen. Huolehtimalla kolmen ensimmäisen S:n, erottelun, järjestämisen ja puhdistamisen käytännöksi ottamisesta, käytävillä ei ole ylimääräistä romua johon voisi kompastua tai törmätä, eikä työkohteessa ole ylimääräisiä työkaluja joihin voi kompastua tai jotka voivat pudotessaan esimerkiksi kokoonpantavan laitteen rungon päältä aiheuttaa pään alueen vamman lattiatasolla työskentelevälle henkilölle. Työkalujen säännöllisen puhdistamisen avulla rikkoutumassa olevat työkalut voidaan paremmin tunnistaa ja korjata tai poistaa käytöstä ennen kuin viallinen työkalu aiheuttaa virheellisiä asennuksia tai pahimmillaan työtapaturman.

Lisäksi eräs erittäin tärkeä 5S-järjestelmän tuomista eduista on siistin, organisoidun ja positiivisen yrityskuvan viestiminen asiakkaille yritysvierailun aikana. Myös työpaikan visuaalisuus paranee niin, että kuka tahansa henkilöstöstä pystyy tunnistamaan normaalin ja epänormaalin tilan.

(Hiroyuki Hirano 1995, 20-24.)

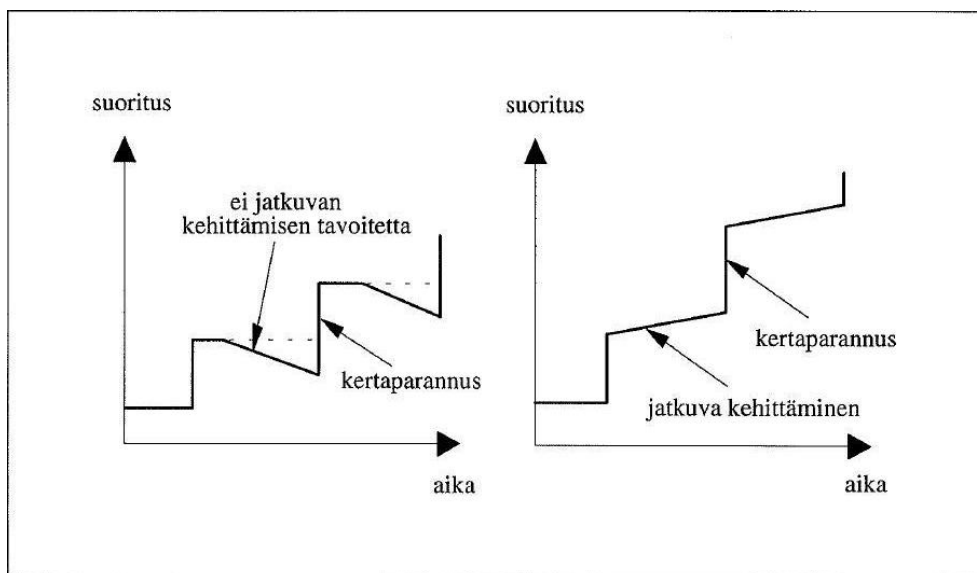
Jotta 5S-järjestelmästä todella olisi jotain hyötyä, pitää kaksi viimeistä S:ää sulauttaa toimintaan. Ilman huolellista menetelmä saattamista käytännöksi ja sen standardoimista ja ylläpitoa, lähtötilanne ennen 5S:n käyttöön ottoa palaa hyvinkin nopeasti. Kriittisiä käytännön asioita järjestelmän pysyvyyden varmistuksessa on esimiesten sitoutuminen asiaan ja koko henkilöstön ymmärrys siitä, että kyseessä ei ole vain ”pelkkää siivousta”, vaan toiminnalla on lisäksi syväallinen vaikutus tuottavuuteen, työturvallisuuteen ja koko yrityskuvaan. (Muistio: 5S Fläkt Woodsissa; Fläkt Woods Oy, yritysvierailu 13.6.2008.)

### 3.2.4 Jatkuva parantaminen

Linjan ylösajovaiheen jälkeen on erityisen tärkeää huolehtia ylläpidosta. Erään mallin jatkuvalle parantamiselle tarjoaa Lean-valmistuksen työkaluihin kuuluva japanilainen ohjausperiaate, Kaizen, jonka perusajatuksena on jatkuvasti kehittää toimintaa pienten askelten kautta.

Päinvastoin yleistä länsimaista tapaa, jossa korostetaan johtajakeskeistä ajattelua ja asioiden saattamista kuntoon kerralla, Kaizen painottaa erityisesti sitä, että koko henkilöstön tietoja ja taitoja työntekijöistä tehtaanjohtajaan hyödynnetään kehittämisprosessissa ja että kehitystä tapahtuu jatkuvasti myös suurempien, kertaluontoisten parannusten välillä.

Kuvio 4 havainnollistaa tätä periaatetta. Kertaluontoisen parannusten välillä yrityksen suoritukset heikkenevät, kun taas jatkuvassa kehittämisessä kertaparannusten välillä toimintaa kehitetään edelleen pienemmin askelin. (Andersin, Karjalainen & Terho 1994, 13-14).



Kuvio 4. Ero kertaluontoisen ja jatkuvan kehittämisen välillä (Andersin ym. 1994, 14).

Käytännön sovellutus tämänkaltaisesta systeemistä on esimerkiksi aloitejärjestelmä, jossa aloitteita voi tehdä kuka tahansa, aloitteisiin reagoidaan nopeasti ja toteutetuista aloitteista palkitaan suhteessa saatuun hyötyyn. Esimerkiksi Valtran Suolahden traktorikokoonpanotehtaalla aloitteiden käytöstä jatkuvan parantamisen välineenä on saatu erittäin hyviä kokemuksia. Aloitteita tehtiin vuoden 2008 aikana n. 10 000 kpl, joista 89 % toteutettiin erityisen aloitetyöryhmän toimesta. Suurin palkkio, joka toteutetusta aloitteesta maksettiin oli 30 000 euroa. (Valtra Oy Ab, yritysvierailu 24.4.2009].

### 3.3 Materiaalihallinnan haasteet kokoonpanopaikalla

Yksi kriittisimmistä seikoista linjakokoonpanon onnistumisen kannalta on materiaalin saatavuus, oikea-aikainen toimittaminen ja järkevä sijoittelu. Nykyisessä systeemissä osien hakeminen ja etsiminen vie kohtuuttoman paljon aikaa. Esimerkkeinä voidaan tuoda esille hydrauliputket, jotka toimitetaan kokoonpanopaikalle kuvan 4 mukaisella lavalla. Putkiin on liimattu nimikenumerotarra, jonka perusteella putket yleensä tunnistetaan. Kokeneemmat asentajat pystyvät tunnistamaan joitain putkia pelkän muodon perusteella, mutta suurimmassa osassa tapauksista hakeminen tapahtuu ainoastaan nimikenumeron avulla. Kun lavalla on koneen optiovarusteista riippuen 70 - 80 kpl putkia, muodostuu hakemiseen käytetystä ajasta huomattava aikahukka.

Päävarastosta keräilylavoilla tulevien osien kohdalla tilanne on lähes samankaltainen. Kokoonpanopaikalle tuotavat osat eivät ole missään loogisessa järjestyksessä lavoilla ja kokoonpanopaikan kuormituksesta riippuen lava voidaan joutua jättämään suhteettoman kauas kokoonpantavasta koneesta. Näin ollen asennuksen aikana osien löytyminen helposti ja nopeasti on täysin riippuvainen asentajan kokemuksesta ja muistista.

Näihin ongelmiin toimii ratkaisuna osaltaan kokoonpanon vaiheistus, jolloin osien hallinta on helpompaa, sillä työvaihetta kohti tuleva komponenttimäärä vähenee huomattavasti verrattuna paikkakokoonpanoon. Tämän lisäksi kehitetään myös uusia

ratkaisuja muun materiaalin hallintaan ja käyttöön. Esimerkiksi c-osien ("ämpäritavaran") hakemiseen käytetty aika pyritään minimoimaan.

### 3.4 Työntekijät ja ohjeistus

Asemien oikeanlainen miehitys on eräs suuri vaikuttava tekijä kokoonpanon jouhevuuden kannalta. Odotusaikaa ja muita ongelmia syntyy tilan puutteen muodossa, mikäli koneen rungolla on liikaa työntekijöitä.

Asennustöistä tehdään työohjeet SOP (standard operating procedure)- vastaavan toimesta. Tavoitteena työohjeille on, että niiden perusteella työntekijä pystyy kokoonpanemaan koneen. Työohjeilla pyritään vähentämään sitä aikaa, joka uusilta työntekijöiltä kuluu uuden työn oppimiseen, sekä selventää esim. putkien ja letkujen asennusjärjestystä ja antaa ohjeet vaikeista tai monimutkaisista asennusvaiheista ja varmistaa, että asennukset tehdään tarkoituksenmukaisilla työkaluilla.

### 3.5 Kokoonpanon läpimenoaika, tahtiaika

Loppukokoonpanotuntien ("linjatuntien") eli eturungon kokoonpanon, sähkötöiden, takarungon kokoonpanon, sekä kiristelyn yhteenlasketuksi kokoonpanon läpimenoaikatavoitteeksi on annettu 40 %:n supistaminen verrattuna paikkakokoonpanon vastaavaan aikaan.

Tahtiaika sovitetaan sen mukaan, kuinka monta asentajaa asemassa työskentelee ja kuinka monessa vuorossa töitä tehdään, lisäksi otetaan huomioon pilottikoneiden kokoonpanossa saatuja arvioita eri kokoonpanotöiden kestoista.

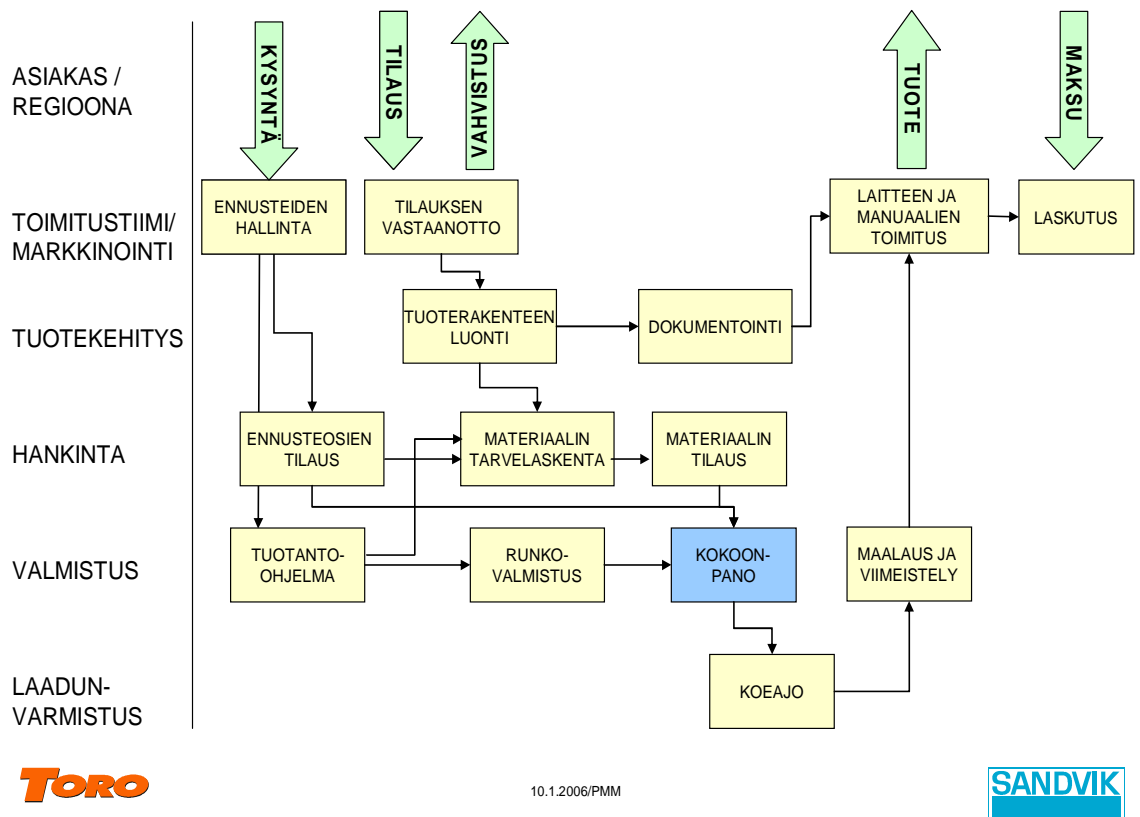
## 4 LÄHTÖTILANNE

### 4.1 Tuotannonohjausjärjestelmä

Tehtaalla on käytössä Tiedon (entinen TietoEnator) ohjelmoima tuotannonohjausjärjestelmä, Lean Systems (Lean). Kun koneen spesifikaatio ja toimituspäivämäärä on selvillä, Lean luo tuotetietokannan (PDM) avulla koneelle tuoterakenteen jossa ovat kaikki koneen asennuksessa tarvittavat osat. Seuraavaksi ohjelma ajoittaa tähän rakenteeseen kuuluvien osien tarpeen, ja tarvetta verrataan päävaraston saldoihin, minkä jälkeen järjestelmä ajoittaa ja tekee ostoehdotukset, mikäli jotakin osaa ei ole tarvittavaa määrää varastossa (kuvio 5). Järjestelmään on arvioitu myös valmistusprosessin eri vaiheiden vaatima aika, jonka perusteella Lean määrittelee vaiheiden aloitus- ja lopetuspäivämäärät.

Tuoterakenteeseen kuuluvat osat on parametroitu tietyin perustein niin, että esimerkiksi päävarastosta keräiltävät osat on merkitty ostoprofiili- osiksi ja samankaltaisina osakokonaisuuksina toimitettavat osat settiosiksi (mm. letkut). Eri osatyyppien ominaisuuksia tarkastellaan kappaleessa 4.3.

## TILAUS-TOIMITUSPROSESSI

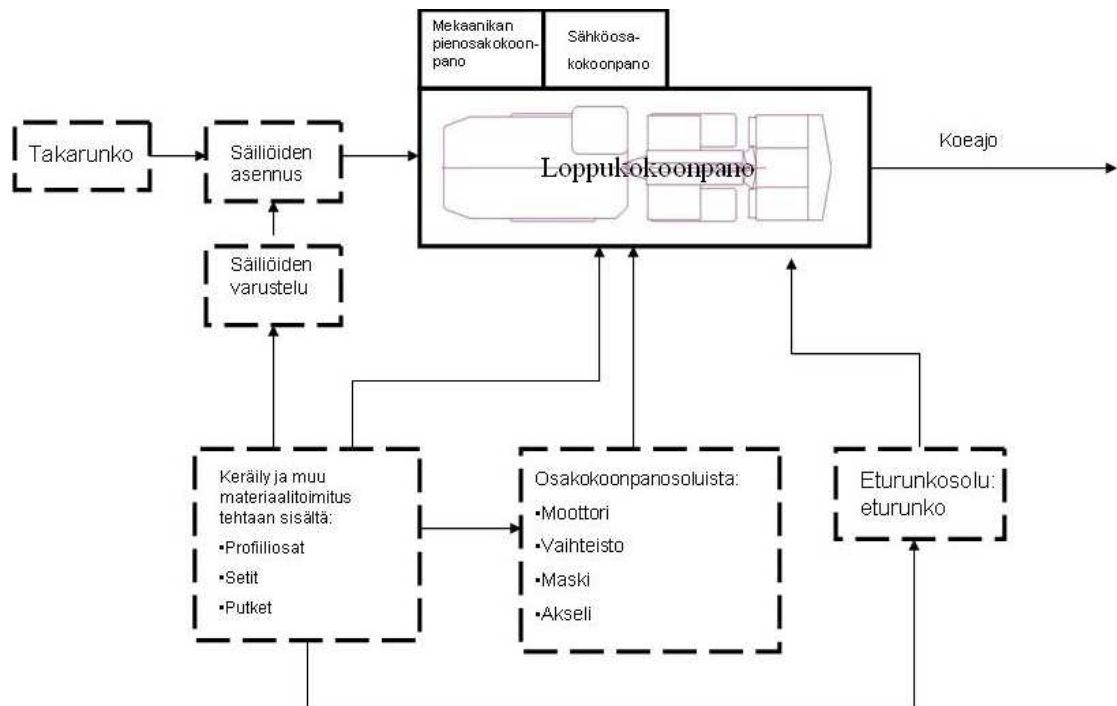


Kuvio 5. Tilaus- toimitusprosessi. (Sandvik Intranet [viitattu 19.3.2009]).

### 4.2 Kokoonpano

Vallitseva kokoonpanomenetelmä tehtaalla LH514:n kohdalla on ollut solussa tapahtuva paikkakokoonpano. Tässä kokoonpanon muodossa asennustyö tapahtuu alusta loppuun samassa paikassa. Kuviossa 4 nähdään paikkakokoonpanokaavio, jossa on karkeasti esitetty osakokoonpanojen ja materiaalin virta kokoonpanosoluun.





Kuvio 6. Paikkakokoonpanokaavio.

Takarunko tulee soluun säiliöidenasennussolun kautta, jossa runkoon asennetaan hydraulisäiliö sekä vasen ja oikea takasäiliö.

Kokoonpano aloitetaan ns. ”nipoitusvaiheella”, jossa kootaan valmiiksi lastarin mekaniikka- ja sähköpienosakokoonpanoja, kuten esim. hydraulikkaventtiilit, hydrauliiikan jakotukit ja koneen sähkö- ja ohjauskeskukset.

Samanaikaisesti on aloitettu koneen rungon puhdistus. Tähän vaiheeseen kuuluu maalauksesta ja raepuhalluksesta tukkoon menneiden kierrereikien uudelleen kierteytyys, sekä maalin poisto sellaisilta alueilta, joissa sitä ei pitäisi olla.

Varsinainen kokoonpano etenee pääsääntöisesti seuraavanlaisesti:

Asennus aloitetaan hydraulikkajärjestelmän putkituksista ja hydraulikkaosakokoonpanojen asentamisesta. Tämän jälkeen tulevat letkut, jonka jälkeen asennetaan isompia komponentteja, kuten moottori, vaihteisto, hytti, maski ja taka-akseli. Taka-akselin asennusta seuraa etu- ja takarungon yhdistäminen. Eturunko tulee normaalisti eturunkovarustelusolusta valmiiksi varusteltuna. Yhdistämisvaiheen jälkeen tapahtuu konepeittojen ja kauhan asennus ja nesteiden täyttö koneeseen.

Ennen koeajoa säädetään vielä hydraulikkajärjestelmän öljynpaineet ja asennetaan renkaat.

### 4.3 Materiaalin ohjaus ja käyttö kokoonpanopaikalla

Koneessa käytettävä materiaali jakaantuu ohjaustavan mukaan seuraavasti:

Materiaalijako					
Nimike	C-osa	Profiili	Setti	Omavalmiste	Visuaalinen
Esim.	Ruuvit, mutterit	Ilmansuodatin, hydraulikan venttiilit	Letkut, lokasuojat	Putket	Putkikiinnikkeiden korotuspalat, säätölevyt

*Taulukko 1. Materiaalijako.*

Seuraavissa kappaleissa annetaan esimerkkejä kustakin osatyypistä ja niiden käyttötavoista paikkakokoonpanossa.

#### 4.3.1 C-osat

C-osilla tarkoitetaan ns. ”ämpäritavaraa”, eli ruuveja, muttereita, nippoja, jne., joiden tilausten hallinta tapahtuu Kanban- tyyppisesti, eli ns. kaksilaatikkajärjestelmällä. Yhtä nimikettä on hyllyssä kaksi laatikkoa peräkkäin. Kun ensimmäisestä laatikosta loppuvat osat, otetaan takimmainen laatikko käyttöön, siirretään tyhjä taakse ja toimitetaan nimikkeen tilauskortti hyllyn päässä olevaan ”tulossa”- lokeroon. Laatikkojen täytöstä vastaa Tampereen Insinööritoimisto.

Jokaisella solulla on oma c-osa hyllynsä. Nämä hyllyt sisältävät enimmiltä osin koko koneen tarvitsemat c-osat ja mikäli solun hyllystä ei jotakin tiettyä osaa löydy, pitää kyseessä olevaa osaa hakea tehtaan c-osien päähyllyistä.

#### 4.3.2 Profiiliosat, materiaalikeräily

Profiiliosat ovat päävarastosta keräiltäviä osia, jotka ostetaan toimittajalta. Keräilyn aloitus määräytyy työn aloituksen mukaan, eli kun tuotannonohjausjärjestelmässä on avattu koneen rakenne työlle, sille pystytään sen jälkeen tekemään keräilyjä. Työn avauksen jälkeen tuotannon materiaaliyhjauksesta vastaava taho toimittaa keräilylistan keräilijälle ja samalla poistaa keräiltävät osat varastosaldoilta. Keräilijä, joka kerää listan mukaiset osat varastosta vaiheen mukaisille (liite 2, Vaihetunnukset) lavoille, toimittaa lavat soluun keräilylavahyllyihin (Kuva 3).



*Kuva 3. Esimerkkikeräilylava ja keräilylavahyllyjä.*

#### 4.3.3 Omavalmisteosat

Omavalmisteosat käsittävät kaikki hydraulikkaputket. Tehtaan omalla putkipajalla taivutetaan koneen rakenteen määräämät putket. Putket taivutetaan, puhdistetaan putken läpi ammuttavalla vaahtomuovitulpalla, tulpataan putket molemmat päät ja lopuksi putket sijoitetaan lavalle (Kuva 4), jossa ne tuodaan soluun ennen kokoonpanon aloitusta.



*Kuva 4. Paikkakokoonpanon putkilava.*

#### 4.3.4 Settiosat

Settiosat tilataan konekohtaisesti, koneen rakenteen mukaan työlle avauksen jälkeen. Esimerkkinä kaikki letkut ostetaan alihankkijalta yhtenä settinä letkuhäkissä, jossa on peruskoneen letkut sekä valittujen optioiden letkut. Muita settejä ja settiosista ovat lokasuojasetti, optiona asennettava kaidesetti, kaikki sähkökaapelisarjat, raskasosasetti, joka käsittää konepeiton kannattimet, lokasuojan kannattimen ja nivelakselin suojuksen sekä viimeisenä konepeittosetti.

Settiosien tilaukset pyritään ajoittamaan siten, että ne ovat saatavilla solussa viimeistään koneen loppukokoonpanon alkaessa.

#### 4.3.5 Visuaaliset osat

Visuaaliset osat ovat nimensä mukaisesti visuaalisessa ohjauksessa. Näitä osia ovat esimerkiksi säätölevyt ja stauffien korotuspalat. Kun jotakin visuaalista osaa on enää muutaman koneen tarpeiksi, tehdään kokoonpanopaikalta ns. ”kotiin kutsu”. Tämä tarkoittaa sitä, että kokoonpanosta lähtee ostoimpulssi ostoon, joka välittää tilauksen edelleen osan toimittajalle, joka puolestaan toimittaa tilatut osat osoitettuna kotiin

kutsun tehneelle kokoonpanopaikalle. Visuaaliset osat on sijoitettu solun c-osahyllyyn, sekä c-osien päähyllyn yhteyteen.

#### 4.4 Työntekijät ja ohjeistus

Yhden vuoron aikana solussa työskentelee 4 – 6 asentajaa, joista vähintään 1 on sähköasentaja.

Kokoonpano tapahtuu asentajan ulkomuistin ja ”perimätiedon” lisäksi piirustuksiin tukeutuen. Piirustukset ovat huollon tarpeita ajatellen tehty toimintoperusteisiksi, eli yhdessä piirustuksessa on esimerkiksi kaikki ohjaushydrauliikkaan liittyvät komponentit, osaluettelo sekä niiden sijoittelu rungolla. Erityisen hankalaa asennus näiden piirrustusten perusteella on, kun asennetaan letkuja ja putkia, jolloin asennusjärjestyksellä on suuri merkitys. Esimerkiksi samalle alueelle asennettavia putkia saattaa löytyä jopa 6:stä eri piirrustuksesta. Tämä johtaa siihen, että kaikki piirustukset on pidettävä esillä yhtäaikaan ja tehtävä vertailua niiden kesken, jotta sellaista tilannetta ei pääse kehittymään, jossa ”putkiryhmän” päällimmäisten putkien alta puuttuu putkia. Tämänkaltainen tilanne johtaa tietenkin purkutyöhön ja työajan hukkaan.

#### 4.5 Solun layout

Normaalitilanteessa loppukokoonpanosolussa on työn alla 2 konetta. Solun vakiovarusteluun kuuluu asentajien työtasot, työkalukaapit, C-osa hylly(t), hitsaus- ja hiontapiste, paineilma- ja sähköulostulot, ATK-piste sekä hyllytilat keräilylavoille. Liitteessä 3 olevassa paikkakokoonpanosolun layoutissa nähdään esimerkki kokoonpanosolusta ja työtasojen ym. sijoittelusta.

## 5 LINJAKOKOONPANON TOTEUTUS

### 5.1 Asemamiehitys yhdessä vuorossa, tahtiaika

Asemamiehitykseksi sovittiin 2 mekaniikka-asentajaa per asema. Lisäksi pienosakokoonpanopisteessä työskentelee 1 asentaja. Tämä on tämänhetkisen tiedon mukaan optimimäärä, sillä jo 3:s mekaniikka-asentaja saattaa aiheuttaa tilanteen, jossa tila rungolla käy ahtaaksi, eikä hänelle ole sellaista työvaihetta tehtäväksi, joka ei sekaannuta sovittua työjärjestystä. Linjalla on myös ns. asemavastaavia, joilla on erikoistehtäviä, kuten huolehtiminen asennusjärjestyksen noudattamisesta, opastamisesta ja jatkokehitystyöstä sekä tiedonkulun varmistaminen muiden asemien välillä. Lisäksi asemavastaavat voivat tarvittaessa paikata aseman työntekijöitä sairaspöissaolon tai muun vastaavan tapauksen sattuessa.

Mekaniikka-asentajat eivät liiku koneen mukana, vaan hoitavat aina saman aseman työt. Käytössä on kuitenkin työkierto, jossa tiimit vaihtavat asemia, jotta kaikki työvaiheet tulisivat kaikille tutuiksi. Tämä auttaa antamaan kokonaisemman kuvan koneen kokoonpanosta ja puolestaan edistää kokoonpanon laatua, kun jokainen tietää mitä toimenpiteitä esimerkiksi virheellinen asennus aiheuttaa seuraavassa asemassa.

Sähköasentajia asemilla on seuraavasti: sähköosakokoonpanossa 2 henkilöä, sillä sähkörsioiden varustelu verrattuna mekaniikan pienosakokoonpanoihin on huomattavasti aikaavievempää, asemilla 1 - 3 on 2 sähköasentajaa ja asemilla 4 - 5 1 sähköasentaja. Nämä asentajat liikkuvat asemien välillä työkuorman mukaan. Linjalle tulleita osakokoonpanoja (vaihteisto, moottori, maski) on varustelemassa 1 sähköasentaja. Näiden lisäksi linjalla toimii myös 2 asemavastaavaa sähköjen osalta, joiden toimenkuva on vastaava mekaniikan asemavastaavien kanssa.

Tahtiajaksi laskelmien, läpäisyaikatavoitteen ja ensimmäisten linjamuodossa tehtyjen koneiden pohjalta saatiin 4 työpäivää yhdessä vuorossa toimittaessa.

## 5.2 Linjan layout

Layout-suunnittelulla on erittäin merkittävä vaikutus liikkeistä (työntekijät, tai koneet) aiheutuvan hukan poistamisessa. Järkevällä työpisteiden, työkalujen, sähkö- ja paineilmalähtöjen ja asennusosien sijoittelulla voidaan ratkaisevasti vähentää aikaa joka kuluu esimerkiksi osien hakemiseen, työkalujen käyttöönottoon ja työvaiheiden valmisteluun.

LH514 kokoonpanolinjaa (liite 5, LH514- takarunkolinjan layout) ruvettiin suunnittelemaan ja toteuttamaan entisen T60- dumperikokoonpanolinjan pohjalle. Valmiina linjalla olivat neljä kappaletta 3,2 tonnin ja yksi koko linjaston kattava 25 tonnin siltanosturia, runkojen siirtoon käytettävät sähkömoottoroidut pukit sekä kiskot, joita pitkin pukit liikkuvat. Lisäksi valmiina käytettävissä oli työkalukaappeja, työtasoja ja materiaalihyllyjä. Linjan alussa oleva osakokoonpanopiste säilyi pääpiirteittäin sellaisenaan LH514-linjalle, ainoastaan sähköosakokoonpanopisteelle perustettiin paikka mekaniikkaosakokoonpanopisteen viereen. Kummallakin pisteellä on oma yhdistetty c- ja visuaalisten osien hylly. Työpisteet on sijoitettu näiden hyllyjen välittömään läheisyyteen.

Suunnittelu aloitettiin runkopaikkojen kartoittamisella. Suurimpana haasteena on asennuksen aikana tapahtuvat nostot, sillä linjalla on käytettävissä 4 3,2:n tonnin siltanosturia 1:n 25:n tonnin, koko linjan kattavan siltanosturin lisäksi. Nosturisijoittelu nousee määrääväksi tekijäksi runkopaikoituksessa ja asemien määrässä ja tästä syystä asemien määräksi saatiin edellämainitut seikat huomioon ottaen 5 kappaletta.

Asemien 4 ja 5 runkopaikat nostojen ja käytettävissä olevan tilan mukaan paikoitettuna ovat selvät. Ongelmana on asemien 1 - 3 paikoitus, sillä käytettävissä on ainoastaan 2 siltanosturia 3:a runkoa kohden. Lisäksi aseman 2 rungon sijoittaminen kokonaan jommankumman nosturin alle luo tilan ahtauden.

Asia ratkaistiin mittaamalla kummankin nosturin ulottuvuus ja vertaamalla tulosta rungon mittoihin. Vaatimuksena oli, että vaihteisto pystyttäisiin asentamaan ensimmäisellä nosturilla ja moottori ja pakoputkiston äänenvaimennin toisella. Mittausten jälkeen todettiin, että rungon sijoittaminen kahden nosturin alle on mahdollista. Nostoja tehdään liitteen 6 mukaisesti.

Materiaalihyllyt pyrittiin paikoittamaan asemille niin, että jokaisella asemalla olisi riittävästi hyllytilaa, ottaen huomioon samalla sen, että hyllyt eivät ole esteenä tai hankaloittamassa liikkeitä, kun osakokoonpanoja, kuten moottori, vaihteisto tai maski, tuodaan asemille.

Pilottikoneiden aikana kävi ilmi, että jokaista asemaa kohden tarvitaan kahdesta viiteen materiaalilavaa keräiltäville osille, seteille ja valmiille osakokoonpanoille. Hyllyihin pitää mahtua kahden koneen verran materiaalia, joten jokaiselle asemalle päädyttiin lopulta sijoittamaan 3 x 4 lavapaikkaa vetävät hyllyt. Materiaalihyllyjen päihin kiinnitettiin reikälevyjä, joihin kiinnitettiin koukkuja putkien ja sähkösarjojen ripustamista varten.

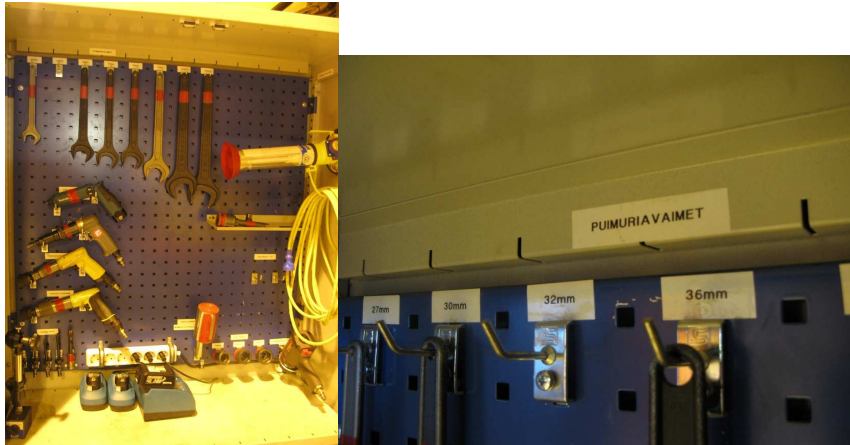
Osakokoonpanot paikoitettiin asemille niin, että ne on mahdollista tuoda helposti suoraan asemaan, rungon viereen, määritellylle paikalle (Kuva 5) ja tästä paikasta siirtää yhdellä suoraviivaisella siirrolla nosturilla tai muulla apuvälineellä suoraan rungolle asennettavaksi. Näin menetellen nostoista ja muista siirroista saadaan turvallisempia ja siirtoihin käytetty aika saadaan minimoitua, joka puolestaan nopeuttaa nosturin vapautumista seuraavaan työvaiheeseen. Tämä on erityisen tärkeää 25 tonnin nosturin kohdalla, jota käytetään asemilla yksi, neljä ja viisi. Myös aseman kaksi 3,2 tonnin nosturilla tehtävien nostojen jouhevuus on tärkeää, sillä asema jakaa nosturin asemien yksi ja kolme kanssa.





*Kuva 5. Osakokoonpanoja valmiina asennukseen asemalla neljä.*

Jokaiselle loppukokoonpanoasemalle sijoitettiin yksi työtaso ja työkalukaappi. Työtasot katsottiin tarpeellisiksi sellaisten tilanteiden varalta, joissa esimerkiksi jokin pienosakokoonpano pitää saada ruuvipenkkiin kiinni pienosakokoonpanopisteessä löysään jääneen hydrauliliittimen kiristämistä varten. Työkalukaapit järjesteltiin 5S-järjestelmän mukaan niin, että jokaiselle työkalulle on oma merkitty paikkansa (Kuva 6). Asennustyötä helpottamaan jokainen asema varustetaan paineilma- / sähköpuomilla, joka asennetaan tehdashallin tuki palkkiin niin, että puomi ulottuu aseman asennusalueelle. Tällä ratkaisulla päästään eroon lattialla olevista paineilmaletkuista ja sähköjohdoista. Puomeista tarkempi kuvaus kappaleessa 5.4, Apuvälineet



*Kuva 6. Työkalukaappi 5S:n mukaan järjestettynä.*

Liikuteltaville c-osa-, letku-, ja liinakärryille määrättiin myös paikat, sillä vaikka ne kokoonpanon aikana ovatkin liikkeessä, on työympäristön järjestyksessä pitäminen helpompaa, kun myös näille on olemassa oma tietty paikkansa. Tällä tavoin vältetään näiden välineiden ”ajelehtiminen”

### 5.3 Kokoonpanon kehitys

Projektin ”pilottikoneena” kokoonpannussa koneessa kiinnitettiin erityisesti huomiota puuttuviin tai väärässä kohdassa oleviin reikiin, letku-, sähkösarja- ja putkireitityksiin sekä komponenttien yleiseen sopivuuteen ja laatuun. Huomiot ja korjausehdotukset raportoitiin aluksi excel-taulukkoon (liite 7, Excel-virhelista), josta käyvät ilmi komponentin tai osakokoonpanon nimikenumero, nimi, toimittaja, ongelman kuvaus, minkä osaston vastuulla ongelman selvittäminen on, vakavuusaste, tehdyt toimenpiteet, muutoskuittaus sekä kovalinkki ja muita huomioita. Projektin määrättyjen suunnittelusta ja laadunvarmistuksesta vastaavien henkilöiden tehtävänä on käydä läpi raportoituja kohteita ja päättää, tehdäänkö esimerkiksi piirustusmuutos tai yhteydenotto laatupuutteesta kärsivän osan toimittajaan korjaustoimenpiteitä varten. Excel raportoinnin korvasi projektin aikana tehtaassa käyttöön otettu Lotus Notes-pohjainen, koko SMC:n käyttämä ECR-systeemi (Engineering Change Request), jonka kautta suunnittelun kannanottoa vaativia kehitys- ja parannusehdotuksia pystytään raportoimaan virallisesti juuri tähän tarkoitukseen

kehitettyllä menetelmällä. Yhteensä excel-listan ja ECR:n kautta raportointeja tehtiin 197 kpl 1.6.2008 – 4.3.2009.

Parannus- ja korjausehdotuksista suurin osa käsitteli koneen runkoon tulevien reikien muutoksia tai lisäyksiä. Pääosassa olivat optiovarusteet, sillä hyvin monelle optiolle kuten esimerkiksi lämmityslaitteen sulake- ja ohjauskotelon kannakkeelle ei vielä ollut mitoitettu kiinnitysreikiä. Toinen merkittävä kehityskohde oli putki- ja letkureititysten optimointi. Oikeanlaisella reitityksellä saavutetaan huomattavasti parempi asennettavuus sekä parannetaan kokoonpanon laatua. Pilottikoneista löydettiin useita tapauksia, joissa oletusreitityksellä letkut olisivat hanganeet toisiinsa, muihin komponentteihin tai runkoon aiheuttaen lopulta letkurikon.

Aiemmin mainitusta osakokoonpanojen lisäämisestä mainittakoon voimansiirtohydrauliikkaan kuuluvien imuputkien esikokoonpano. Kuvassa 7 näkyvät osat, taustalevyä lukuunottamatta, on aiemmin kiinnitetty yksittäin runkoon ja toisiinsa. Yksinkertaisen taustalevyn ansiosta osat pystytään kokoamaan vaivattomasti pöydällä osakokoonpanoksi ja asentamaan kerralla ruuvaamalla taustalevyn neljä ruuvia kiinni runkoon.



*Kuva 7. Taustalevy (1), joka mahdollistaa voimansiirron imuputkien esikokoonpanon.*

Muita samankaltaisia esimerkkejä ovat hydrauliikkajärjestelmän imuputki, johon aiemmin on ruvattu vasta loppukokoonpanovaiheessa kiinnityslänget hydrauliletkujen laippoja varten sekä liitetty imuputken päähän imuletku. Tästä

osakokonaisuudesta on sellaisenaan tehty osakokoonpano, jonka osat keräillään osakokoonpanopisteeseen koottaviksi ennen kokoonpanolinjalle tuloa.

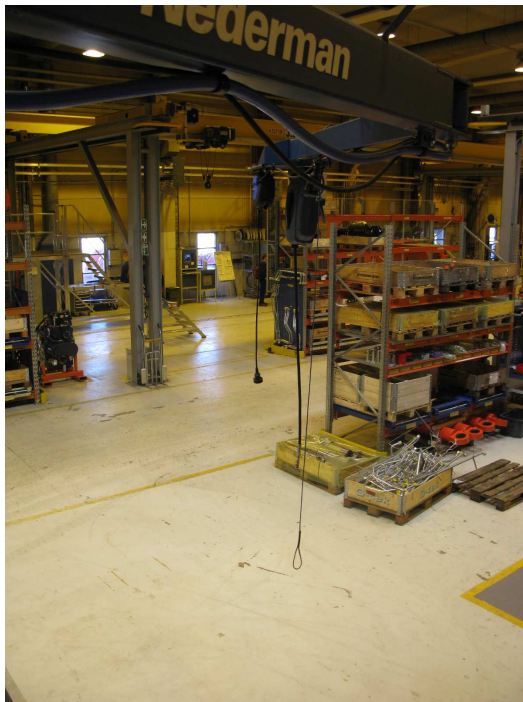
#### 5.4 Apuvälineet

Apuvälineiden avulla kokoonpanosta saadaan turvallisempaa ja sujuvampaa. Seuraavissa kappaleissa esitellään eräitä aputyökaluja, jotka on koekäytetty ja otettu tai tullaan ottamaan käyttöön linjalla.

##### Paineilma- ja sähkökelapuomit

Paikkakokoonpanosolussa paineilmaletkukelat sijaitsevat lattialla tai seinässä n. 2 m:n korkeudella. Näistä pisteistä vedetään letku työkohteeseen rungolle tai työpöydälle. Näin menetellen ongelmaksi muodostuu letkun jääminen lattian tasalle, jossa se aiheuttaa kompastumisriskin. Vielä vaarallisempi tilanne on rungon päällä, jossa letkuun kompastuminen aiheuttaa pahimmillaan rungon päältä putoamisen. Lisäksi paineilmaa tarvitsevan työvaiheen jälkeen letku usein jää lattialle, sillä sen takaisin kelaaminen ja uudelleen vetäminen koetaan hankalaksi ja aikaa vieväksi, etenkin, jos työvaihe tehdään rungon välissä tai päällä, joista pois liikkuminen on hankalaa.

Tähän ongelmaan on haettu ratkaisu puomissa kiinni olevasta paineilma-sähkökelayhdistelmästä (Kuva 8). Jokaisen kokoonpanoaseman yläpuolella on yksi kuuden metrin mittainen, keskeltä nivelöity puomi, jonka avulla paineilmaa tai sähkövirtaa on mahdollista viedä minne tahansa rungolle turvallisesti, ilman kompastumisriskiä. Käytön jälkeen letku tai johto on helppo rullata puomin kelalle ja ottaa sieltä uudelleen käyttöön.



*Kuva 8. Paineilma-sähkökelapuomi.*

#### Taka-akselin siirtoteline

Taka-akselin siirtomenetelmiä rungon alle on ollut tehtaalla käytössä useampia, mutta ei yhtään vakioitua tapaa. Ongelmana on akselin massa, n. 2500 kg, sekä apulaitteiden- ja tilanpuute, joidenka vuoksi siirtomenetelmä vaihtuu työntekijän ja kokoonpanosolun mukaan.

Kokoonpanolinjalla akselin siirto rungon alle tapahtuu kumpaankin akselin napaan kiinnitettävällä apupyörästöllä (Kuva 9) Pyörästöt kiinnitetään joko akselivarustusolussa tai kun akseli on tuotu asemalle. Tuotaessa akseli linjalle, se asemoidaan niin, että se on työnnettävissä käsin suoraan linjavarastopaikalta rungon alle nostoa ja kiinnitystä varten. Suurten kovamuovipyörien ansiosta siirto onnistuu, vaikka lattia olisi hieman huonokuntoinenkin.



*Kuva 9. Taka-akselin siirron apuvälineet.*

#### Akkukäyttöiset mutterinvääntimet

Koneeseen tehdään paljon putkikiinnikkeiden ja pienosakokoonpanojen asennuksia käyttäen pieniä ruuvikokoja (M6-M10). Paineilmavääntimien soveltuvuus näihin kohteisiin käytön kannalta on useissa tapauksissa huono etenkin putkikiinnikkeiden kohdalla. Yhtä kiinnikettä voidaan joutua avaamaan ja kiinnittämään useita kertoja yhden putken sovituksen aikana. Asennustila on lähes aina ahdas ja paineilmaletkun vetäminen kohteeseen on hankalaa. Avainten käyttö puolestaan on aikaavievää.

Pienten akkukäyttöisten mutterinvääntimien avulla ruuvien kiinnitys ja avaaminen saadaan mahdollisimman vaivattomaksi ja nopeaksi. Kahta akkua kierrättämällä katkoksia työhön ei tule akunvaihdon pituutta enempää, sillä yksi akku kestää käyttömäärästä riippuen n. 2 – 3 tuntia ja lataus n. tunnin verran.

Lisäksi tarvittavien avaimien määrä vähenee akkuvääntimien käytön myötä huomattavasti, joka puolestaan edistää työturvallisuutta, koska rungon päällä olevat työkalut lisäävät osaltaan liukastumisriskiä.

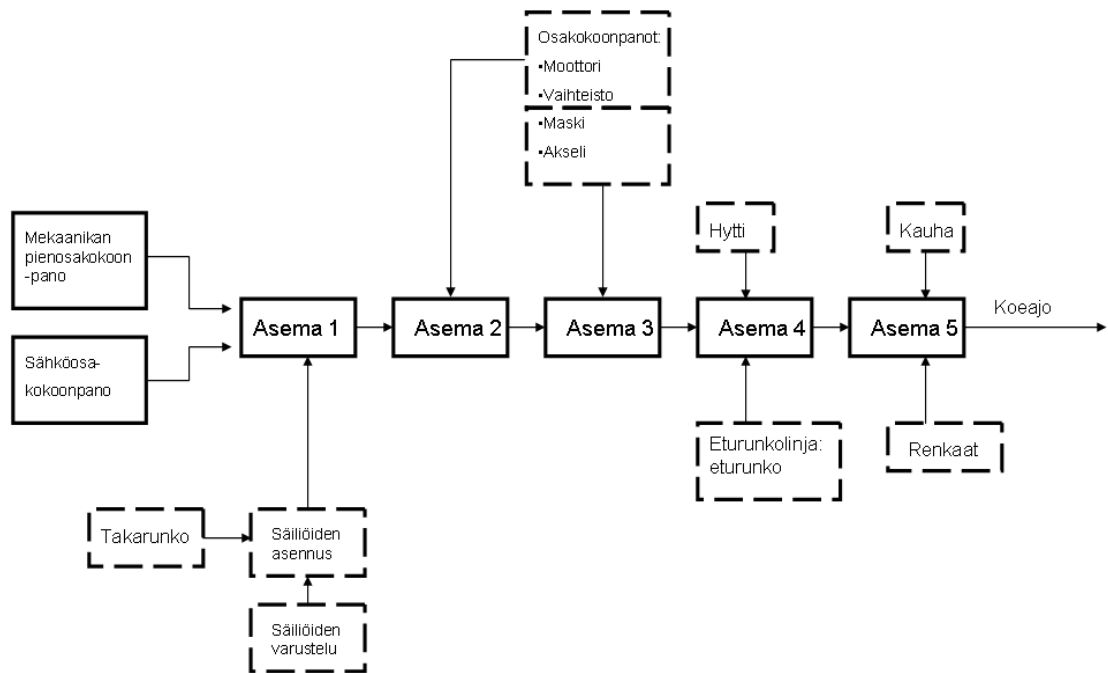


*Kuva 10. Akkukäyttöisiä mutterivääntimiä.*

### 5.5 Kokoonpanon vaiheistus

Kuvio 7 esittää takarunkolinjan kaaviokuvan. Viiden vaiheen malli määräytyi käytettävissä olevan halli- ja siltanostureiden määrän mukaan. (ks. kappale 4.4 Linjan layout ja liite 5, LH514- takarunkolinjan layout). Linjan yhteydessä olevat pienosa- ja sähköosakokoonpanopisteet syöttävät linjalle pienosakokoonpanot suurempien osakokonaisuuksien tuloa linjan ulkopuolelta muista esikokoonpanopisteistä, alihankkijoilta ja tehtaan runkoverstaalta. Takarunko tulee asemalle 1 säiliöasennussolun kautta, samoin kuten paikkakokoonpanoon menevät rungot. Säiliöasennuksessa runkoon asennetaan kuitenkin nyt myös moottorin-, konepeiton- ja lokasuojan kannattimet ja kaksi moottorin alle tulevaa pohjajanssarilevyä. Näin menetellään, koska osa kannattimista kiinnitetään samojen ruuvien alle, joilla säiliöt ovat kiinni, joten tällä työvaiheella vältetään ”tuplatyö” kokoonpanolinjalla.





*Kuvio 7. Takarunkolinjan kaaviokuva.*

Linjakokoonpanon asennustyöt etenevät osittain samoin, kuten paikkakokoonpanon vastaavat työt. Ratkaiseva ero on kuitenkin, että työvaiheet ja osien asennusjärjestys on tarkasti määritetty.

Karkeamäärittely tehtiin kolmen varustetasoltaan erilaisen pilottikoneen kokoonpanon aikana excel- taulukkoon, johon on Leanista kopioitu koneiden tuoterakenne (liite 4, Excel- rakennetaulukko). Näin menetellen saadaan mahdollisimman kattavasti vaiheistettua ns. peruskoneen lisäksi myös mahdollisimman monta eri optiota.

Vaiheistustaulukossa on sarakkeet osan tai rakenteen nimikenumeralle, nimelle, kappalemäärälle, osankokoonpanoon merkkaukselle, rakenteen nimelle, huomiokenttä ja sarakkeet osien merkitsemiseen kokoonpanoasemalle. Kaikki rakenteen osat merkittiin siihen asemasarakkeeseen, jossa sen katsottiin pilottikoneista saatujen kokemusten perusteella sopivan parhaiten. Johtoajatuksena oli, että työ jakaantuisi



mahdollisimman selkeiksi työkokonaisuuksiksi ja että kullekin asemalle tulisi likimäärin yhtä suuri työkuorma.

Pienosakokoonpanopisteessä kokoonpannaan kaikki koneen pienemmät sähkö- ja hydraulikkaosakokoonpanot ennen koneen loppukokoonpanon aloittamista. Kokoonpannut osat sijoitetaan kaulukselliselle lavalle ja viedään aseman 1 hyllyyn määrätyle paikalle, josta se loppukokoonpanon alkaessa saadaan nopeasti kokoonpanopaikalle.

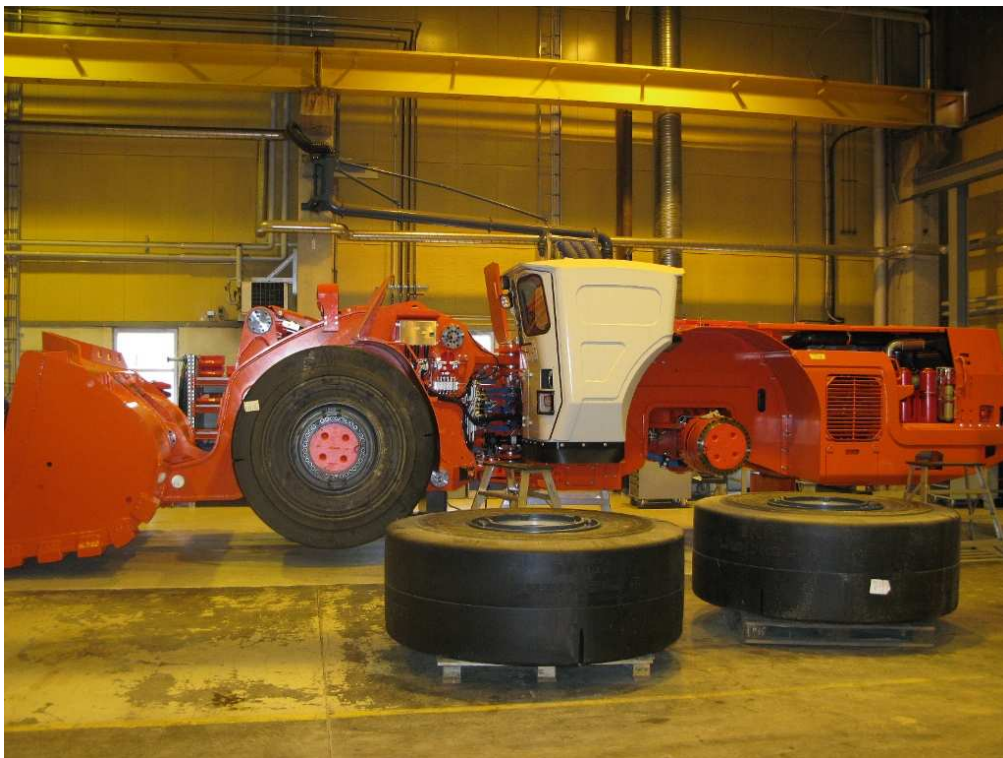
Varsinainen takarungon kokoonpano alkaa asemassa 1. Työ aloitetaan asentamalla lähes kaikki hydraulikkajärjestelmän putket, sekä kaikki rasvausjärjestelmän putket. Koneeseen kiinnitetään lokasuojat sekä ohjaussyliinterit ja pienosakokoonpanot, kuten jakotukit ja venttiilit. Lopuksi asennetaan oskillointikehto. Sähköasentajat asentavat suoraan takarunkoon kiinnitettävät lamput, virransyöttöjärjestelmän, sekä levittävät tarvittavat johtosarjat moottoria ja vaihteistoa varten.

Asemassa 2 asennetaan koneen vaihteisto ja moottori. Myös enin osa hydraulikkaletkuista asennetaan ja lopuksi ennen asemalle 3 siirtoa asennetaan vielä vaihteiston ja taka-akselin välinen nivelakseli, sekä pakoputkisto. Sähköasentajat tekevät tarvittavat sähköasennukset vaihteistoon ja moottoriin, sekä valmistelevat seuraavien asemien sähkötöitä.

Aseman 3 työt ovat pääasiassa raskasosien asennusta: taka-akseli, takamaski moottorinjäähdyttimellä, ilmastointilaite (jos koneessa on umpihytti), voimansiirtoakseli moottorilta vaihteistolle. Lisäksi asennetaan akseliin liittyvät hydraulikkaputket, jäähdytysjärjestelmään kuuluva paisuntasäiliö vesiputkineen ja muutamia hydraulikkaletkuja, jotka voidaan asentaa vasta akselin asennuksen jälkeen.

Asemassa 4 tapahtuu koneen etu- ja takarungon yhdistäminen. Eturunko kokoonpannaan takarunkolinjan vieressä kulkevalla eturunkolinjalla. Yhdistämisen jälkeen asennetaan ohjaamo ja konepeitot.

Viimeiselle asemalle jää lähes kaikki koneen käynnistykseen liittyvät työt, sekä muutamien raskasosien asennustyöt. Koska koneeseen ei voida asentaa renkaita sen ollessa liikuteltavien pukkien päällä niiden mataluuden vuoksi, se täytyy nostaa apupukkien päälle, joiden varassa renkaiden asennus onnistuu. Etumaiset renkaat, sekä kauha asennetaan ensin. Tämän jälkeen koneeseen täytetään nesteet, kone käynnistetään, suoritetaan liikkeiden testaus sekä hydraulikkajärjestelmän paineitten säätö, jonka jälkeen asennetaan takarenkaat



*Kuva 11. LH514 asemalla 5.*

## 5.6 Materiaalin ohjaus ja käyttö linjalla

Selkeän vaiheistuksen ansiosta yhtä kokoonpanovaihetta kohden tuleva komponenttimäärä on huomattavasti helpompi hallita ja ohjata kokoonpanopaikalle oikeaan aikaan, verrattuna paikkakokoonpanoon, jossa koko loppukokoonpano voidaan katsoa yhdeksi ja samaksi vaiheeksi. Seuraavissa kappaleissa tarkastellaan uusia tapoja, joilla eri ohjaustavan omaavia osia linjalla käsitellään ja ohjataan.

### 5.6.1 C-osat

Jokaiselle loppukokoonpanon asemalla on liikuteltava kärry (Kuva 12) c-osille. Tähän kärryyn on koottu nimettyihin lokeroihin kaikki kyseisessä asemassa tarvittavat c-osat. Kärryn ansiosta liikkuminen liittimien, ruuvien ym. hakemisen vuoksi saadaan minimoitua, kärry on aina enimmillään muutaman askeleen päässä rungosta. Kärryn täyttö tapahtuu kokoonpanolinjan kahdesta c-osien päähyllystä. Päähyllysten toimintaperiaate ja ylläpito on selvitetty kappaleessa kaksi.

Asemakärryn muunneltavuus on myös erinomainen, sillä sen sisältöä ei ole sidottu mihinkään muuhun, kuin asemassa tehtäviin asennustöihin, joten nimikkeiden lisääminen tai poistaminen kärrystä onnistuu pelkästään laatikkoa ja laatikon nimiketarraa vaihtamalla. Useimpiin kärryihin on myös, tilan antaessa myöden, sijoiteltu asennustyössä käytettäviä kemikaaleja ja rasvoja, kuten mm. rasvanpoistajaa, kierrettiivistettä ja kuparitähnaä.



*Kuva 12. Liikuteltava kärry aseman c-osille.*

### 5.6.2 Profiiliosat, materiaalikeräily

Profiiliosia keräillään päävarastosta linja-asennukseen, sekä pienosa- ja sähkökokoonpanoon. Keräily asemille tapahtuu vaiheistustaulukon perusteella. Taulukosta saadaan lajiteltua excelin suodattimien avulla profiiliosat omille asemilleen. Tällä tavoin saadaan koostettua ”linjakeräilylista”, jonka henkilö, joka vastaa päävarastosta tapahtuvista keräilyistä, syöttää Leaniin ja edelleen keräilijälle, joka keräilee osat asemalavoille.

Toisin kuin paikkakokoonpanon keräilylavat, linjan eri asemille tulevilla lavoilla on ainoastaan ne osat, joita kussakin asemassa tarvitaan, joten asentajien ei tarvitsen hukata aikaa oikeiden osien etsimiseen ”väärien” seasta. Asemaa kohden keräilylavoja on yhdestä kolmeen, asemasta riippuen. Kukin lava nostetaan määritellylle vetohyllyille, josta ne voidaan vetää n. yhden lavan pituuden verran ulos hyllystä. Lähes poikkeuksetta osat pystytään sijoittamaan lavalle niin, että yhdellä silmäyksellä lavasta pystyy näkemään onko haettu osa sillä vai puuttuuko se. Osakokonaisuudet ja raskaammat osat kuten ilmansuodatuksen tai pakoputkiston osat keräillään omille lavoilleen ja sijoitetaan ylemmille hyllyille, josta ne nostetaan asemaan juuri silloin, kun asennus on ajankohtainen.

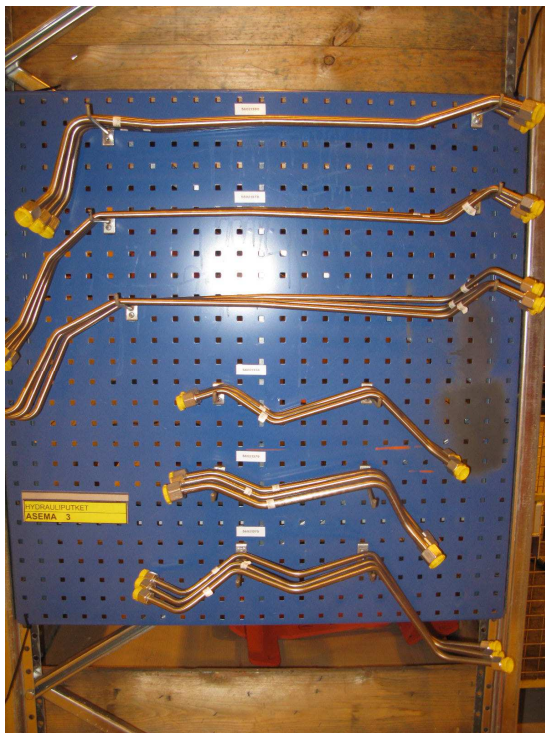
### 5.6.3 Omavalmisteosat

Putket jakaantuvat asemiin niin, että asemassa 1 suoritetaan suurin osa putkituksesta. Asemalle kaksi ja kolme jää optioista riippuen 4 - 7 putkea. Aseman 1 asennettavista putkista on koottu yhdeksi ryhmäksi ns. peruskoneen putket, eli putket, jotka asennetaan jokaiseen koneeseen riippumatta optioista.

Nämä putket on edelleen jaoteltu työjärjestyksen mukaisiin kolmen – viiden putken nippuihin. Nippuja on yhteensä 9 kpl ja ne ovat numeroitu niin, että ensimmäisestä nipusta aloittaen ja työohjeita seuraten putkilavalta pitää vain hakea numerojärjestyksessä putkiniput rungolle työn alle. Tämä nopeuttaa putkien löytämistä huomattavasti, sillä entisen n. 70 nimikkeen sijasta haku pitää suorittaa vain 9 numeroidun nipun joukosta.

Asemassa 1 asennettavat optioputket ovat visuaalisessa ohjauksessa. Aseman materiaalihyllyyn on kiinnitetty reikälevy, johon optioputket on sijoitettu merkatuille paikoilleen. Tässä ”putkiseinässä” yhtä putkea on tietty määrä ja kun putkea on jäljellä yksi kappale, tehdään täydennys tilaamalla uusi erä ko. putkea tehtaan putkitaivuttamosta.

Loput putket asemille 2 ja 3 sijoitetaan kuvan 13 mukaisesti materiaalihyllyn päädystä olevalle putkiseinälle, jossa jokaiselle putkelle on merkitty paikka, josta ne löytyvät helposti.



*Kuva 13. Putkiseinä.*

#### 5.6.4 Settiosat

##### Letkut

Letkut toimitetaan letkuhäkeissä, kuten ennenkin. Häkki kuitenkin puretaan ennen ko. koneen kokoonpanon aloitusta ja asemat yksi, kolme ja neljä ottavat häkistä tarvitsemansa letkut ja sijoittavat ne materiaalihyllyyn. Asemalla 2, jossa asennetaan suurin osa letkuista, on liikuteltava letkukärri, johon letkut puretaan häkistä. Näin menetellen letkun on helpompi tunnistaa ja purkamisen yhteydessä havaitaan, mikäli jokin letku puuttuu ja mahdollinen puute saadaan paikattua ajoissa.

Letkujen sijoittelusta linjakokoonpanolinjalla tehtiin erään Turun Ammattikorkeakoulun opiskelijan toimesta harjoitustyö, jossa päädyttiin siihen lopputulokseen, että letkut voitaisiin toimittaa edelleen letkuhäkissä, kuitenkin niin, että häkkiin on rajattu lokerot kullekin asemalle. Letkuhäkki liikkuisi tultuaan linjalle koneen mukana asemalta 1 asemalle 4, josta se lähtisi jälleen tyhjänä takaisin letkutoimittajalle.

##### Raskasosat, konepeitot, lokasuojat

Raskasosat (lokasuojat, konepellit, jne.) on jaettu asemiin. Jokaisen aseman settiosat ovat yksi tilattava setti, joka voidaan tuoda ulkosäilytyksestä suoraan asemalle kun tarve niin vaatii.

##### Sähkösarjat

Sähkösarjat tilataan ja toimitetaan linjalle samoin kuten paikkakokoonpanossa. Koneen työlle avauksen jälkeen ostaja tekee tilauksen rakenteen määräämistä sarjoista. Sarjojen saapumisen jälkeen ne sijoitetaan asemilla oleviin sähkösarjaseiniin (vrt. putkiseinä), josta ne ovat vaivattomasti saatavilla ja puuttuvat sarjat havaitaan heti, mikäli ko. sarjaa ei ole määrättyllä paikallaan koneen kokoonpanon alettua.

### 5.6.5 Visuaaliset osat

Visuaaliset osat on jaettu niin, että jokaiselta asemalta löytyy aseman tarvitsemat visuaaliset osat. Pienemmät osat, kuten stauffien korotuspalat on sijoitettu liikkuviin c-osakärryihin. Kärryä täydennetään linjan pienosakokoonpanon c-hyllystä, jonne ko. pienille visuaalisille osille on perustettu kotiinkutsupaikka. Isommat osat, kuten säätölevyt löytyvät niitä tarvitsevan aseman materiaalihyllystä ja niille voidaan tehdä kotiin kutsu suoraan asemalle.

### 5.6.6 Materiaalijärjestelijä

Linjalla on oma materiaalijärjestelijä, jonka toimenkuvaan kuuluu kokoonpano-osien siirto ja järjestyksen ylläpito osien osalta linjan sisällä. Järjestelijä hakee raskasetiosat ulkovarastointipaikalta kokoonpanolinjalle, suorittaa visuaalisten osien kotiin kutsut sekä huolehtii siitä, että päävarastosta tulleet materiaalit ovat oikeilla paikoilla.

## 6 TULOKSET

### 6.1 Kokoonpanon läpimenoaika

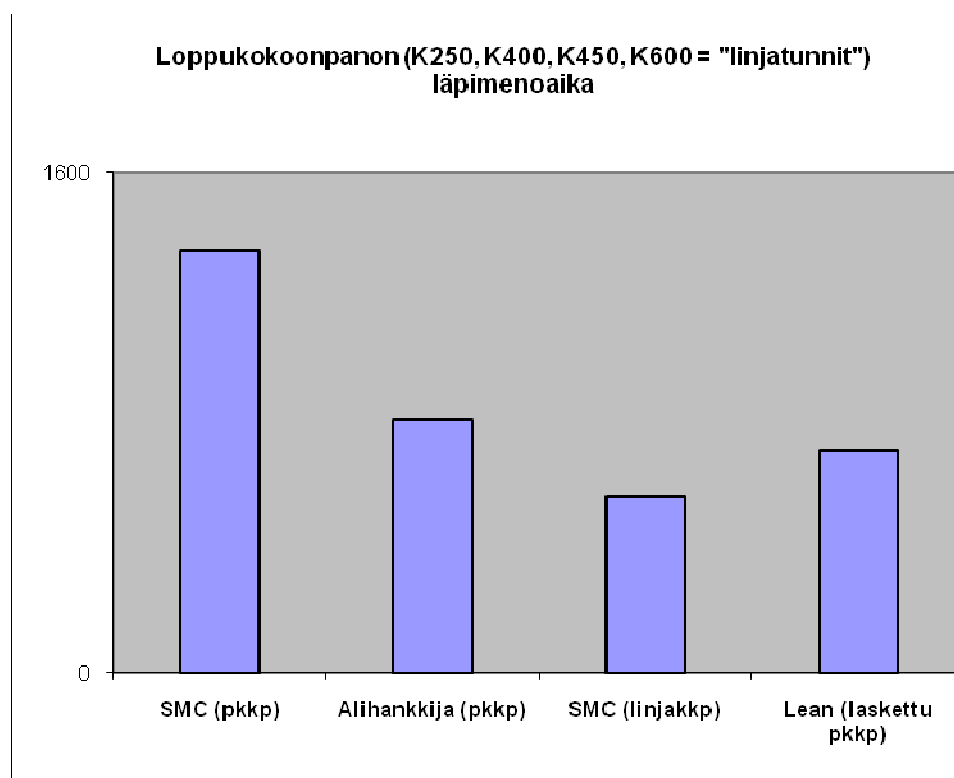
Seuraavilla sivuilla esitetään saatuja tuloksia linjakokoonpanosta kokoonpanon keskimääräisten läpimenoaikojen muodossa. Kuvioissa vertailukohdiksi on otettu vastaavia SMC:n ja alihankkijan käyttämiä aikoja paikkakokoonpanossa ja Leaniin laskettu aika.

Kuvio 8 esittää linjakokoonpanon käyttämän ajan kokonaisuudessaan ja kuvioissa 9, 11 ja 12 on eroteltu eri vaiheita, poislukien eturungon kokoonpano, tarkempaa tarkastelua varten. Kuvioissa 10 ja 13 tarkastellaan erikseen linjakokoonpanojen koneiden läpäisyajojen kehitystä takarungon kokoonpanon ja kiristelyn osalta.

Kuviossa 14 nähdään koko kokoonpanon läpäisy aika, sekä kuviossa 15 osakokoonpanojen yhteenlaskettu läpäisy aika.

Huomioitavaa on se, että SMC:n paikkakokoonpanona proto-vaiheen jälkeen tekemät koneet ovat olleet lähes kaikki vaativatöisempiä automaatiokoneita, joten vertailua on tässä tapauksessa järkevää tehdä lähinnä alihankkijan tuloksiin ja Leanin laskettuun aikaan.

Kuvio 8 esittää linjakokoonpanon käyttämän keskimääräisen ajan (linjatunnit) kokonaisuudessaan verrattuna SMC:n ja alihankkijan paikkakokoonpanon käyttämään vastaavaan aikaan, sekä Leaniin laskettuun paikkakokoonpanoaikaan. Linjatunneiksi katsotaan eturungon kokoonpano, takarungon kokoonpano, sähkötyöt sekä kiristelyvaihe.

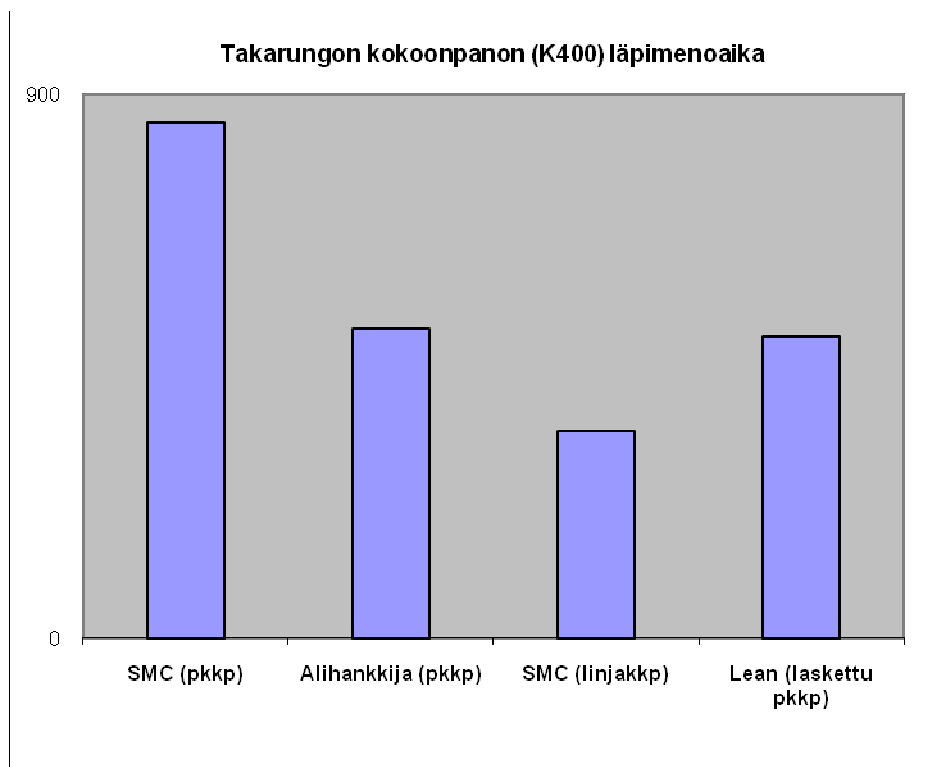


Kuvio 8. Linjakokoonpanon käyttämän ajan vertailu.



Kuviosta havaitaan, että linjakokoonpanon käyttämä aika selvästi alle alihankkijan ja Leanin oletuksen, n. -30 % verrattuna alihankkijaan ja n. -20 % verrattuna laskettuun paikkakokoonpanon läpimenoaikaan.

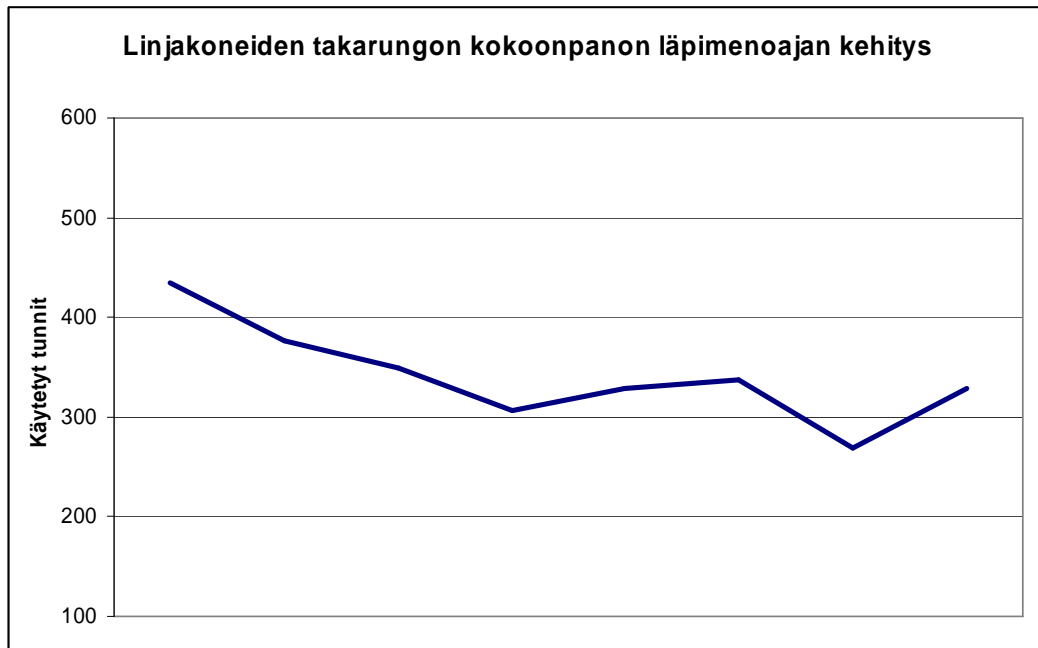
Kuviossa 9 nähdään eroteltuna ainoastaan takarungon kokoonpanoon (K400-vaiheeseen) käytetty aika.



*Kuvio 9. Takarungon kokoonpanon (K400- vaihe) läpimenoaika.*

K400 vaihe käsittää takarungon kokoonpanon mekaniikan osalta, sekä pienosakokoonpanot. Kuviosta voidaan havaita, että linjakokoonpanon läpimenoaika on huomattavasti alhaisempi verrattuna laskettuun läpimenoaikaan (-31 %) ja alihankkijan käyttämään aikaan. (-33 %).

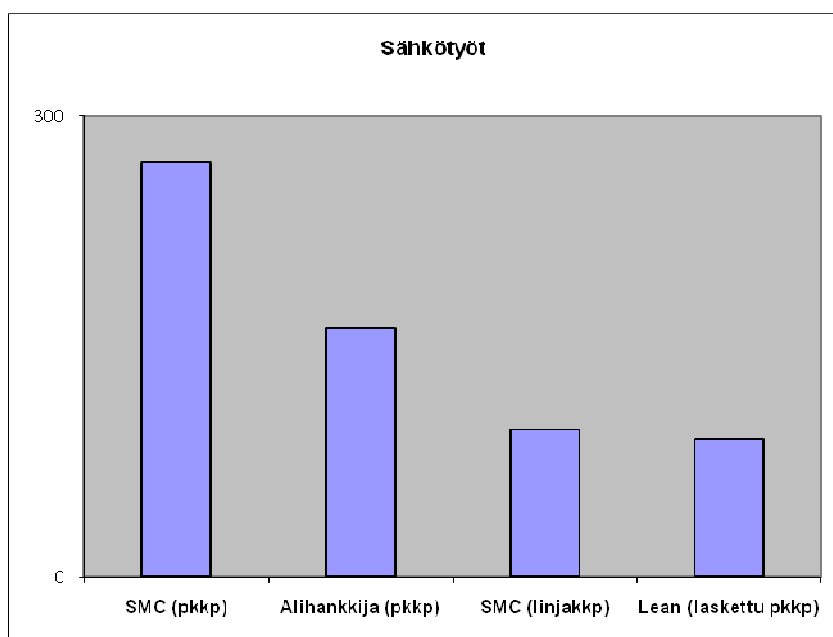
Kuviossa 10 nähdään erikseen linjakoneiden takarungon kokoonpanon läpimenoajan kehitys kahdeksan kokoonpanun koneen otannalla.



Kuvio 10. Linjakoneiden takarungon kokoonpanon läpimenoajan kehitys.

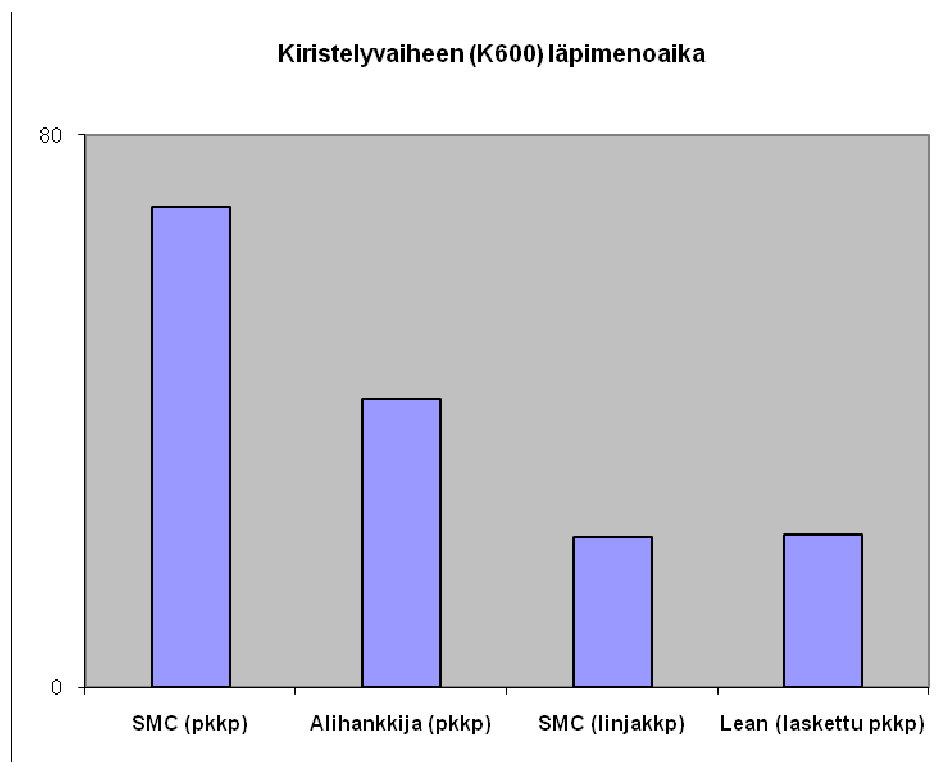
Läpimenoaika on saatu pidettyä lähes tasaisena kuuden viimeisimmän koneen kohdalla ja viimeisimmän koneen läpimenoaika on alle 300 tuntia.

Kuvio 11:ssä nähdään sähkötöihin käytetyn ajan vertailua.



Kuvio 11. Sähkötöihin käytetty aika.

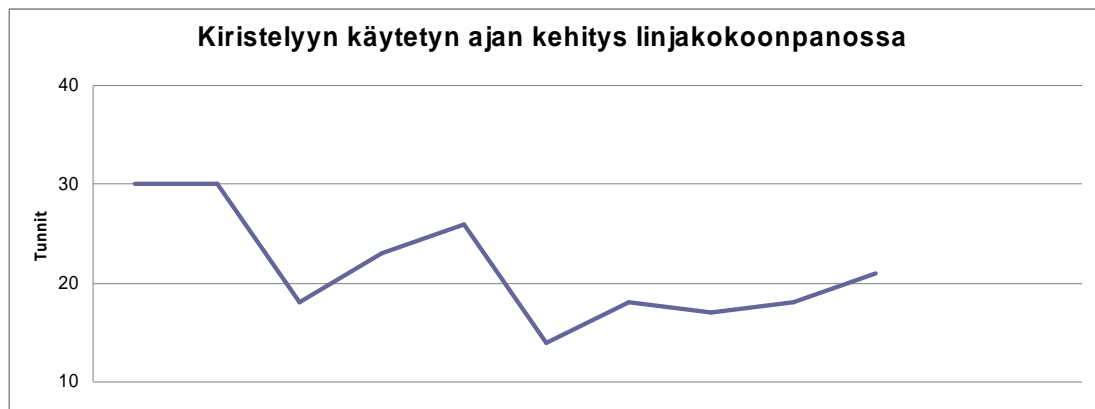
Kuvio 12 esittää kiristelyyn käytetyn ajan kehityksen linjakokoonpanuissa koneissa. Kiristelyvaihe käsittää työt, jotka lastariin tehdään koeajon jälkeen. Kiristelyssä tehtäviä vakiotöitä ovat öljynsuodattimien vaihto. Lisäksi kiristelyssä korjataan koeajossa havaitut puutteet, kuten vuodot, löysään jääneet liittimet, letku- ja putkiliitokset, sähköviat tai rikkoutuneet komponentit.



*Kuvio 12. Kiristelyvaiheen (K600) läpimenoaika.*

Kuviosta havaitaan, että keskimäärin linjakoneiden kohdalla päästään jopa hieman alle lasketun paikkakokoonpanon läpimenoajan ja verrattuna alihankkijaan, ero on lähes kaksinkertainen.

Kuviossa 13 nähdään erikseen linjakoneiden kiristelyajan kehitys. Kuviosta käy ilmi, että kiristelyyn käytetyn ajan trendi on laskeva ja viimeisimmän koneen kohdalla on jopa puolitettu kiristelyaika verrattuna laskettuun.



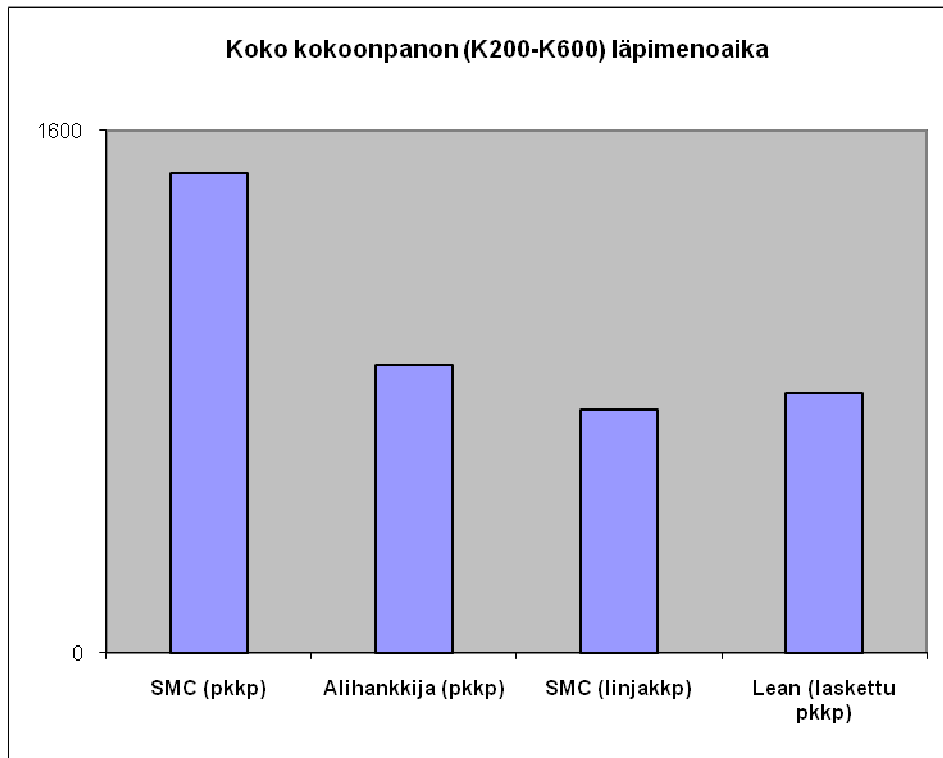
Kuvio 13. Linjakoneisiin käytetty kiristelyaika.

Kuvio 14 esittää koeajossa havaittujen asennusvirheiden ja vuotojen määrää, jotka korjataan kiristelyvaiheessa.



Kuvio 14. Koeajopöytäkirjamerkinnot.

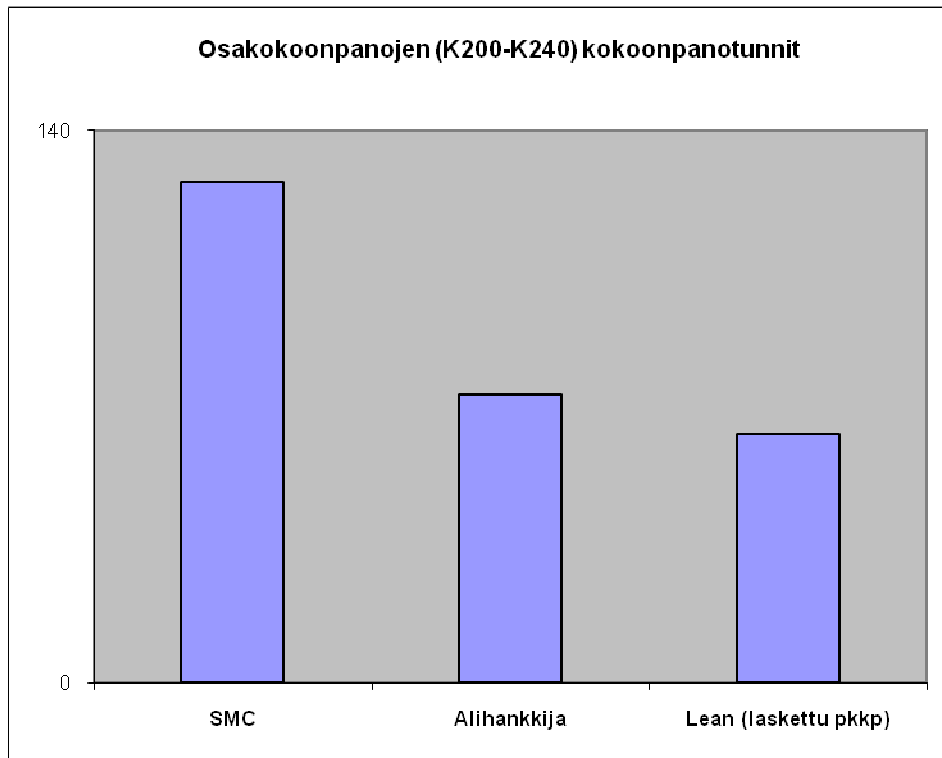
Kuviossa 15 nähdään koko kokoonpanon läpimenoaika aina säiliövarustelusta kiristelyvaiheen loppuun.



*Kuvio 15. Koko kokoonpanon (K200-K600) läpimenoaika.*

Ero linjakokoonpanolla alihankkijan vastaavaan aikaan on n. -15,5 %. Ero laskettuun paikkakokoonpanon läpimenoaikaan nähden on n. -6,5 %.

Kuviosta 16 voidaan tarkastella osakokoonpanojen, säiliö-, maski-, vaihteisto-, moottori- ja akselivarusteluihin käytettyä aikaa. Vertailussa havaitaan, että SMC:n tekemät osakokoonpanot ylittävät lähes puolella tavoitteen.

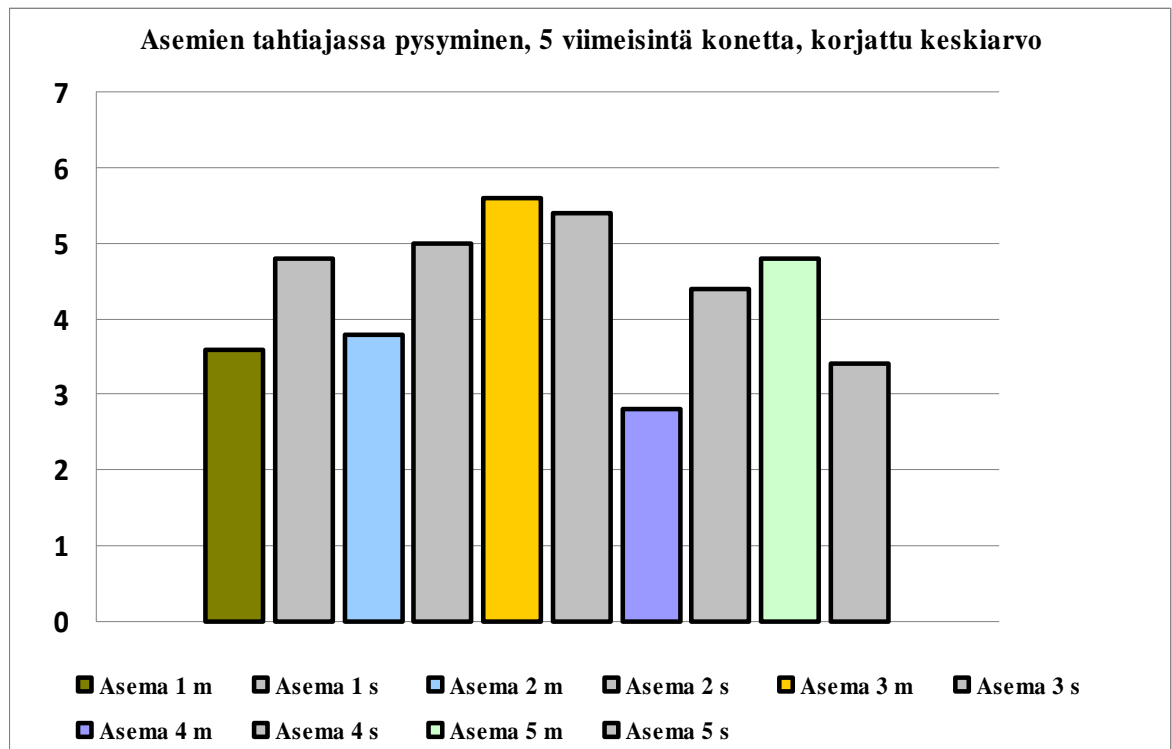


Kuvio 16. Osakokoonpanojen (K200-K240) käyttämät tunnit.

## 6.2 Tahtiaika

Kuviossa 17 esitetään kokoonpanolinjan asemien todellinen tahtiaika (tilanne 6.5.2009). Kuviossa on eroteltu mekaniikka- ja sähköasennukset erikseen ja ne ilmoitetaan kuviossa tunnuksella Asema x (m)ekaniikka ja Asema x (s)ähkö. Värillinen palkki merkitsee aseman mekaniikka-asennuksia ja tämän palkin oikealla puolella oleva harmaa palkki kyseisen aseman sähköasennuksia.

Kustakin asemasta on määritetty käytetyt työpäivät ensimmäisen ja viimeisen merkinnän perusteella. Tämän jälkeen on otettu 5 viimeisintä konetta, joista on tehty vaiheseurantakirjaukset vaiheseurantalomakkeeseen., laskettu 5:n koneen työpäivät yhteen, vähennetty 6 päivää, jotka keskimäärin sisältyvät vapaapäivien muodossa 5:n koneen tahtiaikaan (lauantait ja sunnuntait) ja lopuksi otettu keskiarvo tuloksesta.



*Kuvio 17. Asemien tahtiajassa pysyminen.*

Kuviosta voidaan havaita, että ensimmäisen, toisen ja neljännen aseman tilanne on mekaniikka-asennusten osalta keskimäärin hyvä, sillä näillä asemilla on saavutettu 4:n päivän tavoitetahtiaika. Asemat kolme ja viisi ylittävät tavoitetahtiajan n. 0,8-1,5:llä työpäivällä. Sähköasennusten osalta tavoitteeseen päästään toistaiseksi vain asemalla 5. Muilla asemilla tavoitteesta jäädyään 0,4 – 1,6 työpäivää.

## **7 HAVAINNOT, SEURANTA, KEHITYSKOhteet**

### **7.1 Havainnot – tahtiaika, vaiheistus**

Kuten edellisen tahtiaikakuviosta (kuvio 16) voidaan nähdä, mekaniikan osalta kolmannessa ja viidennessä asemassa ylitetään tavoitetahtiaika.

Viidennen aseman tilannetta selittää se, että tässä asemassa tapahtuu koneen käynnistys, jolloin yleensä havaitaan edellisissä asemissa mahdollisesti tapahtuneet puutteelliset asennukset, kuten esimerkiksi löysään jääneet letku- tai putkiliitokset tai löysässä olevat liittimet, jotka aiheuttavat hydraulijärjestelmään vuotoja. Nämä joudutaan tietenkin korjaamaan, johon kuluu aikaa ja lisäksi aikahukkaa muodostuu myös, kokoonpanovirheen vakavuudesta riippuen, öljyn puhdistuksesta koneesta sekä lattialta.

Aseman 3 työmäärä on eräs selittävä tekijä tämän aseman tahtiaikatavoitteen ylitykseen. Nopea korjaus tälle saataisiin muuttamalla vaiheistusta siirtämällä asennuksia asemalle neljä, jossa on vielä ajallisesti tilaa tehdä ”ylimääräisiä” töitä.

Sähköasennusten osalta ongelmat kasautuvat asemille yhdestä kolmeen. Selittävänä tekijänä ovat pääsääntöisesti aina johtosarjat, joiden toimituksissa ja laadussa on ongelmia. Lyhyesti selitettynä toimitus- ja laatuongelmat johtuvat tilausten ajoituksesta, jossa työn avaus tapahtuu liian myöhään ja tilauksia ei saada lähtemään ajoissa, ja suunnittelumuutoksista, joita tehdään jatkuvasti lyhyellä aikavälillä ajoittain samaankin johtosarjaan peräkkäin. Mikäli viivästys ei johdu puuttuvasta johtosarjasta, saattaa kyse olla toimittajan valmistusvirheestä tai siitä, että toimittajalla ei ole käytettävissä johtosarjan valmistuksessa tarvittavia komponentteja, kuten liittimiä. Valmistusvirheen kohdalla osassa tapauksista ilmoitus muutoksesta ei ole saavuttanut toimittajaa ajoissa, jolloin toimittaja luonnollisesti toimii viimeisimmän tietonsa mukaan, jolloin sarjoja toimitetaan vanhojen piirustusten mukaan, jotka eivät sovi yhteen uusitun sähköjärjestelmän kanssa. Tällöin sarjoja korjataan omatoimisesti tehtaalla tai pahimmassa tapauksessa joudutaan tilaamaan kokonaan uudet sarjat, joiden toimituksessa saattaa kestää useita viikkoja.

## 7.2 Havainnot – läpäisy aika

Linjakokoonpanossa saavutettu keskimääräinen taka- ja eturungon kokoonpanon, sähkötöiden ja kiristelyn yhteenlaskettu läpäisy aika on erinomainen. Viimeisimmän



tämän työn taustamateriaaliksi otetun koneen kohdalla päästiin jo muutaman prosenttiyksikön päähän tavoitteeksi asetetusta 40 %:n linjatuntien supistamisesta.

Huomioitavaa on kuitenkin se, että kokoonpannut koneet ovat pääasiassa olleet varusteiltaan lähes peruskoneita, eli ylimääräisiä erikoisempia ja vaativampia optiovarusteita, kuten sammutusjärjestelmiä tai hydraulista jarrujen vapautusta ei tehty linjalla kuin muutamia tai ei ollenkaan. Yleisimmät optiot on kuitenkin testattu pilottikokoonpanona ja vaiheistettu linjalle, joten kunhan uudet ja muutosten alle joutuvat optiot on vain suunniteltu loppuun asti ja vielä testattu pilottikoneella, ei ongelmaa tältä osin kuuluisi olla.

Kokonaisläpäisyajasta, joka sisältää myös osakokoonpanot on havaittavissa tämän hetken pullonkaula, joka on tullut useasti jo linjallakin ilmi rungon odotteluna. Osakokoonpanoissa, erityisesti säiliövarustelussa ja säiliöiden asennuksessa on huomattavasti kehittämisen varaa. Keskimäärin osakokoonpanoihin on kulunut puolet enemmän aikaa verrattuna oletusaikaan verrattuna.

Tämä on tehtaassa kuitenkin jo havaittu ja kehitysprojekti on näiltä osin aloitettu, joten tuloksia on odotettavissa tällä alueella.

### 7.3 Havainnot – SOP-ohjeiden vaikutus

SOP-vastaavan laatimilla työhjeilla on ollut merkittävä vaikutus kokoonpanon sujuvuuteen. Ohjeiden ansiosta kokoonpano voidaan suorittaa seuraamalla yhtä selkeää tietolähdettä, ilman useiden työpiirustusten selausta. Tämä on äärimmäisen hyödyllistä putkien ja letkujen asennuksessa, joissa ennen on ollut ongelmia oikean järjestyksen hakemisessa.

## 7.4 Havainnot – kokoonpanon laatu

Eräs mittari kokoonpanon laadulle on kiristelyvaiheeseen käytetyn ajan määrä. Kuten kuviosta 13 ja 14 voidaan nähdä, keskimäärin linjakoneisiin käytetty kiristelyaika on samalla tasolla lasketun kiristelyajan kanssa ja yksittäisiä koneita tarkasteltaessa viimeisimmän koneen kohdalla päästiin jopa puoleen laskettuun vertailu aikaan nähden. Myös koeajomerkinnät ovat huomattavasti vähentyneet. Seitsemän koneen keskimääräinen huomautusten määrä oli 9 huomautusta, jota voidaan verrata alihankkijan vastaavaan lukuun joka oli 13 huomautusta. Tavoitteeksi olisi hyvä asettaa 0 huomautusta, joka on mahdollista saavuttaa, kunhan koko kokoonpanoprosessia ja sen laatua kehitetään aina säiliöiden varustelusta lähtien. Tehtaan virallisella laatuindeksimittarilla mitattuna maaliskuun 2009 parhaimman ja kolmanneksi parhaimman tuloksen saavutti linjalla kokoonpantu kone.

## 7.5 Seuranta

Kokoonpanon seuranta ja tiedonvälitystä varten on otettu käyttöön ja myös kehitetty apuvälineitä, joista kuvaus seuraavissa kappaleissa. Esimerkki asemien 1 - 2 mekaniikka-asennuksista on nähtävissä liitteessä 8, Mekaniikka-asennuksen seurantalomake.

### 7.5.1 Ilmoitustaulut

Ensimmäisen ja neljännen aseman yhteydessä on ilmoitustaulut, jotka ovat SMC:n 5S-standardin mukaisia. Taulujen avulla viestitään ympäristö- ja turvallisuusasioita, tuotantotilannetta, laatuindeksit sekä muut yleiset tuotantoon liittyvät asiat. Lisäksi jokaisen kokoonpantavan koneen mukana liikkuu pienempi koneeseen kiinnitettävä taulu. Koneen mukana liikkuvan taulun sisällöstä tarkempi selvitys seuraavassa kappaleessa

### 7.5.2 Vaiheseuranta

Jokaisen linjalla kokoonpantavan koneen mukana liikkuu seurantataulu (Kuva 5), johon on kiinnitetty työkohtainen vaiheseurantalomake. Mekaniikka- ja sähköasennuksille on omat erilliset lomakkeensa.

Lomakkeessa on viisi saraketta, joista kaksi ensimmäistä sisältävät työohjeen kappalenumerot ja sanalliset kuvaukset kustakin työsakokonaisuudesta. Seuraaviin kolmeen sarakkeeseen merkataan kunkin työvaiheen aloitus- ja valmistumispäivämäärät sekä sen henkilön kuittaus, joka saa kyseisen työvaiheen valmiiksi. Viimeinen sarake on varattu huomioiden kirjaamiseen, joita voivat olla esimerkiksi osan laatu puutteen aiheuttama kokoonpanon viivästys, muut kokoonpanoa haitanneet seikat tai asiat, jotka pitää ottaa huomioon seuraavissa työvaiheissa. Lisäksi vaiheseurantajärjestelmän avulla voidaan seurata tahtiajassa pysymistä (ks. kuvio 16). Tällä lomakkeella pystytään myös tarvittaessa seuraamaan työn edistymistä suoraan paikan päältä, ilman Lean-tietokannan selausta.



*Kuva 14. Kokoonpantavan koneen mukana liikkuva seurantataulu.*

### 7.5.3 Materiaalipuutelistista

Materiaalipuutelistista otettiin käyttöön jo linjaprojektin alussa paitsi linjapilotti koneen materiaalipuutteiden seurantaan, myös muualla tehtaalla. Lista on konekohtainen ja siihen kirjataan kaikki kokoonpanon aikana esille tulleet osapuutteet. Esimerkiksi, jos letkuhäkistä puuttuu letku sen vuoksi, ettei toimittaja ole sitä toimittanut, se kirjataan puutelistalle ja otetaan yhteys letkujen ostoista vastaavaan henkilöön uuden tilaamiseksi. Kirjaamalla puutteet ylös kokoonpantavista koneista ja kokoamalla tieto, voidaan havaita, mikäli jokin tietty osa tai osaryhmä aiheuttaa ongelmia ja ylimääräisiä toimenpiteitä.

### 7.6 Tulevaisuuden kehityskohteet LH514 kokoonpanolinjalla

Tässä kappaleessa esitetään eräitä tulevia tai jo työn alla olevia kehityskohteita perustuen tekemääni taustaselvitykseen kirjallisuuden pohjalta, asentajien ja toimihenkilöiden kanssa käymieni keskustelujen, tuotanto-, ja kehityspalaverien sekä kappaleen viisi läpäisy- ja tahtiaikatuloksiin pohjautuen.

#### Komponenttien laatu

Ilman laadukkaita kokoonpano-osia tehokasta lean- toimintaa ja toimivaa linjakokoonpanoa ei yksinkertaisesti voi olla.

Tällä hetkellä vaikuttaa siltä, että toimittajan toimittaman virheellisen osan aiheuttamiin ylimääräisiin toimenpiteisiin ja kustannuksiin ei suhtauduta tarpeeksi painokkaasti. Kun laatu puute havaitaan, reklamaatiokäsittelijä tekee reklamaation laatu vastaavalle eteenpäin lähetettäväksi, viallinen osa korjataan omalla tehtaalla tai alihankkijalla ja pahimmassa tapauksessa kaikki varastossa olevat kyseiset osat joudutaan korjaamaan tai romuttamaan ja tilaamaan uudet osat. Äärimmäisessä tapauksessa aseman kokoonpano pysähtyy kokonaan osan odottamisen vuoksi ja vähäisen aikavälin kuluttua tämä näkyy ja vaikuttaa koko linjassa. Esimerkiksi jonkin

hitsauksia sisältävän komponentin virheellisen hitsauksen aiheuttamasta laatupoikkeamasta on tässä vaiheessa kehittynyt jo huomattavia kustannuksia. Nämä kerrannaiskustannukset jäävät usein hämärän peittoon eikä niitä välttämättä aina tunnisteta.

Mikäli toimittajilta laskutetaan toimittamansa osan laatupuutteesta, pitää laskun olla niin tuntuva, että se kannustaa parempilaatuisten osien toimittamiseen. Lisäksi pitää selvittää osan laatupuutteen syy ja varmistaa, että samaa ongelmaa ei enää pääse esiintymään. Satunnaisia inhimillisiä virheitä sattuu aina ja niitä ei voida estää, mutta niihin joihin voidaan vaikuttaa, pitää suhtautua vakavasti.

#### Excel- vaiherakenne tuotannonohjausjärjestelmään

Nykyisellään excel-rakenne toimii kuten lajitteija, jolla lajitellaan koneen perinteinen rakenne linjan vaiheille (asemille). Tulevaisuuden kehityskohteena on excel-taulukkomuodossa olevan vaiherakenteen siirto tuotannonohjausjärjestelmään, jolloin keräilyjen koostamisesta saadaan automaattisia. Rakenteen ylläpito on myös eräs kriittinen kehityskohde. Esimerkiksi sellaisen suunnittelumuutoksen mennessä läpi, jossa lisätään jokin osa tuoterakenteeseen, lisätyllä osalla ei ole linjavaihetunnusta, vaan se menee perinteisen rakenteen vaiheiden alle, esimerkiksi K400, joka tarkoittaa koko takarungon loppukokoonpanoa.

#### Tiedonkulun parantaminen, suunnittelu - kokoonpano

Tällä hetkellä tiedonkulussa suunnittelun ja kokoonpanon välillä on ongelmia. Linjalla tiedetään hyvin vähän suunnittelun kaavailemista muutoksista, lisäyksistä ja isommista muutospaketeista, kuten vuosimallipäivityksistä. Säännöllisen, tarpeeksi tiheän palaverikäytännön muodostaminen suunnittelun ja kokoonpanon edustajien välillä olisi eräs keino, joka helpottaisi tätä ongelmaa. Tällä saataisiin myös mahdollisesti avattua sitä solmua, joka havaintojeni mukaan on kokoonpanopuolen ja suunnittelun välillä. Kummallakin osapuolella on omat näkemyksensä toistensa

käytännöistä ja toimintatavoista, jotka eivät välttämättä aina pidä yhtä todellisen tilanteen kanssa. Kunnollisen ja toimivan keskusteluyhteyden luomisella kumpikin osapuoli hyötyy: suunnittelu saisi arvokasta näkemystä lattiatason toiminnasta ja hyödyllistä tietoa suunnitteluprosessiin. Kokoonpano puolestaan pääsisi eroon ”epätietoisuudessa elämisestä”.

#### LH517 saattaminen linjakokoonpanoon soveltuvaksi

Kevään 2009 aikana aloitettu lastarimallin LH517:n saattaminen siihen pisteeseen, että sitä voidaan kokoonpanna linjalla, tulee olemaan haastava projekti. Aikataulu on tiukka ja ensimmäisen LH517-linjaloppikoneen kohdalla on havaittu lukumäärällisesti lähes yhtä paljon isompia ja pienempiä puutteita ja korjattavia asioita, kuin LH514:n kohdalla. Kokoonpanon ja suunnittelun saumaton yhteistyö on ensiarvoisen tärkeää, jotta kone olisi ”linjakunnossa” syksyllä 2009.

#### LH621- soveltuvuus LH514-LH517- linjalle

Kolmas malli linjalle suunnitelluista koneista on lastarituoteperheen suurikokoisin lastari LH621. Tämän mallin fyysiset mitat aiheuttavat nykyiselle LH514-linjalle muutoksia mm. siltanosturien osalta. Esimerkiksi asemalla viisi tehtävät nostot tulevat olemaan erittäin hankalia tai mahdottomia nykyisellä nosturien sijoittelulla.

#### Linjan työntekijöiden roolitukset, asemavastaavat

Vierailulla Wärtsilän Vaasan moottoritehtaalle kävi ilmi, että heillä linjan asemista vastasi asentajatiimit, jonka jäsenet olivat eri tavoin orientoituneita. Esimerkkejä tästä ovat menetelmäorientoitunut ja laatuorientoitunut asentaja sekä vuorottaja. (Wärtsilä Oy, yritysvierailu 23.04.2009). Tällä hetkellä LH514-linjalla on asemilla

asemavastaavat, joiden konkreettinen toimenkuva on vielä hieman epäselvä. Onko järkevää soveltaa asemavastaaviin orientoitumisperiaatetta. Esimerkiksi menetelmäorientoitunut asemavastaava, joka kehittää yhdessä SOP-henkilön avustajana työohjeita, vuorottajana toimiva asemavastaava, joka valvoo tahtiaikatavoitteessa pysymistä ja tekee järjestelyitä, jotta tavoitteessa pysyttäisiin. Laatuorientoitunut asemavastaava, joka on vastuussa linjalla esille tulevista ongelmista osien laadussa ja toimii yhteistyössä reklamaatiokäsittelijöiden kanssa.

### Ongelmatilanteiden visualisointi ja ratkaisu

Käytäntö kokoonpanossa esiintyvään ongelmaan reagoinnissa ei ole tällä hetkellä aivan selvä. Myös viestinnässä ongelman ratkaisusta vastuussa olevalle henkilölle tai henkilöille on kehittämisen varaa. Yritysvierailulla Ponsen Vieremän tehtaalle ja Wärtsilän Vaasan tehtaalle havaittiin, että heillä oli toiminnassa ns. ”hälytysryhmä”, joka kutsuttiin välittömästi ”nappia painamalla” paikalle, mikäli jokin ongelma ilmeni. Kokoonpanolinjan asemassa oli fyysisesti painike, jota painamalla lähti automaattisesti tekstiviestit vastuullisille henkilöille, joiden oli tietyn ajan sisällä hälytyksestä käytävä kuittaamassa hälytys hälytyksen tehneessä asemassa.

Asemien tilannetta pystyi myös seuraamaan kaikkialta linjalla olevien näyttöjen avulla. Näytöissä oli nähtävissä kunkin kokoonpanoaseman hälytystila: tilanne normaali, hälytys tehty tai hälytys kuitattu, eli ongelmaan etsitään ratkaisua. (Wärtsilä Oy yritysvierailu 23.04.2009; Ponsse Oy, yritysvierailu 05.06.2008).

## 8 YHTEENVETO

Kokonaisuutena arvioiden vuoden 2008 toukokuun lopulla alkanut linjakokoonpanoprojekti on tähän mennessä onnistunut hyvin, etenkin kun otetaan huomioon lähtötilanne, alkaen siitä, kuinka erikoinen tuote kaivoslastari linjakokoonpanoon on.

Linjakokoonpanon kehitystyön tulos on suoraan nähtävissä kokoonpanon läpimenoajan lyhentymisenä. Alkuperäinen tavoite oli 40 %:n vähennys loppukokoonpanon läpimenoajasta verrattuna paikkakokoonpanon vastaavaan aikaan. Kehitys kulkee myönteiseen suuntaan ja yhden laitteen kohdalla tavoite on jo saavutettu. Jatkuvaa kehitystyötä kuitenkin tarvitaan, jotta hyviä tuloksia saavutetaan myös tulevaisuudessa, myös lukuisat ongelmat tarvitsevat edelleen ratkaisua, joista tärkeimpiä tuotiin esille kappaleessa 7.6.

Kehitystyön tuomia vaikutuksia tehtaan toimintaan on useita. Suoraan havaittava on tietysti kokoonpanon läpimenoajan supistaminen, jonka avulla varaston kiertonopeutta saadaan kasvatettua ja tätä kautta varastoon sitoutuneen pääoman arvoa laskettua. Myynti kykenee myös tarjoamaan laitteita lyhyemmällä toimitusajalla, joka saattaa olla ratkaiseva tekijä asiakkaan tehdessä valintaa kohdeyrityksen ja kilpailevan yrityksen tuotteiden välillä.

Vielä toimitusaikaakin enemmän asiakkaan tekemään valintaan vaikuttaa kuitenkin ostettavan laitteen laatu ja luotettavuus. Laatua linjakokoonpanossa pyritään tekemään kokoonpanon vaiheistuksen ja ennalta sovitun työjärjestyksen avulla. Henkilökohtaisista ”asennusnäkemyksistä” aiheutuva kokoonpanon variaatio saadaan minimiin ja laitteista samankaltaisia. Myös yhteistyö kokoonpanon ja suunnittelun välillä on tiivistynyt.

Laadukas laite helpottaa asiakkaan huoltotyötä ja yrityksen huolto-osaston työtä. Koneessa on käytetty vain yhtä ja samaa kokoonpanotapaa, jolloin huoltaminen ja varaosien toimittaminen on helpompaa verrattuna tilanteeseen, jossa jokainen laite on



”uniikkikappale”, sisältäen kokoonpanoratkaisuja ja osia, joita ei välttämättä löydy muista saman mallin laitteista.

Vaiheistus auttaa kokonaisuuden hallinnassa, sillä pienemmissä kokoonpanokokonaisuuksissa ongelmat, kuten esimerkiksi komponenttitoimittajien toimittamien osien laatupuutteet tai suunnitteluosaston tekemät virheet tulevat herkemmin esille.

Hyvin suunnitellulla ja toimivalla kokoonpanolinjan layoutilla, tekemällä 5S-toimista standardikäytäntö (kokoonpanopaikalla vain tarpeellista välineistöä kokoonpanon suorittamiseen, sekä välineistön kunnossa- ja järjestyksessäpito) ja tekemällä jatkuvaa kehitystyötä, vaikka välillä vain pieninkin askelin, voidaan viestiä muualle tehdasympäristöön, että suurtenkin muutosten läpivieminen onnistuneesti on mahdollista. Uskon myös, että tämä auttaa lieventämään muutosvastarintaa, mikäli linjakokoonpanoa tullaan tehtaalla laajentamaan muihin konemalleihin.

Liittyen vahvasti edellämainittuun kokoonpanon laatuun ja toimitusaikojen lyhentämiseen, onnistuneella linjakokoonpanon toteutuksella on vaikutusta myös siihen, millainen kuva yrityksestä viestittyy ulospäin. Vastaamalla nopeasti asiakastarpeeseen ja toimittamalla korkealaatuisia laitteita, voidaan vahvistaa yrityksen imagoa luotettavana yhteistyökumppanina. Tämä on erityisen tärkeää varsinkin nykyisessä maailmantilanteessa, jossa on vaivuttu vähintäänkin taloudelliseen taantumaa, eikä varmasta noususta ole toistaiseksi selviä merkkejä.

Työturvallisuus on tärkein tekijä, johon linjakokoonpanon kehittämisellä ja siihen liittyvillä ratkaisuilla on vaikutettu. Suunniteltujen työkokonaisuuksien ja työohjeiden ansiosta kokoonpanotyö on huomattavasti ennakoitavampaa. Esimerkkinä raskaat nostot on suunniteltu siten, että ne on mahdollista suorittaa jokaisella nostokerralla samaa mahdollisimman lyhyttä reittiä kokoonpanopaikalle, käyttäen tarkoituksenmukaisia nostotyökaluja ja aputyövälineitä.

Uudet kokoonpanon aputyökalut, kuten puomin varassa olevat paineilmaletkukelat tai akkutyökalut parantavat huomattavasti työergonomiaa ja turvallisuutta vähentämällä esimerkiksi kompastumisriskiä.

Lisäksi kokoonpanoasemilla on otettu käyttöön nousutasoja ja kaiteellisia telineitä, jotka vähentävät riskiä pudota koneen rungon päältä.

Myös kaikenlaisen hiomisen, hitsauksen ja poraamisen poistolla kokoonpanosta vältetään näiden työmenetelmien tuomilta työterveysriskeiltä.

## 9 LÄHTEET

### **Kirjalliset lähteet**

Andersin, Hans; Karjalainen, Jouko; Laakso, Terho 1994. Suoritusten mittaus ohjausvälineenä. Tampere: Tammer-Paino Oy

Chambers, Stuart; Johnston, Robert; Slack, Nigel 2004. Operations Management. Essex: FT Prentice Hall

Eloranta, Eero & Räisänen, Juha 1986. Ohjattavuusanalyysi. Helsinki: KYRIIRI

Hiroyuki Hirano 1995. 5 Pillars of the Visual Workplace. Portland OR: Productivity Inc.

Kauppinen, Pekka; Kivistö, Ismo & Strömberg Oiva 1985. Tuotannonohjaus metalliteollisuudessa. Helsinki: Valtion painatuskeskus.

Kauppinen, Veijo; Lapinleimu, Ilkka & Torvinen, Seppo 1997. Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo: WSOY.

The Productivity Press Development Team 1996. 5S for Operators 5 Pillars of the Visual Workplace. New York: Productivity Press

Stevenson, William J. 2007. Operations Management. New York: McGraw-Hill Irwin

### **Yritysvierailut**

Ponsse yritysvierailu 05.06. 2008

Fläkt Woods yritysvierailu 13.06. 2008

Valtra yritysvierailu 24.04. 2009

Wärtsilä yritysvierailu 23.04. 2009

### **Sähköiset lähteet**

Sandvik Intranet

## LHDs

## Underground loaders (LHDs)

Sandvik LHD loaders are developed for the toughest of underground applications, with overall production economy, safety and reliability in mind. With FEA-optimized frames, powerful prime movers, advanced drive train technology, four-wheel drive, articulated steering and ergonomic controls, they are extremely rugged, highly maneuverable and exceptionally productive. With tramping capacities from 1 to 25 metric tons, they are available in both diesel and electric versions.

## LHDs

Sandvik diesel-powered LHD loaders are equipped with efficient, low-emission diesel engines. All important auxiliary functions and safety features come as standard. Combining smart geometry with powerful thrust, high breakout forces and responsive controls, they fill the bucket quickly and optimally while ensuring optimum operator safety and comfort. This, together with high tramping speeds, gives very fast cycle times, resulting in extremely high productivity and a low cost per ton shifted.



Models	Former name	Capacity kg	Operating weight kg	Total length mm	Max. width mm	Height w. safety canopy/ cabin mm
LH201	Microscoop 100	1000	3650	4650	1055	2045
LH202	EJC 65D	2948	6759	5486	1448	2134
LH203	TORO 151	3500	8700	6970	1480	1840/1740
LH307	TORO 6	6700	18020-19600	8631	2230	2200
LH410	TORO 7	10000	26200	9680	2550	2395
LH514	TORO 9	14000	38100	10870	2920 (with cabin)	2540
LH517	TORO 0010	17200	44000	11120	3000	2750
LH621	TORO 11	21000	56800	11993	3100	2950

## Electric LHDs

Sandvik environmentally friendly electric LHD loaders emit very low noise and no exhaust fumes, thus ensuring a better working environment and reduced mine ventilation costs. Equipped with all important auxiliary and safety features as standard, they combine smart geometry with powerful thrust, high breakout forces, responsive controls and high tramping speeds. The result is fast bucket filling, high fill factors and fast cycle times, resulting in very high productivity and a low cost per ton shifted.



Models	Former name	Capacity kg	Operating weight kg	Total length mm	Max. width mm	Height w. safety canopy/ cabin mm
LH201E	Microscoop 100E	1000	3850	4850	1055	2045
LH202E	EJC 65E	2948	7130	5842	1448	2134
LH203E	TORO 151E	3500	9400	6995	1480	1840
LH306E	EJC 145E	6600	17237	8407	2159	2235
LH409E	TORO 400E	9600	24500	9736	2525	2320
Sandvik 1400E	TORO 1400E	14000	33850	10116	2700	2540
LH625E	TORO 2500E	25000	77500	14011	3900	3161

## Low profile loaders

With capacities from 5,500 kg to 9,600 kg Sandvik offers a wide range of low profile loaders that are engineered to work in the toughest of applications. Plenty of tractive effort and high break out forces give these low profile machines the edge they need for fast, one-pass loading.



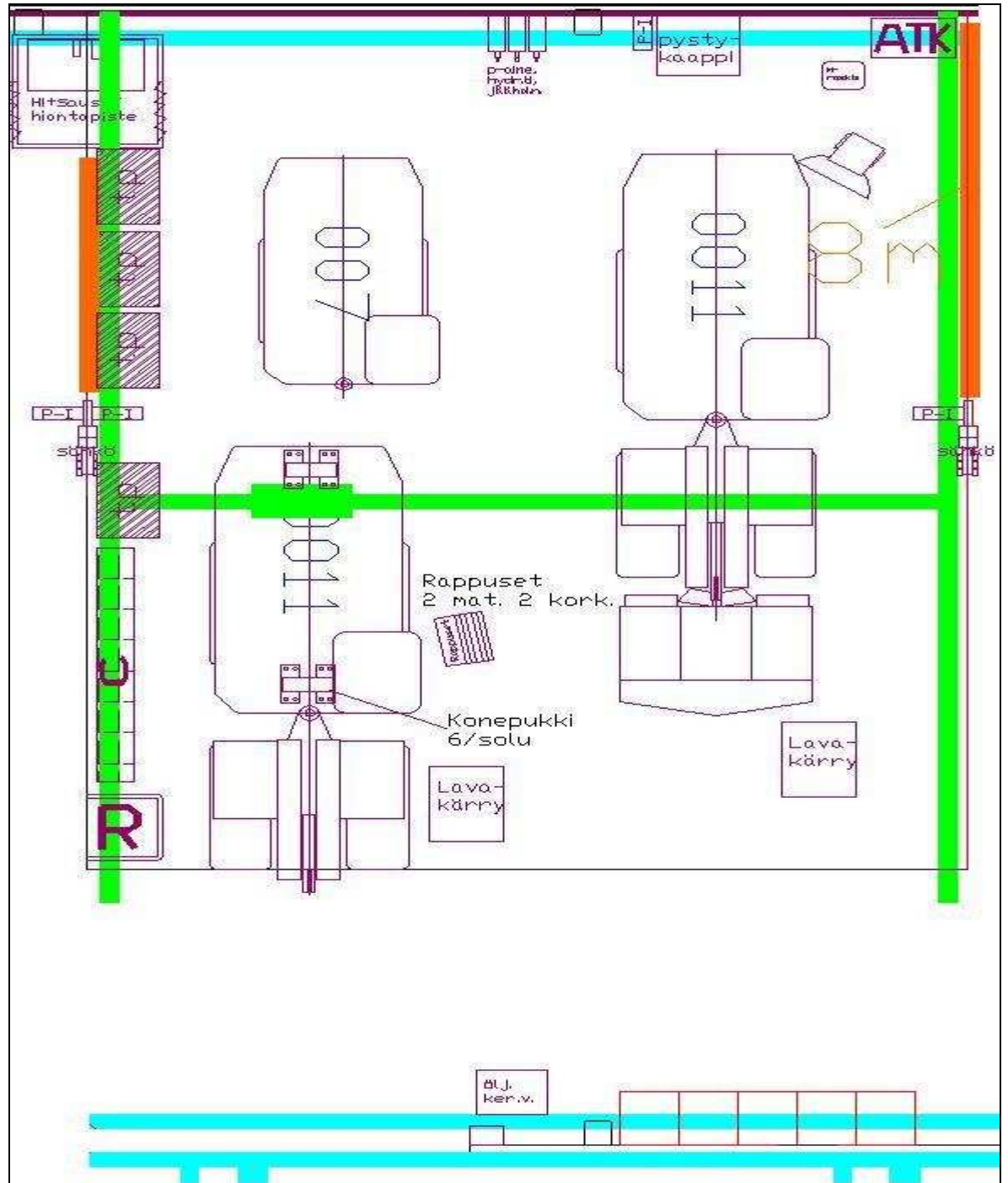
Models	Former name	Capacity kg	Operating weight kg	Total length mm	Max. width mm	Height mm
Sandvik 115	EJC 115LP	5500	15658	7817	2273	1600
LH209L	TORO 400LP	9600	24300	9240	3260	1690

Vaihetunnukset.

**Lihavoituina** ne vaiheet, joihin suoritetaan keräily paikkakokoonpanon ollessa kyseessä.

<b>Vaihe</b>	<b>Nimi</b>
K100	Keräily
K200	Säiliöiden varustelu
K210	Moottorivarustelu
K220	Vaihteistovarustelu
K230	Maskivarustelu
K240	Akselivarustelu
K250	Eturunkovarustelu
K260	Putkentaivutus
K270	Sähköosakokoonpanot
K300	Säiliöiden asennus
K400	Loppukokoonpano
K450	Sähkötyöt
K460	Pakoputkivalmistus
K500	Koeajo
K600	Kiristely
K700	Loppumaalaus
K800	Viimeistely
K900	Lähetys
S100	Suunnittelu
Z100	Korjaustyö
Z200	Muutostyö
Z400	Pelivara

Esimerkki solulayoutista (Sandvik Mining and Construction)





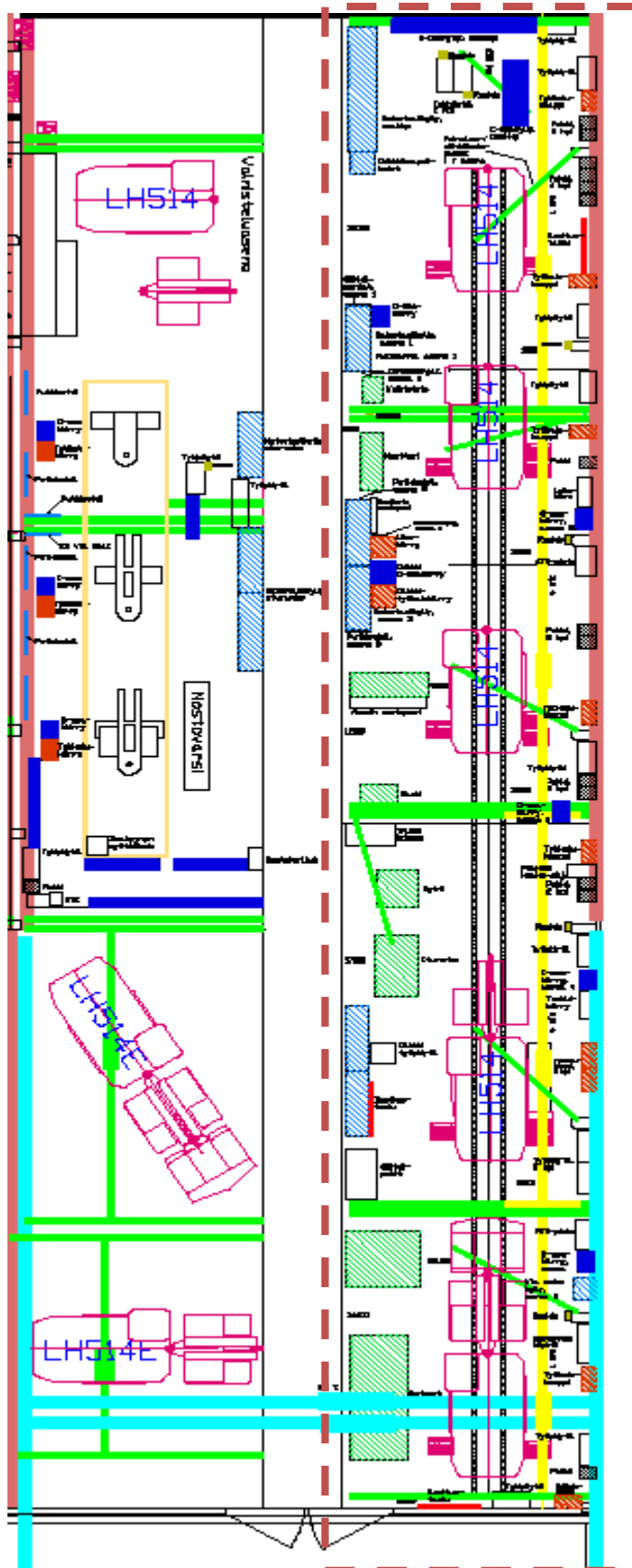
Excel- rakennetaulukko

1	A	B	C	D	E	G	K	L	M	N	Q	R	S	T	U	
2	ALAKÄYTTÖALUE (AA-10) NURKKA-SÄBELLÄÄNÄ															
3	1	2	3	4	5	6	7	8	9							
4	1	2	3	4	5	6	7	8	9							
5	1	2	3	4	5	6	7	8	9							
6	Nimikö n. tunnus	Ltyht nimi	Yks	Osto	Osaklg	Dptio	Talteenes	Huom	ASEM1	ASEM2	ASEM3	ASEM4	ASEM5	ASEM6	ASEM7	
3653	0-REINÄS		5 lpt	Oste C-mra			VOMANSRITTOHYDRAULIIKKA									
3654	14-421428		1 lpt	Oste C-mra			VOMANSRITTOHYDRAULIIKKA									
3655	64-312195	VALAJAKKERTIMEN KUUS	5 lpt	Oste C-mra			VOMANSRITTOHYDRAULIIKKA									
3656	64-312548	VALAJAKKERTIMEN KUUS	2 lpt	Oste C-mra			VOMANSRITTOHYDRAULIIKKA									
3657	64-312821	RUOHU	8 lpt	Oste C-mra			VOMANSRITTOHYDRAULIIKKA									
3658	64-318423	TEPSIKKERTIMEN KUUSI	24 lpt	Oste C-mra			VOMANSRITTOHYDRAULIIKKA									
3659	54-251999	HYDRAULILEIKU	1 lpt	Oste rakkilera			VOMANSRITTOHYDRAULIIKKA									
3670	54-252182	HYDRAULILEIKU	1 lpt	Oste rakkilera			VOMANSRITTOHYDRAULIIKKA									
3671	54-252183	HYDRAULILEIKU	1 lpt	Oste rakkilera			VOMANSRITTOHYDRAULIIKKA									
3672	64-22-6554	HYDRAULILEIKU	1 lpt	Oste rakkilera			VOMANSRITTOHYDRAULIIKKA									
3673	64-22-5128	HYDRAULILEIKU	1 lpt	Oste rakkilera			VOMANSRITTOHYDRAULIIKKA									
3674	64-19-21-68	KULMALIITIN	2 lpt	Oste C-mra			VOMANSRITTOHYDRAULIIKKA									
3675	64-18-24-91	1-LIITIN	1 lpt	Oste C-mra			VOMANSRITTOHYDRAULIIKKA									
3676	54-22-39-34	HYDRAULILEIKU	1 lpt	Oste rakkilera			VOMANSRITTOHYDRAULIIKKA									
3677	54-21-59-43	HYDRAULILEIKU	1 lpt	Oste rakkilera			VOMANSRITTOHYDRAULIIKKA									
3678	64-22-44-92	HYDRAULILEIKU	1 lpt	Oste rakkilera			VOMANSRITTOHYDRAULIIKKA									
3679	54-21-59-37	PUIKE	1 lpt	Oste osavalm. pteki			VOMANSRITTOHYDRAULIIKKA									
3680	64-19-19-14	VALAJAKKERTIMEN KUUS	4 lpt	Oste C-mra			VOMANSRITTOHYDRAULIIKKA									
3681	54-31-59-44	KUMHOLKKI	2 lpt	Oste profiilit			VOMANSRITTOHYDRAULIIKKA									
3682	54-31-59-44	PUIKE	4 lpt	Oste profiilit			VOMANSRITTOHYDRAULIIKKA									
3683	54-31-59-45	PUIKE	4 lpt	Oste profiilit			VOMANSRITTOHYDRAULIIKKA									
3684	64-27-51-06	NYLON-MUTTERI	4 lpt	Oste C-mra			VOMANSRITTOHYDRAULIIKKA									
3685	54-31-89-93	HYDRAULILEIKU	1 lpt	Oste rakkilera			VOMANSRITTOHYDRAULIIKKA									
3686	54-31-89-92	HYDRAULILEIKU	1 lpt	Oste rakkilera			VOMANSRITTOHYDRAULIIKKA									
3687	54-31-89-97	KOKKOPANO	1 lpt	Valuainehko			VOMANSRITTOHYDRAULIIKKA									
3688	64-27-0-25	PUIKE	4 lpt	Oste C-mra			VOMANSRITTOHYDRAULIIKKA									
3689	64-27-0-19	VALAJAKKERTIMEN KUUS	1 lpt	Oste C-mra			VOMANSRITTOHYDRAULIIKKA									
3690	64-27-0-14	RUOHU	4 lpt	Oste C-mra			VOMANSRITTOHYDRAULIIKKA									
3691	64-27-0-14	KUMHOLKKI	2 lpt	Oste C-mra			VOMANSRITTOHYDRAULIIKKA									
3692	64-27-0-14	MUTTERITANKO	4 lpt	Oste C-mra			VOMANSRITTOHYDRAULIIKKA									
3693	64-27-0-14	LEFF	1 lpt	Oste profiilit			VOMANSRITTOHYDRAULIIKKA									
3694	64-27-0-17	PUIKE	3 lpt	Oste profiilit			VOMANSRITTOHYDRAULIIKKA									
3695	64-27-0-19	KANNAKIN	2 lpt	Oste profiilit			VOMANSRITTOHYDRAULIIKKA									
3696	64-27-0-19	KINNITIN	2 lpt	Oste C-mra			VOMANSRITTOHYDRAULIIKKA									
3697	64-27-0-21	PUIKE	4 lpt	Oste C-mra			VOMANSRITTOHYDRAULIIKKA									
3698	64-27-0-23	VALAJAKKERTIMEN KUUS	4 lpt	Oste C-mra			VOMANSRITTOHYDRAULIIKKA									
3699	64-27-0-23	VALAJAKKERTIMEN KUUS	4 lpt	Oste C-mra			VOMANSRITTOHYDRAULIIKKA									
3700	64-51-64-02	TASSALUSLAATTA	4 lpt	Oste C-mra			VOMANSRITTOHYDRAULIIKKA									
3701	64-97-27-44	RUNGON SÄHKÖLÄITTEET	1 lpt	Valuainehko			RUNGON SÄHKÖLÄITTEET SMOD									
3702	64-96-64-57	VALAISIN	2 lpt	Oste profiilit			RUNGON SÄHKÖLÄITTEET SMOD									
3703	64-97-19-47	POLTTIMO	8 lpt	Oste C-mra			RUNGON SÄHKÖLÄITTEET SMOD									
3704	64-96-64-57	VALAISIN	2 lpt	Oste profiilit			RUNGON SÄHKÖLÄITTEET SMOD									
3705	64-96-64-57	VALAISIN	4 lpt	Oste profiilit			RUNGON SÄHKÖLÄITTEET SMOD									
3706	64-96-64-57	VALAISIN	4 lpt	Oste profiilit			RUNGON SÄHKÖLÄITTEET SMOD									
3707	64-96-27-16	VALAISIN	2 lpt	Oste profiilit			RUNGON SÄHKÖLÄITTEET SMOD									
3708	64-96-27-16	VALAISIN	2 lpt	Oste profiilit			RUNGON SÄHKÖLÄITTEET SMOD									
3709	64-96-27-12	PÖRKETTIN	1 lpt	Oste profiilit			RUNGON SÄHKÖLÄITTEET SMOD									
3710	64-25-24-29	BEHINKENANTOLAITE	1 lpt	Oste profiilit			RUNGON SÄHKÖLÄITTEET SMOD									
3711	64-25-24-29	BEHINKENANTOLAITE	1 lpt	Oste profiilit			RUNGON SÄHKÖLÄITTEET SMOD									
3712	64-27-0-19	AKKO	2 lpt	Oste profiilit			RUNGON SÄHKÖLÄITTEET SMOD									
3713	64-27-0-19	KUMILEFF	2 lpt	Oste profiilit			RUNGON SÄHKÖLÄITTEET SMOD									
3714	64-19-19-14	SUOJARUPE	1 lpt	Oste C-mra			RUNGON SÄHKÖLÄITTEET SMOD									
3715	64-19-19-14	KYTKINLAITTEIDEN LIS	1 lpt	Oste profiilit			RUNGON SÄHKÖLÄITTEET SMOD									
3716	64-19-19-19	HEIKESIS-PÄRMIK	2 lpt	Oste profiilit			RUNGON SÄHKÖLÄITTEET SMOD									
3717	64-23-27-06	MOLEKTERIRASTE	2 lpt	Oste osavalm. pteki			RUNGON SÄHKÖLÄITTEET SMOD									
3718	64-23-27-09	LEHTIN	2 lpt	Oste osavalm. pteki			RUNGON SÄHKÖLÄITTEET SMOD									

1. Nimikenumero
2. Nimikkeen nimi
3. Kappale määrä
4. Osan ohjaustyyppi
5. Osan merkintä osakokoonpanoon
6. Osan merkintä optiksi
7. Rakenteen nimi
8. Huomiokenttä
9. Osan merkintä asemaan



LH514- takarunkolinjan layout (katkoviiva)



## Asemien nostot

Nostokohde	Nostot 3,2 t (kpl)	Nostot 25 t (kpl)
<b>Asema 1</b>		
Pienosakokoonpanot	3	
Lokasuojat	2	
Ohjaussylierit	2	
Oskillointi	1	
yht.	8	
<b>Asema 2</b>		
Vaihteisto	1	
Moottori	1	
Avohytin korotuspala	1	
Pakoputkisto (äänenvaimennin)	1	
yht.	4	
<b>Asema 3</b>		
Taka-akseli	1	
Ilmastointilaite	1	
Kardaaniakseli	1	
Maski	1	
Ilmansuodattimen kannatin	1	
Paisuntasäiliö	1	
yht.	6	
<b>Asema 4</b>		
Eturunko		1
Ohjaamo	1	
ROPS-tanko	1	
Konepeitot	3	
yht.	5	1
<b>Asema 5</b>		
Koneen nosto tav. pukeille		1
Kauha		1
Renkaat		4
yht.		6



## Vaihe seuranta – mekaniikka-asennus, asemat 1-2

Työohjeen kpl	Työ 14D342-1	Aloitettu	Valmis	Valmist.	HUOM. (Kirjota vaihtunus ennen huomioonottoa)
ASEMA 1					
2.1.1	Putket - keskusraivaus - jarruhydrauliikka - jarruuhutelu - imuputkijohdot - paluulinjat - hätäohjaus - ilmastointi - ohjaushydrauliikka				
2.1.2	Letkut - Paluulinjat - Jäähdyttimen hydraulikka				
2.1.3	Ohjaussylinterit				
2.1.8	Lokasuojat				
2.1.9*	Suojakaiteet				
2.2.1	Putket - jäähdytyskaivo - ohjaushydrauliikka - muuntimen lukko - hätäohjaus - paluulinjat - kaukayhteyden hydraulikka - voimansiirtohydrauliikka				
2.2.2	Oskillaarit				
2.2.3	Letkut - Jarruuhutelu				
2.2.4	*Umphytin kannakkeet				
2.2.5	Vetokoukun asennus				
2.2.6	Vetotapin asennus				
2.2.7	Hydr. vetokoukku + letkut moottorilta				
ASEMA 2					
2.3.1	Vaihteisto				
2.3.2	Nivelakseli, taakan				
2.3.3	*Wiggins apukaluste				
2.3.4	*Vaihteiston lämmitys				
2.3.5	Putket - Ohjaushydrauliikka				
2.3.6*	Ansul				
2.3.7	Moottori				
2.3.8	Letkut - hoitainepurkki - muuntimen lukko - voimansiirtohydrauliikka - ohjaushydrauliikka				
2.3.9	Kaukayhteyden hydraulikka				
2.4.1	Hyttin asennuksen valmistelu				
2.4.2	Letkut - kaukayhteyden hydraulikka - ohjaushydrauliikka - paluulinjat - imuohjaukset - jäähdyttimen hydraulikka - muuntimen huohotin - jarruhydrauliikka - polttainelementit				
2.4.3	Pakoputkisto				

