

Markus Mäki

Vaippakourujen hiontatyöpisteen suunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Kone- ja tuotantotekniikka
Insinööri
22.12.2012

Tekijä Otsikko	Markus Mäki Vaippakourujen hiontatyöpisteen suunnittelu
Sivumäärä Aika	38 sivua + 4 liitettä 9.1.2013
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tuotantotekniikka
Ohjaajat	Yliopettaja Arto Haapaniemi Tuotantopäällikkö Mikko Marjosalmi
<p>Tämä insinöörityö tehtiin High Metal Production Oy:lle, joka on erikoistunut ruostumattomien terästen laserhitsaukseen ja laserleikkaukseen. Tavoitteena oli löytää ratkaisu, jolla estetään hiontapölyn leviäminen, joka syntyy HMP:llä osaksi valmistettavien vaippakourujen hionnasta ja korjaushitsauksesta. Lisäksi haluttiin vaimentaa melua, joka syntyy vaippakourujen hionnassa, sekä helpottaa vaippakourujen siirtelyä. Ongelman ratkaisussa hyödynnettiin Lean-tuotantofilosofian ajatuksia.</p> <p>Työssä suunniteltiin modulaarinen suojaseinärakenne, joka estäisi hiontapölyn leviämisen kaikkialle tuotantotiloihin. Suojaseinärakenne koottaisiin hiontatyöpisteen ympärille ja kouruja siirreltäisiin rullaratoja pitkin. Suojaseinärakenteesta ja rullaradoista tehtiin layout-suunnitelma ja tämän jälkeen suojaseinärakenne mallinnettiin CAM-ohjelmistolla.</p> <p>Tuloksena saatiin suojaseinärakenteelle kaksi 3D-mallia, jotka koostuvat moduuleista. Suojaseinärakenne saadaan nopeasti pystytettyä tarvittaessa. Sen materiaaleille laskettiin arvioitu kustannus. 3D-mallin ja kustannuslaskennan avulla voidaan tilata tässä insinöörityössä esitellyiltä yrityksiltä alumiiniprofiileja ja seinämateriaaleja, joista kyseiset suojaseinämoduulit saadaan helposti rakennettua.</p>	
Avainsanat	Lean, moduuli, hiontapöly

Author	Markus Mäki
Title	Designing the grinding workstation for reinforcement gutters
Number of Pages	38 pages + 4 appendices
Date	9 January 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering and Production Technology
Specialisation option	Production Technology
Instructors	Arto Haapaniemi, Principal Lecturer Mikko Marjosalmi, Production Manager
<p>This Bachelor's thesis was assigned by High Metal Production Ltd. which is specialized in laser welding and laser cutting stainless steel. The main objective of this Bachelor's thesis was to find solutions how to prevent grinding dust from spreading in the production plant. Grinding dust forms especially when reinforcement gutters are in production. Smoothing the flow of reinforcement gutters was also one of the main targets. Lean production methods were applied for solving and designing the solution.</p> <p>A modular wall construction was designed for preventing grinding dust from spreading all over the production plant. Roll conveyors for moving the reinforcement gutters were intended to be used in the production. A layout design was made for the wall construction and roll conveyers and after that the modular wall construction was designed with CAM program.</p> <p>As a result, two different wall construction 3D models were designed, which builds up by different kinds of wall modules. The wall construction is easy and fast to build when needed. The cost estimate for both wall constructions was calculated. With these information materials for the wall construction, they are easy to order from the companies presented in this Bachelor's thesis. Wall modules were designed to make from aluminum profiles and plastic cell plates.</p>	
Keywords	Lean, modular, grinding dust

Sisälllys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Lean-filosofia	2
2.1	Lean-talo	2
2.2	JOT – Juuri Oikeaan Tarpeeseen	5
2.3	Kahdeksan hukan muotoa	7
2.4	5S	9
3	Vaippakourut	10
4	Ilmanlaatumittaukset	15
5	Layout-suunnittelu	18
5.1	Layout-suunnittelun menetelmät	18
5.2	Hiontatyöpuoleen layout-suunnittelu	21
6	Hiontatyöpuoleen yksityiskohtainen suunnittelu	26
6.1	Alumiiniprofiilijärjestelmä	26
6.2	Suojaseinärakenteen mallinnus	28
6.3	Kohdepoisto	31
6.4	Meluntorjunta	32
6.5	Kustannusarvio materiaaleille	33
6.6	Työturvallisuus ja ergonomia	34
6.7	Paloturvallisuus	35
7	Yhteenveto	36
	Lähteet	38

Liitteet

Liite 1. Kiertoilmapuhdistuksen arviointi

Liite 2. High Metal Productionin tuotantohallin pohjapiirros

Liite 3. Suojaseinärakenteen kokoonpanomalli

Liite 4. Kustannuslaskenta hiontakopin materiaaleille

Lyhenteet

BLT Basic Layout Type, yleisluonteinen resurssien järjestys layoutissa.

HMP High Metal Production Oy, insinööriyön tilannut yritys.

TPS Toyota Production System, Toyotan kehittämä tuotantojärjestelmä, jota kutsutaan myös Lean-filosofiaksi.

WHO World Health Organization, kansainvälinen terveysjärjestö.

1 Johdanto

Tämä insinööri työ tehtiin High Metal Production Oy:lle, joka on erikoistunut ruostumattomien ohutlevyjen laserleikkaukseen ja -hitsaukseen. HMP on Hakaniemen Metallin Oy:n tytäryhtiö, ja sen tuotantotilat sijaitsevat Vantaalla Itä-Hakkilassa. HMP on alihankintayritys, jonka asiakkaat valmistavat tuotteita mm. sellu- ja paperiteollisuuden tarpeisiin. Yritysten yhteenlaskettu työntekijämäärä on 30 henkilöä, mutta yritykset käyttävät myös paljon vuokratyövoimaa tilauskannan mukaan. Liikevaihto vuonna 2011 oli 3,6 miljoonaa euroa. Yrityksellä on käytössä Trumpfin valmistama 3D-lasertyöstökeskus, johon voidaan halutessa asentaa MIG-hitsauspää. Ruostumattomien ohutlevyjen särmäämiseen yritys käyttää Amadan särmäyspuristinta. [1, s. 2–4]

Insinööriyön tavoitteena oli suunnitella HMP:llä alihankintana hitsattavien ja viimeisteltävien vaippakourujen hiontatyöpiste. Tällä hetkellä kourut hiotaan yhdessä tuotantotilan nurkassa, ja tästä aiheutuva melu- ja pölyhaitta pääsee kulkeutumaan muualle tehtaaseen tiloihin. Tavoitteena on saada eristettyä melu- ja pölyhaitta muista työtiloista. Myös kourujen siirtelyä työpisteessä on helpotettava. Pohdittiin myös kourujen hiontaan käytettävien työkalujen vaihtamista toisenlaisiin.

Työpisteestä suunniteltiin helposti koottava, koska kyseinen tila ei ole tarkoitettu pelkästään vaippakourujen hiomiseen, vaan sitä joudutaan käyttämään myös muihin projekteihin. Vaippakouruja ei myöskään ole jatkuvasti työn alla, vaan niitä valmistetaan asiakkaan tilauksen mukaan. Tavoitteena oli myös tehdä työpisteen muunneltavuudesta joustavaa, jotta sitä voitaisiin käyttää myös muiden tuotteiden hiomiseen.

Työpiste suunniteltiin Lean-filosofian oppien mukaisesti. Siitä tehtiin layout-suunnitelma tilan tarpeen ja kourujen siirtelyn hahmottamista varten. Layout-suunnitelman pohjalta tehtiin hiontatyöpisteestä 3D-malli Vertex-suunnitteluohjelmalla. Tuotantotiloissa oli toteutettu ilmanlaatumittaukset 10.11.2011–18.11.2011 ja 30.8.2012–6.9.2012 välisenä aikana. Tulokset on esitelty tässä insinööriyössä.

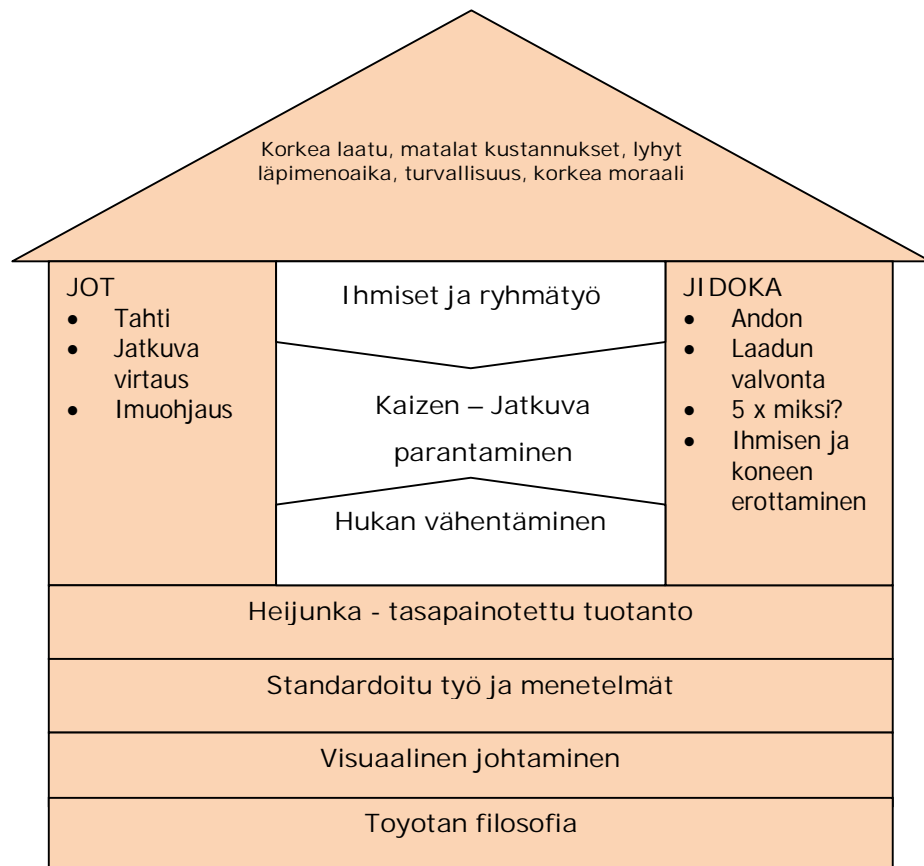
2 Lean-filosofia

Lean-filosofia kehitettiin Japanin teollisuudessa. Sen kehitti Toyota ja se itse kutsuu sitä Toyotan tuotantojärjestelmäksi (TPS - Toyota Production System). Termi Lean tulee menestyskirjasta nimeltä *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production* (Womack, Jones ja Roos, 1991), joka kertoo Toyotan menestystarinan ja kuvailee sen harjoittamaa tuotantojärjestelmää. [2, s. 15.]

Lean on sekä filosofia että menetelmä operaatioiden suunnitteluun ja kontrollointiin. Leanin tavoitteena on vastata asiakkaan vaatimuksiin välittömästi, huomioiden samalla korkea laatu ja hukaton tuotanto. Siihen kuuluu tuotteiden ja palveluiden toimittaminen täydellisessä tahdissa kysynnän mukaan. Lean-filosofia kattaa kaikki yrityksen toiminnot, lähtien aina tehtaan "lattiatasolta" yrityksen ylimpään johtoon asti. [3, s. 480.]

2.1 Lean-talo

Lean-talo, jota Toyota kutsuu TPS-talokaavioksi, on nykyaikaisen tehdasvalmistuksen tunnetuimpia symboleja. Toyotan pääjohtaja Fujio Cho kehitti talokaavion kuvaamaan ja opettamaan TPS-tuotantojärjestelmää uusille työntekijöille ja alihankkijoille. Talomallia käytetään, koska talo on rakenteellinen järjestelmä. Jotta talo olisi vahva, sen kaikkien elementtien eli katon, tukipylväiden ja pohjan täytyy olla vahvoja. Yksikin heikko elementti heikentää koko taloa. Samalla tavalla Lean tarvitsee toimiakseen kaikkia sen eri osa-alueita, ja yksikin toimimaton alue aiheuttaa epävakautta koko tuotantojärjestelmään. [2, s. 32.] Talokaavio on esitetty kuviossa 1.



Kuvio 1. Lean-talokaavio, jossa näkyy sen viisi pääelementtiä, jotka koostuvat omista osistaan. Talo havainnollistaa, kuinka yksikin heikko elementti heikentää koko rakennelmaa. [2, s. 33.]

Talon katto rakentuu korkeasta laadusta, matalista kustannuksista, lyhyestä läpimenoajasta, turvallisuudesta ja työntekijöiden korkeasta moraalista [2, s. 32]. Nämä osa-alueet saavutetaan jakamalla yhtiön tavoitteet johdolta alaspäin tehtaan lattiatasolla työskenteleville ryhmille heidän hoidettavakseen [4, s. 8].

Talon toinen ulkopilari JOT eli juuri oikeaan tarpeeseen on TPS:n tunnetuin ominaisuus. JOT tarkoittaa, että tuotteet valmistetaan täydellisessä tahdissa asiakaskysynnän mukaan. Tätä tahtiaikaa kutsutaan myös Takt-ajaksi. Jotta JOT saavutetaan, tulee tuotannosta poistaa puskuroinnissa käytetty varasto niin pitkälle kuin mahdollista. [2, s. 32]. JOTista kerrotaan enemmän kappaleessa 2.2.

Toinen talon ulkopilari Jidoka eli sisään rakennettu laatu tarkoittaa, että virheitä tuotannossa ei päästetä koskaan seuraavaan vaiheeseen. Jidokan ideana on, että tuotannossa käytettävät koneet ovat olemassa palvellakseen ihmistä ja yksittäisen työntekijän täytyisi kyetä puuttumaan ongelmiin tuotannossa ja tarvittaessa jopa kyetä pysäyttä-

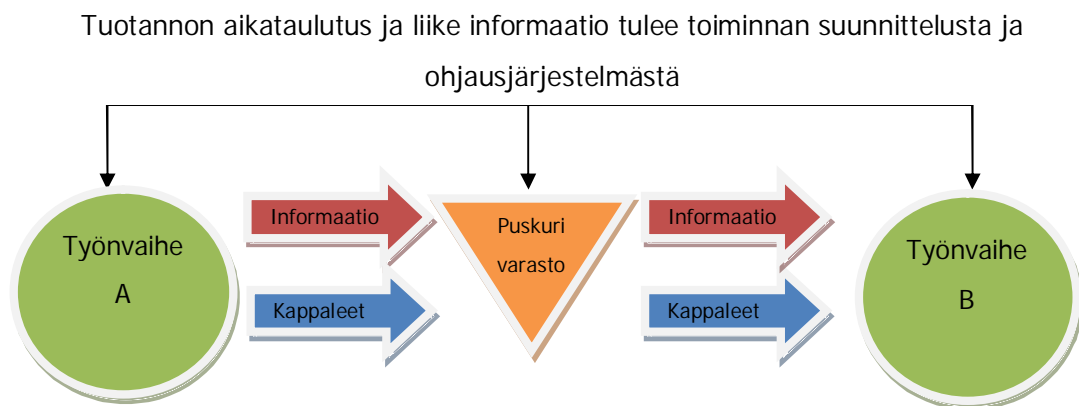
mään koko tuotantolinja. Jidokaa ylläpidetään Andon-järjestelmän avulla. Andon tarkoittaa esimerkiksi valosignaalia, jolla kerrotaan, että jossakin työpisteessä on ongelmia. [2, s. 129–130.]

Talon perustana on vakaus, ja pohjaelementtejä ovat heijunka, standardisoidut työmenetelmät, visuaalinen johtaminen ja Toyotan tavan filosofia [2, s. 32]. Heijunka eli tuotannon ja aikataulujen tasapainottaminen tarkoittaa työvaiheiden välillä virtaavien tuotteiden valikoiman ja volyymin pitämistä tasaisena ajan kanssa. Heijunka ei valmista tuotteita asiakaskysynnän todellisen kulun mukaan, joka voi heilahdella villisti ylös ja alas, vaan se ottaa yhden jakson kaikki tilaukset ja tasapainottaa niitä niin, että joka päivä tehdään sama määrä ja valikoima. [2, s. 116–117.] Standardoidulla työllä tarkoitetaan työntekijöiden kanssa yhdessä parhaaksi todettuja työskentelymenetelmiä. Esimerkiksi kullekin työpisteelle on määritelty ja kirjattu, mitkä työkalut siihen kuuluvat. [2, s. 151.]

Lean-talon sisällä ovat ihmiset. Kaizen tarkoittaa jatkuvien parannusten tekemistä, olivat nämä parannukset kuinka pieniä tahansa. Kaizenin tavoitteena on kaiken lisäarvoa tuottamattoman hukan eliminoiminen. Työntekijät oppivat toimimaan tehokkaasti pienissä ryhmissä, dokumentoimaan ja ratkaisemaan ongelmia kaizenin avulla. Se on itsessään kokonainen filosofia, jonka tavoitteena on täydellisyys, ja sillä ylläpidetään TPS:ää. [2, s. 23.]

2.2 JOT – Juuri Oikeaan Tarpeeseen

JOT tarkoittaa, että tuotteet virtaavat oikeina määrinä (ei liian paljon, ei liian vähän), oikeaan aikaan (ei liian myöhään, ei liian aikaisin), oikeaan paikkaan ja sellaisina kuin asiakas haluaa eli täydellisinä laadultaan. Leanin tavoitteena on suoriutua tästä tehtävästä mahdollisimman pienin kustannuksin. JOTin tuloksena on, että kappaleet virtaavat tahdistettuna nopeasti ja tasaisesti prosessien, operaatioiden ja toimitusverkoston läpi. Paras tapa ymmärtää JOT-tahdistettua tuotantoa on verrata sitä paljon perinteisempään tapaan käsitellä kappaleiden virtausta. [3, s. 482.] Nämä kaksi prosessia on esitelty kuvioissa 2 ja 3.



Kuvio 2. Perinteinen lähestymistapa kappaleiden virtaukseen prosessissa – Puskurit työnvaiheiden välissä [3, s. 483].

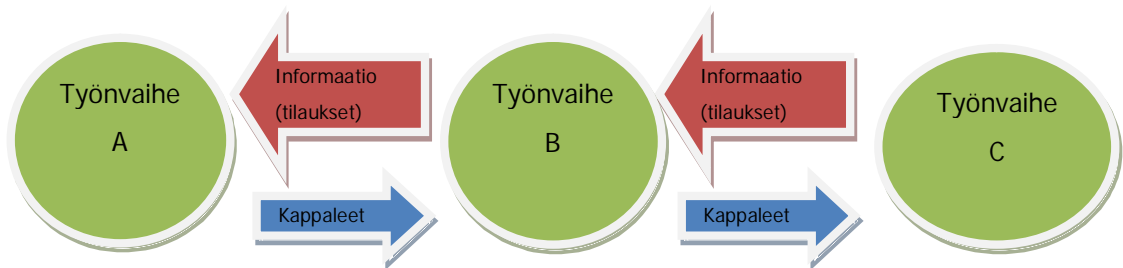
Perinteinen lähestymistapa olettaa, että jokainen työvaihe prosessissa sijoittaa tuotoksensa varastoon, joka puskuroida aina seuraavaa työvaihetta. Seuraava työvaihe ottaa jossain vaiheessa nämä edellisen työvaiheen tuotokset puskurivarastosta, käsittelee ne ja lähettää eteenpäin seuraavaan puskurivarastoon. Nämä puskurivarastot ovat olemassa eristääkseen työvaiheet toisistaan.

Tällä tavoin työvaiheista tulee melko riippumattomia, joten jos esimerkiksi työvaihe A lakkaa toimimasta jonkin syyn takia, työvaihe B voi jatkaa toimintaansa ainakin jonkin ajan. Mitä suurempi puskurivarasto työvaiheiden välissä on, sitä vahvemmin työvaiheet on eristetty toisistaan. Puskurivarastojen käyttäminen johtaa varastojen suurenemiseen ja läpimenoajan kasvamiseen, koska tuotteet odottavat puskurivarastoissa seuraavaa työvaihetta. Työvaiheiden eristäminen toisistaan johtaa myös siihen, että jos jossakin työvaiheessa ilmenee ongelmia, ne eivät tule heti esiin muualla tuotan-

nossa. Työnvaiheessa ilmenevien ongelmien korjausvastuu on keskitetty pääosin siinä työskenteleville ihmisille ja ongelmien seurauksia on estetty leviämästä koko tuotantoon. [3, s. 483.]

JOT-tahdistuksessa (kuvio 3) kappaleet työstetään ja lähetetään eteenpäin seuraavaan vaiheeseen juuri oikeaan aikaan. Työnvaiheiden ongelmilla on paljon erilaisempi vaikutus koko tuotantosysteemiin. Jos työnvaihe A kohtaa ongelmia ja ei saa kappaleita eteenpäin, työnvaihe B huomaa tämän välittömästi ja työnvaihe C lyhyen ajan kuluessa. Työnvaihe A:n ongelma on nyt tullut välittömästi esiin muillekin työvaiheille ja koko prosessi on altistunut ongelmalle. Tämä tarkoittaa, että ongelman ratkaiseminen ei ole enää vain työnvaihe A:n vastuulla. [3, s. 483.]

Ongelman jakavat nyt muutkin työvaiheet, joten mahdollisuudet sen selvittämiseksi ovat paljon suuremmat. Ongelman selvittämisestä on tullut niin tärkeä asia koko prosessin sujumuuden kannalta, että sitä ei voi jättää huomioimatta. Toisin sanoen tuotannon ongelmat tulevat paljon selvemmin ja nopeammin esille koko tuotantoprosessille ja niihin puututaan välittömästi. Lean-tahdistuksen mielestä suuret varastot estävät ongelmien esiintymisen eikä niihin tällöin puututa tarpeeksi tehokkaasti ja nopeasti. [3, s. 483.]



Kuvio 3. JOT-tahdistettu lähestymistapa kappaleiden virtaukseen – kappaleet toimitetaan seuraavaan työvaiheeseen pyynnön perusteella [3, s.483].

2.3 Kahdeksan hukan muotoa

Lean-filosofiassa hukaksi määritellään kaikki sellainen toiminta, joka ei kasvata tuotteen arvoa asiakkaalle. Hukan tunnistaminen on ensimmäinen askel sen eliminoimisessa. Toyota on tunnistanut seitsemän hukan muotoa, jotka voidaan löytää hyvin monista erilaisista operaatioista. [3, s. 488.] Myöhemmin on lisätty myös kahdeksas hukan muoto.

1. *Ylituotanto*. Tuottamalla enemmän, kuin mitä välittömästi tarvittaisiin seuraavassa operaation prosessissa, on Toyotan mukaan suurin hukan aiheuttaja. Tiilaamattomien osien valmistaminen aiheuttaa tarpeetonta henkilökunnan palkkaamista ja varasto- ja kuljetuskustannuksia liiallisen varaston vuoksi.
2. *Odotusaika*. Tarkoittaa aikaa, joka kuluu kun työntekijät joutuvat vain seuraamaan automatisoitua konetta tai odottavat seuraavaa käsittelyvaihetta, työkalua, toimitusta, komponenttia jne.
3. *Kuljettelu*. Keskeneneräisen työn kuljettelu pitkiä matkoja ja materiaalien siirtely varastoihin tai prosessista toiseen on arvoa tuottamatonta työtä. Hyvällä layout-suunnittelulla, joka tuo prosessit lähemmäksi toisiaan, voidaan vähentää kyseistä hukkaa. Myös kuljetustapojen parantaminen auttaa vähentämään hukkaa.
4. *Ylikäsittely tai virheellinen käsittely*. Myös prosessi itsessään voi olla hukan syy. Jotkin toiminnot ovat olemassa vain huonon tuotesuunnittelun tai huonon kunnossapidon takia, ja täten ne voidaan eliminoida. Tehoton käsittely kehnon työkalun tai tuotesuunnittelun vuoksi aiheuttaa tarpeetonta liikkumista ja virheitä tuotteessa. Hukkaa syntyy myös, kun tuotetaan laadukkaampia tuotteita kuin on välttämätöntä.
5. *Varastot*. Valmiiden hyödykkeiden, keskeneneräisten tuotteiden tai raakamateriaalien liian suuresta varastoinnista aiheutuu läpimenoajan pidentymistä, kuljetus- ja varastointikustannuksia sekä epäkurantin tavarain riski. Liian suuret varastot myös kätkevät sellaisia ongelmia kuin tuotannon epätasapainon, myöhästyneet toimitukset alihankkijoilta, viat ja pitkät asennusajat.

6. *Liikkuminen.* Kaikki turha liike, mitä työntekijöiden täytyy suorittaa työn aikana, kuten osien, työkalujen jne. etsiminen, kurkottelu ja pinoaminen on hukkaa. Myös kävely on hukkaa.
7. *Viat.* Laatuvirheet ovat yleensä huomattavia työvaiheissa ja kustannukset voivat olla suurempia kuin yleensä ajatellaan. Viallisten osien tuottaminen, korjaaminen, uudelleentyöstäminen, pois heittäminen ja tarkastus tarkoittavat hukattua tarpeetonta käsittelyä ja turhaa työtä.
8. *Työntekijöiden ideoiden ja luovuuden käyttämättä jättäminen.* Työntekijöillä on usein ideoita, miten työskentelyä voitaisiin parantaa, mutta näitä ideoita ei uskalleta kertoa tai ne eivät tule puheeksi. Työntekijöitä pitääkin rohkaista kertomaan parannusehdotuksiaan, jotta työskentelystä saataisiin helpompaa ja tehokkaampaa.

Nämä kahdeksan hukan muotoa synnyttävät prosessille neljä esteettä, jotka estävät sitä saavuttamasta tahdistettua tuotantoa. Nämä esteet ovat epäsäännöllinen virtaus, epätasällinen toimitus, joustamaton tuotanto ja vaihtelevuudesta aiheutuva hukka. [2 s.28–29; 3]

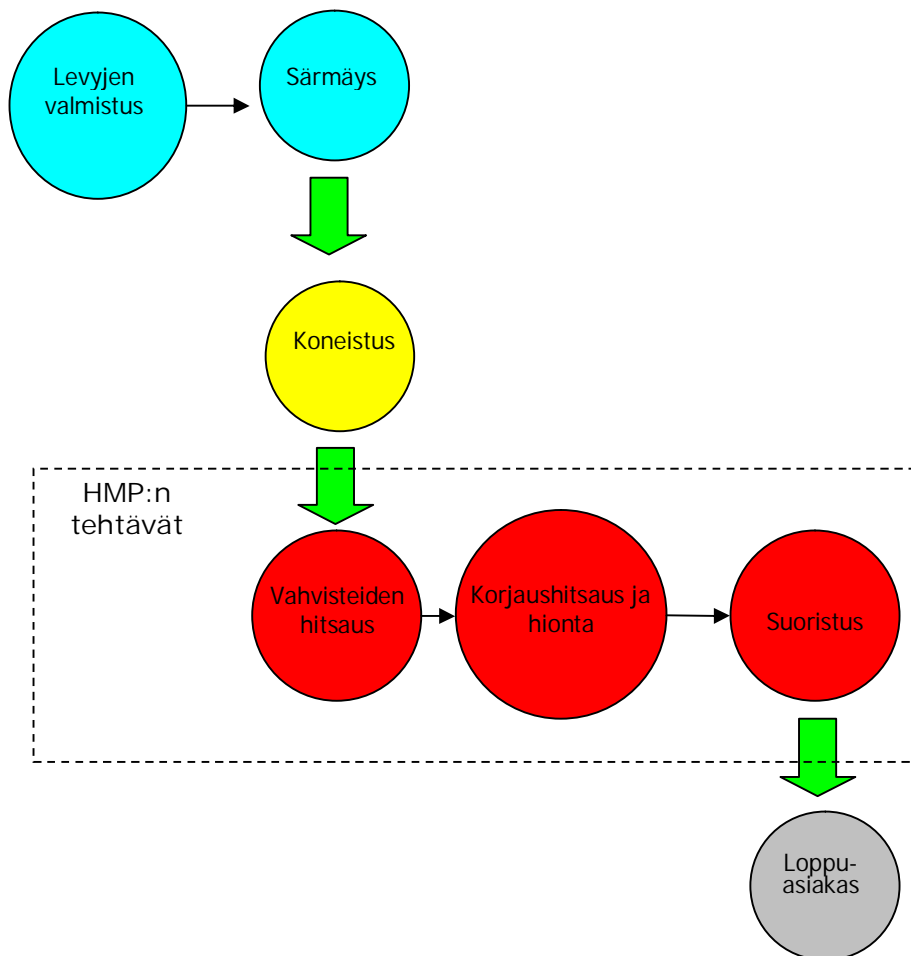
2.4 5S

5S on yksi Lean-filosofian työkaluista, joka voidaan ajatella yksinkertaisena taloudenhoitometodina organisoimaan työalueita, keskittymällä visuaaliseen järjestykseen, organisointiin, siisteyteen ja standardointiin. 5S auttaa poistamaan kaikenlaista hukkaa, joka johtuu epävarmuudesta, odottelusta, oikean tiedon etsimisestä, vaihtuvuuden luomisesta jne. Kun poistetaan kaikki tarpeeton ja tekemällä kaikesta selvää ja ennustettavaa, sotku vähenee, tarvittavat tavarat ovat aina samoilla paikoilla ja työ on tehty helpommaksi ja nopeammaksi. [2, s. 150] 5S muodostuu seuraavista osa-alueista:

1. Sorteeruus (Seiri) – kaiken tarpeettoman poistaminen ja kaiken tarpeellisen säilyttäminen.
2. Systematisointi (Seiton) – hyvien varastointimenetelmien löytäminen ja asioiden sijoittaminen siten, että ne löydetään helposti esimerkiksi värikoodien avulla.
3. Siivous (Seiso) – työtilojen pitäminen siistinä ja vakituinen siivous.
4. Standardisointi (Seiketsu) – työpaikan parhaiden käytäntöjen sopiminen työntekijöiden kanssa, esimerkiksi sen mitkä työkalut kuuluvat työpisteeseen.
5. Seuranta (Shitsuke) – huolehtiminen siitä, että sovittuja menetelmiä noudatetaan jatkuvasti.

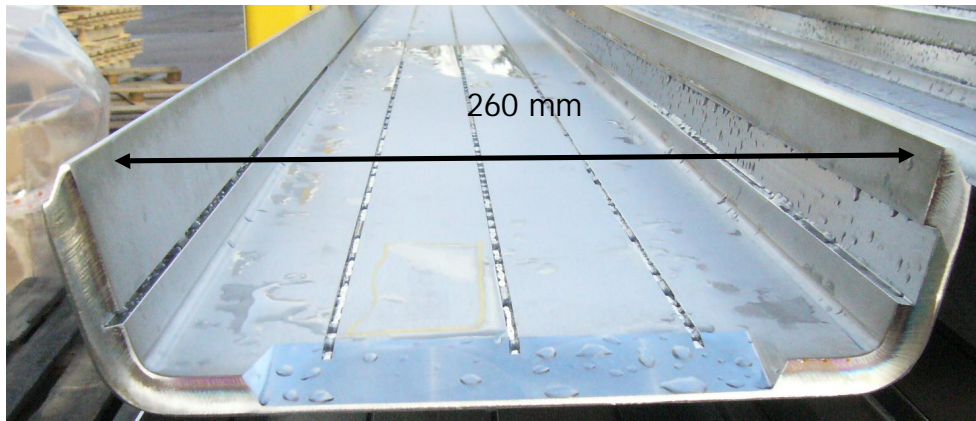
3 Vaippakourut

Vaippakourujen pituus vaihtelee 3–5 m, ja ne valmistetaan haponkestävästä tai duplex-teräksestä. Vaippakourut on tarkoitettu vahvistamaan sellun valkaisuun käytettävän DD-pesurin runkoa. Kourut hitsataan DD-pesurin ympärille pituussuunnassa, ja juuri pesurin koko määrittelee, kuinka monta ja kuinka pitkiä kouruja siihen hitsataan. Pesuriin hitsataan kouruja 36–120 kpl. HMP:llä on vain tietyt työvaiheet vaippakourujen valmistusprosessissa. Koko vaippakourujen valmistusprosessia eri toimijoiden kesken on esitetty kuviossa 4.



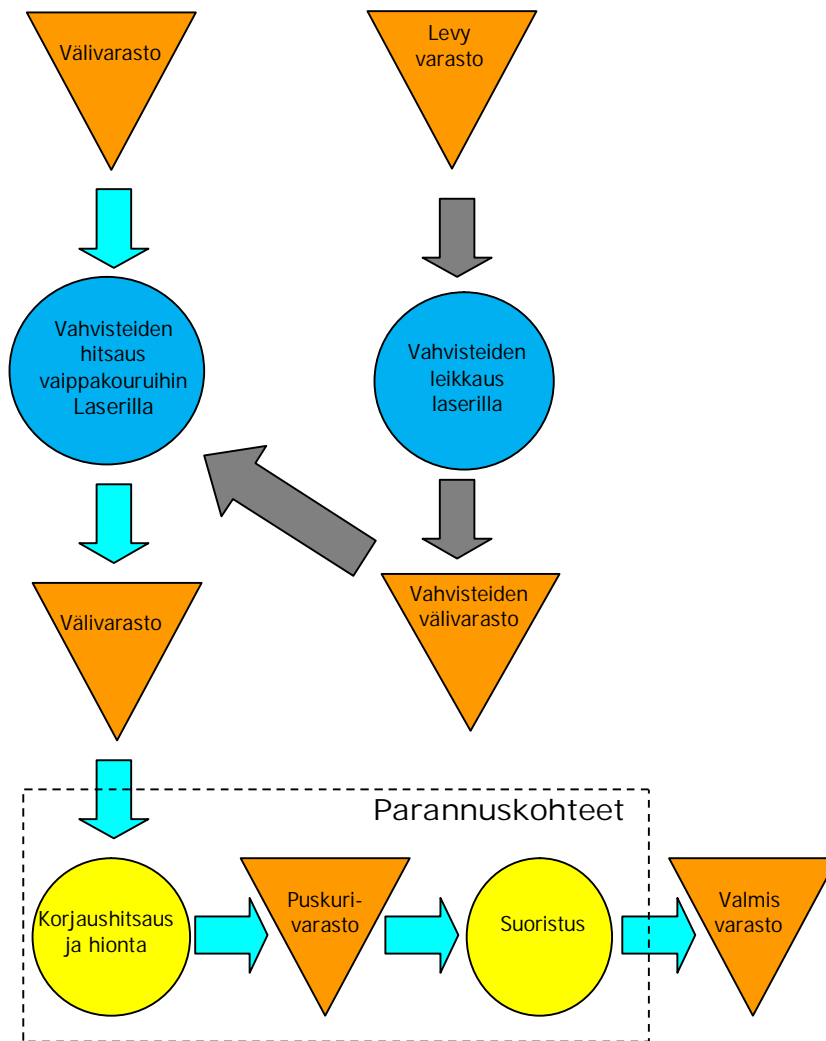
Kuvio 4. Vaippakourujen valmistusprosessi eri yritysten välillä. Kuva antaa vain suurpiirteisen työkulun, eikä siinä oteta huomioon välivarastoja. Vaippakourujen valmistuksessa on mukana eri yrityksiä, joiden tehtävät on merkitty kuvaan palloilla, ja yritykset on erotettu toisistaan väreillä. HMP:n tehtävät on merkitty katkoviivojen sisään.

Kuten kuviossa 4 näkyy, vaippakourujen valmistus vaatii eri toimijoita riippuen heidän osaamisalueestaan ja konekannasta. Vaippakourujen valmistus alkaa levyn valmistuksesta, jonka jälkeen valmis levy särmätään U-muotoon. Tämän jälkeen U-muotoon särmätyt vaippakourut kuljetetaan koneistamoon, jossa kouruihin jyrsitään urat, joihin vahvisteet hitsataan. Kourujen sivuihin koneistetaan myös urat, joihin kiinnitetään sihti, jonka läpi sellu virtaa. Sihti asennetaan vasta loppuasiakkaan toimesta. Koneistettu kouru on esitetty kuvissa 5.



Kuvio 5. Koneistettu kouru. Keskellä näkyy 3 uraa, joihin vahvisteet hitsataan, ja kourun sivuilta urat, joihin sihti asennetaan. Sihti asennetaan vahvisteiden päälle.

Koneistuksesta kourut tulevat HMP:lle. HMP:llä tapahtuva työnkulku on esitelty tarkemmin kuviossa 6.



Kuvio 6. Kourujen valmistuksen työnkulku HMP:llä. Vaaleansiniset nuolet kuvaavat vaippakourujen liikettä. Tummanharmaat nuolet kuvaavat vahvisteiden liikettä valmistusprosessissa.

Kouruihin hitsataan 3 mm levyä leikattuja vahvistelevyjä, jotka ovat samanpituisia kuin kourut. Vahvisteiden materiaali on haponkestävä teräs. Vahvisteet leikataan lasertyöstökeskuksella kaikkiin tilauksessa oleviin kouruihin ja tämän jälkeen ne sijoitetaan väli-varastoon odottamaan kouruja. Koneistamosta tulleeseen kouruun hitsataan kolme vahvistelevyä käyttämällä lasertyöstökeskusta. Vahvisteet kiinnitetään joko Mig-laserhybridihitsaamalla tai pelkästään laser-hitsaamalla. Vaippakourujen kohteena oleva DD-pesuri ja vaippakourujen materiaali määrittelee, kumpaa hitsausprosessia käytetään.

Jos vaippakourut on valmistettu duplex-teräksestä, vahvisteet hitsataan Mig-laserhybridihitsaamalla. Mig-laserhybridihitsausseura kestää rasitusta paremmin kuin pelkä laser-hitsaus. Mig-laserhybridihitsausprosessissa lasertyöstökeskukseen on integroi-

tu Mig-hitsauspää. Kyseisessä prosessissa lasersäde kohdistetaan suoraan vaippakourun hitsattavaan kohtaan ja Mig-hitsauksen kaarienergia tuodaan säteen kanssa samaan sula-alueeseen [11]. Yhden yli 4 m:n kourun läpimenoaika laserkoneelta on noin 45 min.

Kun vahvisteet on hitsattu kouruun, se siirretään välivarastoon odottamaan hiontaa ja korjaushitsausta. Korjaushitsauksen ja hionnan jälkeen on puskurivarasto, jonka jälkeen kourut suoristetaan suoristuskoneessa. Suoristuksen jälkeen kourut siirretään valmisvarastoon odottamaan kuljetusta loppuasiakkaalle. Loppuasiakkaalle kouruja toimitetaan 36–120 kpl:n erissä riippuen kohteena olevan DD-pesurin koosta.

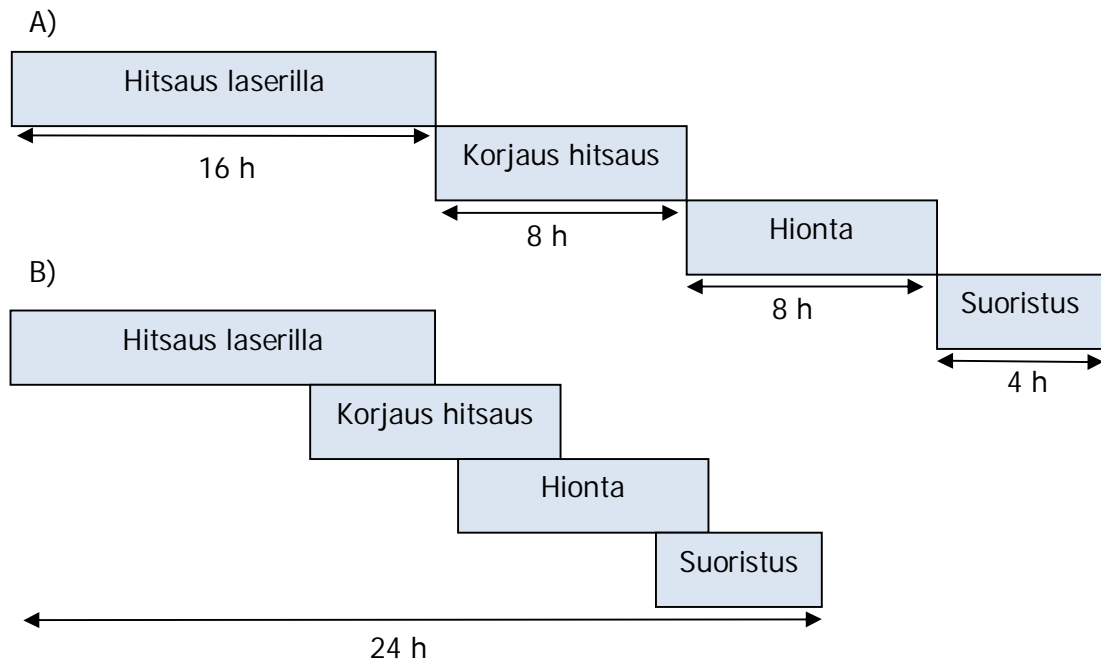
Kuvioon 6 on merkitty juuri ne työvaiheet, jotka kuuluvat parannuskohteisiin. Tavoitteena on estää hionnasta syntyvän pölyn leviäminen muualle tuotantotiloihin ja tehdä kourujen liikuttelusta helpompaa. Myös hionnasta aiheutuvaa melu halutaan eristää. Hitsattu kouru on esitetty kuviossa 7. Vaippakourun leveys on 260 mm.



Kuvio 7. Vaippakouruun on hitsattu koneistettuihin keskiuriin kolme vahvistelevyä

Työvaiheisiin kuluva aika yhden vaippakourun kohdalla on vaikea ilmoittaa tarkasti, koska aika vaihtelee suuresti riippuen kourun pituudesta, käyrydestä, käytettävästä hitsausprosessista ja hitsaussauman laadusta. Hitsaussauman laatu lasertyöstökoneen jälkeen riippuu lasertyöstökoneen käyttäjästä eli operaattorista ja kourun käyrydestä. Käyryteen taas vaikuttaa aikaisemmin tuotantoketjussa olevien yritysten työn laatu ja

hitsaus laser-työstökoneella. Laser-hitsauksessa ei synny yhtä paljon lämpöä kuin Mig-laser-hybridihitsauksessa. Lämpö käyristää vaippakourun sivuja sisäänpäin, joten Mig-laser-hybridihitsattuja kouruja joudutaan korjaushitsaamaan ja hiomaan enemmän kuin vain laserilla hitsattuja kouruja. 36 kpl:n ja 4 m vaippakouruerän tuotannon läpäisy-aikaa on havainnollistettu kuviossa 8.



Kuvio 8. Tuotannon läpimenoaika 36 kpl:een erälle vaippakouruja. A) Vaippakourujen työvaiheet on ajoitettu alkamaan vasta, kun edellinen työvaihe on saatu päätökseen. B) työvaiheita on lomitettu.

Kuviossa 8 on havainnollistettu kahdella eri tavalla 36 kpl:n vaippakouruerän läpimenoaikaa tuotannossa. A-kohdan kuvassa kaikki työtehtävät on määrätty alkamaan vasta sitten, kun kaikki vaippakourut on tehty. A-kohdan kuvasta nähdään, kuinka paljon kuhunkin työvaiheeseen kuluu aikaa kaikkien kourujen työstämiseksi. Laserhitsaus HMP:llä toimii aamu- ja iltavuorossa. 36 kpl:n vaippakouruerä saadaan hitsattua näiden kahden vuoron aikana. B-kuva kertoo miten HMP:llä työvaiheet on ajoitettu. Työvaiheet lomitetaan toisiinsa nähdessä B-kuvan mukaisella tavalla. Kun laserilta on saatu hitsattua ensimmäiset 12 kpl kouruja, ne siirretään korjaushitsaukseen ja samanaikaisesti laserhitsataan loput kourut. Myös muita työvaiheita lomitetaan toisiinsa nähdessä. Työvaiheita lomittamalla 36 kpl:n vaippakouruerän läpimenoajaksi saadaan 24 h eli 3 työvuoroa. Asetuksiin, siirtoihin ja odotteluun menevä aika sisältyy työvaiheisiin me-

nevään aikaan. Voidaan kuitenkin arvioida, että siirtoihin ja odotteluun menevä aika on 5 - 20 min.

Loppuasiakas tuotantoketjussa on Savonlinna Works Oy, joka on itävaltalaisen Andritz AG:n tytäryhtiö. Yritys valmistaa tuotteita paperi- ja selluteollisuudelle. HMP hitsaa ja viimeistelee vaippakouruja alihankintana Savonlinna Works Oy:lle, joka lopuksi hitsaa vaippakourut DD-pesureihin. Vaippakourujen osuus Hakaniemen Metallin ja HMP:n yhteenlasketusta liikevaihdosta eri vuosina on esitetty taulukossa 1. Vaippakourujen tilauskanta HMP:llä riippuu täysin Savonlinna Works Oy:n saamista tilauksista. On enustettu, että vuonna 2013 vaippakourujen tilausmäärä tulee pienentymään edellisvuodesta.

Taulukko 1. Vaippakourujen osuus liikevaihdosta.

Vuosi	Liikevaihto	Vaippakourujen liikevaihto	Prosentuaalinen osuus
2010	3 000 000 €	179 000 €	6,0 %
2011	3 600 000 €	414 000 €	11,5 %
2012	4 100 000 €	320 000 €	7,8 %

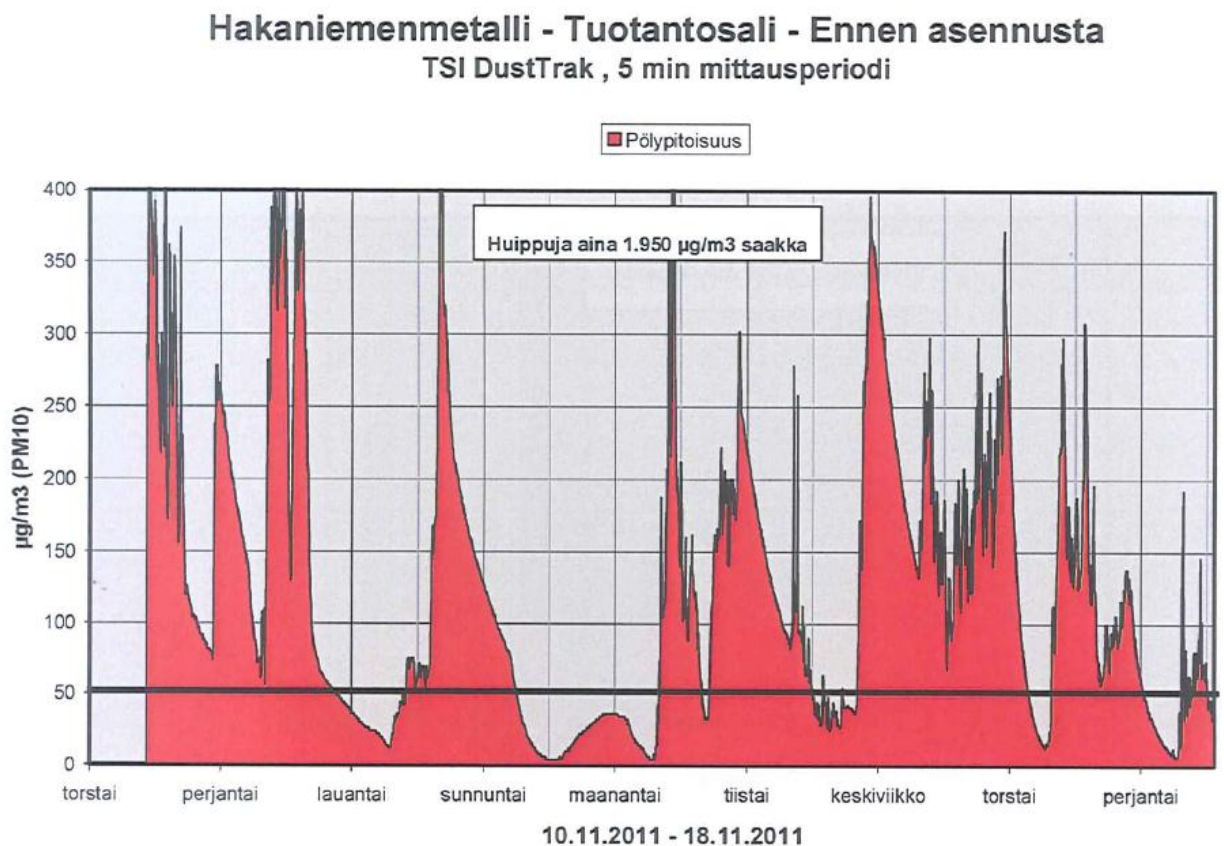
4 Ilmanlaatumittaukset

Ruostumaton teräs sisältää kromia ja nikkeliä. Kromi ja nikkeli on määritelty terveydelle haitallisiksi aineiksi ja Suomessa arviolta yli 40 000 ihmistä altistuu näille haitallisille hiukkasille. Teräksen hionnassa ja hitsauksessa altistutaan kromi- ja nikkeliyhdisteille, jotka on määritelty karsinogeeniksi eli syöpää aiheuttaviksi. Ruostumattoman ja haponkestävän teräksen hionnassa altistutaan myös mangaaniyhdisteille, jotka on luokiteltu lisääntymiselle vaarallisiin aineisiin. [6.]

HMP:n tuotantotiloissa hiotaan ruostumatonta terästä, joten siitä syntyvä pöly pääsee kulkeutumaan hengitysilmaan. Varsinkin vaippakourujen hionnassa syntyy paljon hiontapölyä, ja tämä pölyhaitta pääsee kulkeutumaan kaikkialle tuotantotiloihin. Vaippakourujen hiontapöly liikaa näin muutkin tuotannossa olevat tuotteet. Vaippakourujen hiojat käyttävät hengityssuojaimia, mutta muualla tuotantotiloissa työskentelevät eivät aina suojaimia käytä ja altistuvat näin haitallisille kromi- ja nikkelihiukkasille. Tuotantotiloissa ei tällä hetkellä kierrätetä ja suodateta sisäilmaa millään tavalla. Hakaniemen

Metallin ja HMP:n työntekijöiltä otetaan työterveydenhuollossa virtsanäytteitä, joista tutkitaan kromi- ja nikkelpitoisuudet. Vielä tähän asti virtsanäytteistä saadut tulokset eivät ole antaneet aihetta huoleen, koska pitoisuudet ovat pysyneet sallituissa rajoissa.

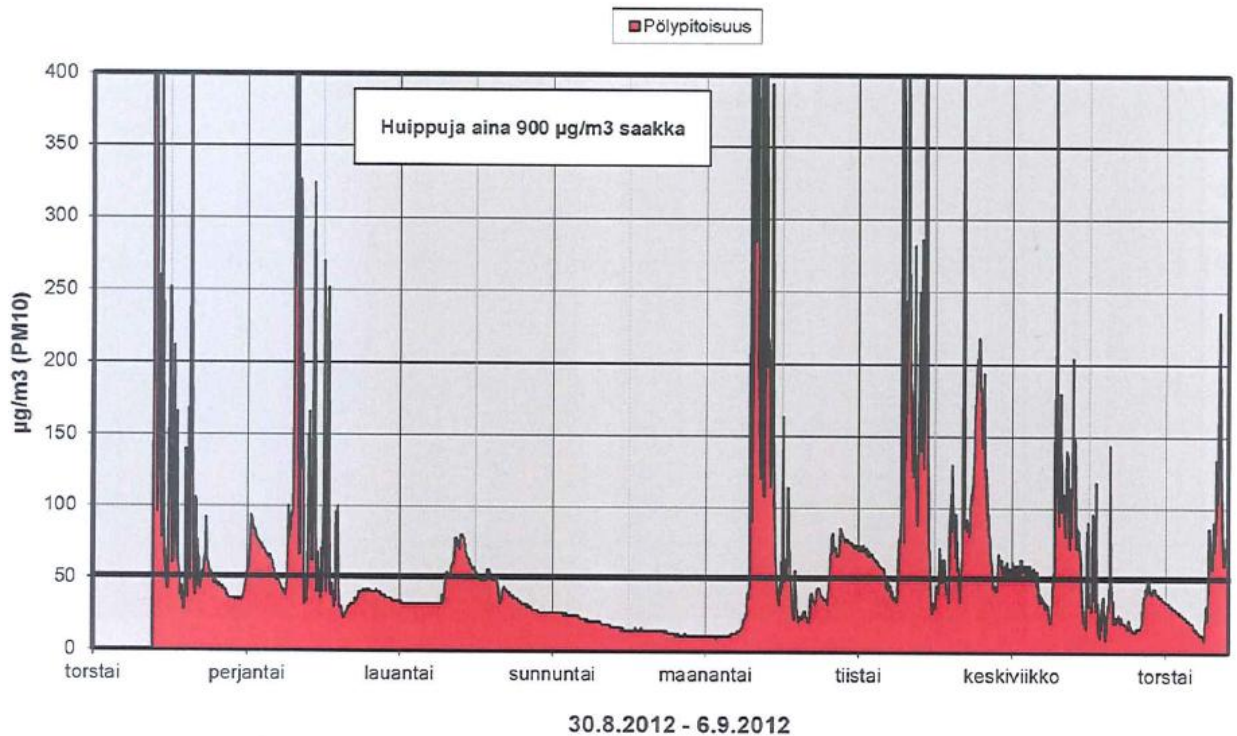
HMP:n tuotantotiloissa suoritettiin ensimmäinen ilmanlaatumittaus aikavälillä 10.11.–18.11.2011 ja toinen mittaus 30.8.–6.9.2012 välisenä aikana. Mittaukset toteutti Zehnder Group Nordic AB, joka toimittaa kiertoilmapuhdistusjärjestelmiä. Tuotantotiloihin harkitaan hankittavaksi yrityksen toimittamaa järjestelmää ja mittauksista saatiin tietoa siitä, kuinka monta kiertoilmapuhdistinlaitetta tuotantohallin kattoon tulisi asentaa. Ensimmäiset mittaustulokset on esitetty kuviossa 9.



Kuvio 9. Ensimmäisten ilmanlaatumittausten tulokset aikavälillä 12.11.2011–18.11.2011.

Kuviosta 9 nähdään, että hiukkastasojen keskiarvo on $124 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja korkeimmillaan huippuja on $1950 \mu\text{g}/\text{m}^3$ asti. Ensimmäiset mittaukset toteutettiin aikana, jolloin vaipakouruja hiottiin tuotantotiloissa, ja tämän takia hiontapölyn määrä oli normaalia suurempi, mistä johtuivat mittauksen suuret hiukkastasot. Normaalisti hiukkastasot ovat huomattavasti pienemmät, kuten kuviosta 10 nähdään.

Hakaniemenmetalli - Tuotantosali - Ennen asennusta TSI DustTrak , 5 min mittausperiodi



Kuvio 10. Toisen ilmanlaatumittauksen tulokset aikavälillä 30.8.2012.–6.9.2012.

Hiukkastason keskiarvo on $64 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja korkeimmillaan arvot ovat $900 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Toiset mittaukset toteutettiin aikana, jolloin vaippakouruja ei ollut tuotannossa, joten nämä mittaustulokset antavat paremman kuvan normaalitilanteesta. WHO:n määrittelemä raja-arvo huonolle ulkoilmanlaadulle on $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, joten myös normaalitilanteessa hiukkastason raja-arvo ylittyy tuotantotiloissa.

Jälkimmäisten mittaustulosten perusteella Zehnder Goup Nordic AB suosittelee asennettavaksi kahdeksan kiertoilmanpuhdistinlaitetta tuotantohallin kattoon. Kahdeksan laitetta ei kuitenkaan riitä puhdistamaan hiukkasia ilmasta sinä aikana, jolloin kouruja hiotaan. Täten päädyttiin ratkaisuun, että vaippakouruille tulisi suunnitella eristetty hiontapiste, joka estäisi pölyhaitan leviämisen. Zehnder Gourp AB:n toteuttama kiertoilmapuhdistuksen arviointiraportti on liitteessä 1.

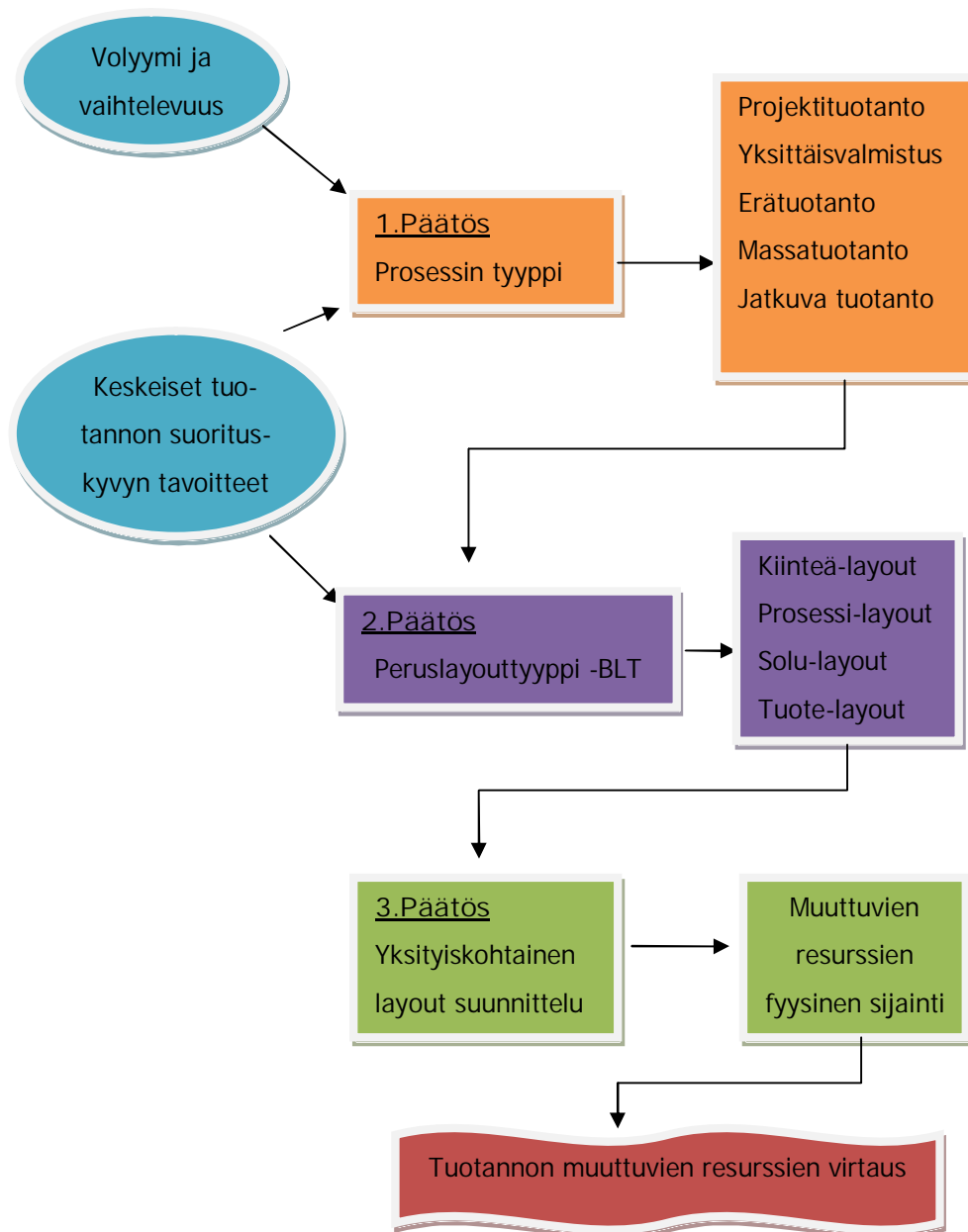
5 Layout-suunnittelu

Layout suunnittelulla tarkoitetaan valmistusyksiköiden, solujen, kuljetusväylien ja varastojen sijoittelua tuotantotiloihin. [5, s. 309] Layout suunnittelulla on tarkoitus säästää materiaalien, informaation ja ihmisten sulava virtaus prosessissa. [3, s. 492]

5.1 Layout-suunnittelun menetelmät

Tyypilliset layout-tekniikat sisältävää työpisteiden sijoittelun lähemmäksi toisiaan, jotta varastoja ei pysty syntymään tilanpuutteen takia. Työpisteiden sijoittelu lähemmäksi toisiaan mahdollistaa myös, että työntekijät ovat toistensa näköetäisyydellä ja voivat tarjota helposti apua, esimerkiksi liikkumisen helpottuminen mahdollistaa kapasiteetin nopean tasapainottamisen. Myös tuotteiden virtauksen muoto prosessissa on tärkeää. Virtauksen järjestämisestä kohti U-muotoa voi olla lukuisia hyötyjä. Etuja ovat henkilöstön joustavuus, tasapaino ja hyvä yhteistyö, esimerkiksi virheelliset tuotteet voidaan helposti palauttaa aikaisempiin vaiheisiin. Myös tuotteiden virtaus on vapaampaa, koska pitkissä suorissa virtauslinjoissa olisi paljon enemmän poikkiliikennettä. Hyvin suunniteltu layout tarkoittaa, että kaikki liike on näkyvää prosessissa. Virtauksen pitkälle edistynyt näkyvyys tekee potentiaalisten parannuksien tunnistamisen helpommaksi. Hyvä näkyvyys edistää myös prosessin laatua, koska koko henkilöstön on helpompaa ottaa osaa sen parantamiseen ja hallintaan. [3, s. 492.]

Yleisimmät käytännön layoutit on johdettu neljästä perus-layout-tyypistä (BLT – Basic Layout Type). Nämä BLT:t ovat kiinteä-layout, prosessi-layout, solu-layout ja tuote-layout. Kuviossa 11 on esitetty, miten BLT:n valinta ja suunnittelu etenevät.



Kuvio 11. Layout-tyypin valinnan ja suunnittelun järjestys. Vaaleansinisellä merkityt kohdat kertovat, mitkä asiat vaikuttavat päätöksiin. Päätökset etenevät tuotannon tyyppin valitsemisesta aina yksityiskohtaiseen layoutin suunnitteluun. Joka päätökselle on useampia vaihtoehtoja. [3, s. 186.]

Ensimmäinen päätös layoutin suunnittelussa on miettiä, mikä prosessin tyyppi valitaan. Tuotoksien volyymin ja vaihtuvuuden ominaisuudet määrittelevät prosessin tyyppin. Tiettyyn volyyymi- ja vaihtelevuustilanteeseen valittavien prosessityyppien välillä on yleensä päällekkäisyyksiä. Tapauksissa, joissa mahdollisia prosessityyppejä on useampia, tuotannon suorituskyvyn tavoitteiden suhteellinen tärkeys voi vaikuttaa päätökseen. Yleisesti ottaen, mitä tärkeämpää kustannustavoite on tuotannolle, sitä todennä-

köisemmin valitaan vähäistä vaihtelevuutta ja korkeaa volyymia palveleva prosessityyppi. Massatuotanto on esimerkiksi suurivolyymista ja vähäistä vaihtelevuutta palveleva prosessityyppi. [3, s. 186.]

Prosessityypin valitsemisen jälkeen valitaan BLT. Sillä tarkoitetaan laitteiston ja tilan yleisluontoista järjestystä operaatioissa. Yhdelle prosessityypille ei ole vain yhtä mahdollista BLT:tä vaan sille voi olla useampia vaihtoehtoja. [3, s. 186.]

Kiinteäasemaisessa layoutissa laitteet, koneet ja ihmiset, jotka tekevät jalostavan työn, liikkuvat tarvittaessa ja valmistettava tuote pysyy paikallaan. Kiinteäasemainen-layout on käytössä esimerkiksi laivanrakennuksessa, koska laiva on liian suuri liikuteltavaksi. [3, s. 187.]

Prosessi-layoutissa samankaltaiset koneet ja resurssit on kerätty yhteen ryhmiksi [3, s. 188]. Prosessi-layoutissa tapahtuvaa valmistusta voidaan kutsua myös funktionaaliseksi toimitavaksi. Funktionaalisisessa tuotannossa eri tuotteet kulkevat eri reittejä sen mukaan, mitä koneita tai resursseja niiden valmistus vaatii. [5, s. 79.] Esimerkiksi koneistettavat lentokonemoottorin osat valmistetaan prosessi-layoutissa, koska tietyt osat vaativat erikoisosaamista, erikoiskonekantaa tai halutaan keskittyä korkeaan koneen käyttöasteeseen. [3, s. 188.]

Solu-layoutissa on pieniä itsenäisiä valmistusyksiköitä. Näille valmistusyksiköille eli soluille on määritelty tietty tuoteiston osa, osaperhe tai osakokonaisuus, joka valmistuu yhdellä impulssilla. Työnvaiheet yhtyvät siten yhdeksi vaiheeksi. [5, s. 85.] Itse solu voi olla järjestetty prosessi-layoutin tai tuote-layoutin mukaan [3, s. 191].

Tuote-layoutissa muuttuvat resurssit on järjestetty niiden sopivuuden mukaan. Joka tuote, osa tai informaatio seuraa tarkasti ennalta sovittua reittiä, jonka varrelle koneet, työntekijät tai muut resurssit on sijoitettu. Valmistettavat tuotteet virtaavat näkyvästi prosessin läpi ja tätä virtausta on suhteellisen helppo hallita. Esimerkiksi autojen kokoonpano tapahtuu tuote-layoutissa, koska saman automallin eri vaihtoehdot vaativat saman prosessijärjestyksen kokoonpanossa. [3, s. 191–193.]

BLT:n valitsemisen jälkeen seuraa yksityiskohtainen layout-suunnittelu. Yksityiskohtaisessa suunnittelussa määritetään tarkat paikat laitteille, välineistölle, raaka-aineille ja

työntekijöille, jotka muodostavat valmistusyksiköt. Näille valmistusyksiköille määritellään tarkasti tila, jonka ne tarvitsevat toimiakseen. Yksityiskohtaisessa layout-suunnittelussa määritellään myös jokaisen valmistusyksikön tehtävät. Hyvän layout-suunnittelun tavoitteena on [3, s. 201.]

- parantaa turvallisuutta
- helpottaa ihmisten ja tuotteiden liikkuvuutta
- selkeyttää tuotteiden virtausta
- parantaa työntekijöiden viihtyvyyttä
- parantaa tuotannon koordinoitua
- pienentää tilan käyttöä
- parantaa joustavuutta
- tehostaa tuotantoa
- lyhentää läpäisyäikää.

5.2 Hiontatyöpisteen layout-suunnittelu

Hiontatyöpisteen layout-suunnittelussa ensiksi pohdittiin, minkälaista prosessin tyyppiä voitaisiin parhaiten soveltaa vaippakourujen kohdalla. Tuotanto HMP:llä on projektiohjaattua ja vaippakouruillekin on aina perustettu oma projekti tuotannonohjausjärjestelmään, ja niiden valmistukseen on budjetoitu tietty tuntimäärä. Asiakas kuitenkin tilaa aina kerralla useita kymmeniä kouruja, joten yhden projektin kohdalla valmistetaan useampia kouruja. Kaikkia projektin kouruja ei toimiteta asiakkaalle kerralla, vaan toimitus tapahtuu erissä. HMP toimittaa kouruja asiakkaalle 36–120 kpl:n erissä, riippuen siitä minkä kokoiseen DD-pesuriin kourut tulevat. Kuljetus asiakkaalta toiselle tapahtuu kuljetusyksiköissä, joihin mahtuu 12 kpl vaippakouruja. Kuljetusyksikkö on esitetty kuviossa 12.



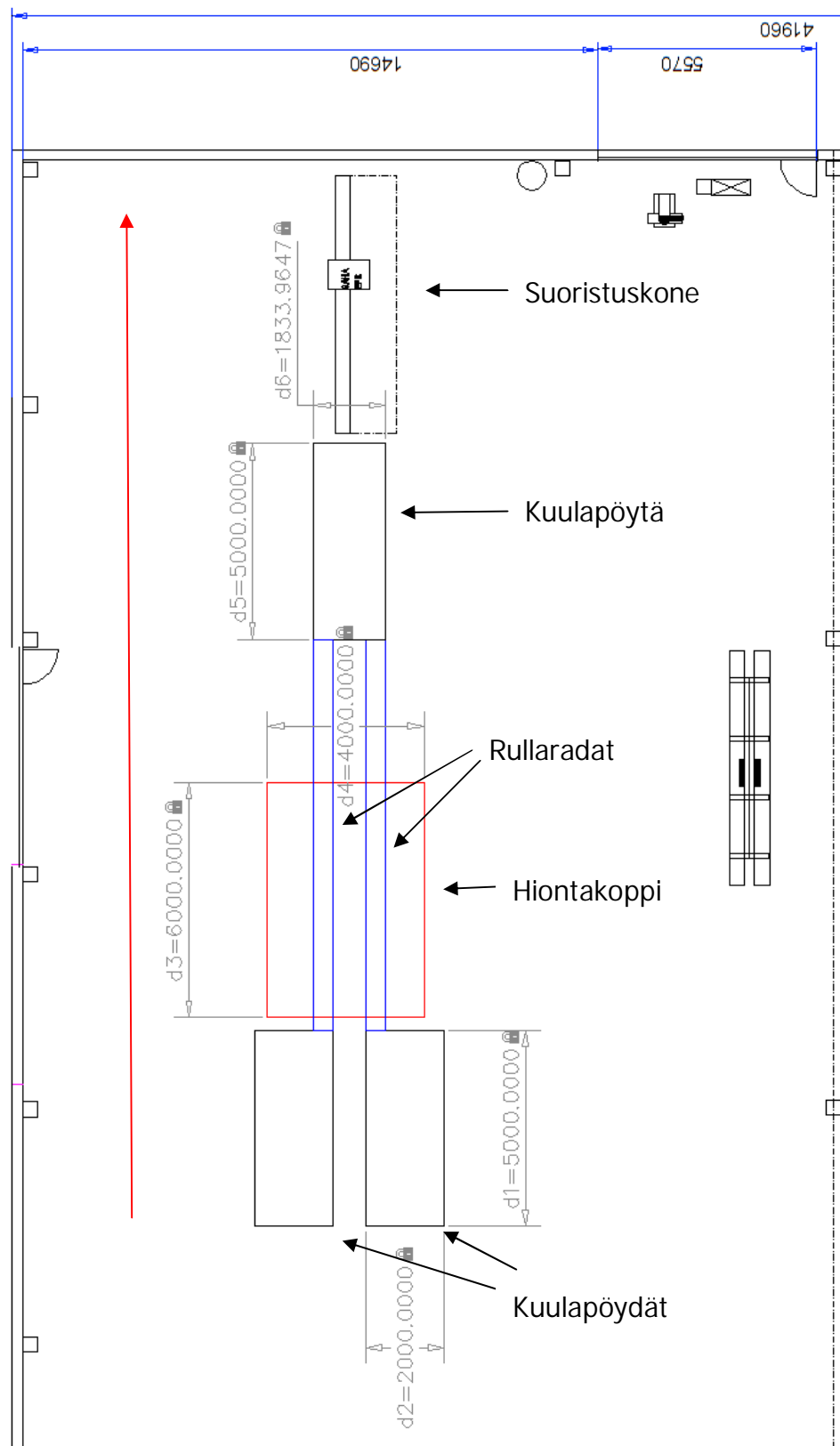
Kuvio 12. Kaksi kuljetusyksikköä on pakattu päällekkäin. Alemmassa yksikössä on 12 kpl kouruja ja ylempässä 6 kpl kouruja.

Lasertyöstökeskus hitsaa kouruja vähintään 12 kpl:n erissä, mutta yleensä pyritään hitsaamaan kaikki koneistamosta toimitetut kourut peräkkäin. Kyseisellä tavalla toimiminen sitoo valitettavasti laserkoneen melko pitkäksi aikaa pelkästään kourujen hitsaamiseen eikä laserilla pystytä esimerkiksi leikkaamaan levyjä muille projekteille. Yhdellä asetuksella halutaan kuitenkin hitsata mahdollisimman monta kourua. Asetuksiin, jotka täytyy tehdä ennen vaippakourujen hitsaamisen aloittamista, menee aikaa noin 30 min. Kourujen liikuttelu laserilta hiontatyöpisteeseen on järkevintä tehdä trukilla kuljetusyksiköissä. Nämä seikat huomioon ottaen prosessityypiksi valikoitui erätuotanto ja yksi erä olisi yhden kuljetusyksikön verran eli 12 kpl kouruja.

BLT:t, jotka parhaiten sopivat sovellettavaksi vaippakourujen erätuotannolle, ovat prosessi-layout ja solu-layout. Vaippakourujen kohdalla päätettiin soveltaa prosessi-layout-tyyppiä. Prosessi-layout valikoitui siksi, että kourut kulkevat ennalta sovittua reittiä ensiksi laserkoneelle, minkä jälkeen ne siirtyvät hiontaan ja suoristukseen. Vaippakourut eivät myöskään valmistu yhdellä syklillä yhdessä paikassa, joka olisi solu-layout-tyyppin määritelmä, vaan kourut työvaiheiden välissä sijoitetaan välivarastoon. Vaippakourujen prosessi-layoutissa on koneita ja työpisteitä, joiden läpi vaippakourut virtaa-

vat. Itse hiontatyöpiesteen layout-suunnittelussa haluttiin huomioida kourujen nopea ja helppo liikuttelu laserin jälkeisestä varastosta hiontaan ja hionnasta suoristuskoneelle.

Hiontatyöpiesteen yksityiskohtainen layout-suunnittelu tehtiin AutoCAD-ohjelmalla, jolla havainnoitiin tarvittavan tilan määrää. HMP:ltä saatiin käyttöön yrityksen tuotantohallin pohjapiirros, jota käytettiin pohjana työpiesteen suunnittelussa. Tuotantohallin kokonaispinta-ala on 4067 m². Hiontatyöpiesteen layout on esitetty kuviossa 13.



Kuvio 13. Hiontatyöpisteen layout on piirretty tuotantohallin pohjapiirustukseen. Kourujen liikesuunta on merkitty kuvaan punaisella nuolella. Tarvittava pinta-ala on 83 m².

Koska kourujen hionnassa syntyvä hiontapöly täytyy saada eristettyä yhteen paikkaan, päätettiin hiontatyöpisteen ympärille suunnitella suojaseinärakenne. Tätä suojaseinärakenteen kokoa havainnollistetaan kuviossa 12 punaisilla viivoilla. Hiontatyöpiste suunniteltiin kahdelle työntekijälle eli hionnassa olisi kerrallaan aina kaksi kourua. Kourujen liikutteluun suunniteltiin käytettäväksi kahta rullarataa, jotka toimisivat samalla puskurivarastona laserin ja hiontatyöpisteen sekä hiontatyöpisteen ja suoristuskoneen välillä.

Rullaradat, jotka on merkitty kuvaan 12 sinisillä viivoilla, kulkevat kokonaan hiontapisteen läpi. Rullaratojen toisissa päissä on kuulapöydät, joiden päällä kouruja pystyy liikuttelemaan sivuttain ja eteenpäin. Kuulapöydältä kourut siirtyvät rullaradan päälle, jota pitkin ne virtaavat hiontakopin läpi. Hionnan ja korjaushitsauksen jälkeen kourut siirtyvät toisessa päässä olevan kuulapöydän päälle, josta ne voidaan helposti siirtää suoristuskoneelle. Tarkoituksena on, että 12 kappaleen kouruerä siirretään kokonaan kuulapöytien ja rullaratojen päälle, jottei tuotantotilojen siltanosturia tarvitsisi käyttää kourujen liikuttelussa. Siltanosturia käytetään, vain kun kourut siirretään laserin jälkeen rullaratojen päälle ja suoristuskoneelta valmisvarastoon.

Kourujen liikuttelussa työskentelee hiontapisteen ulkopuolella yksi työntekijä, joka myös käyttää suoristuskonetta. Yhteensä kourujen hionnassa ja suoristuksessa työskentelee tällöin kolme työntekijää. Tuotantohallin pohjapiirustus, johon on suunniteltu hiontatyöpiste ja kuvattu kourujen liike tuotantotiloissa, on esitelty liitteessä 2. Kourujen liike on kuvattu punaisilla viivoilla tehtaan pohjapiirustuksessa. Työpisteen vaatima pinta-ala on 83 m² eli alle 5 % tuotantohallin kokonaispinta-alasta.

Layoutin suunnittelussa huomioitiin Lean-filosofiasta jatkuva virtaus. Rullaradat ja kuulapöydät edesauttavat jatkuvan virtauksen ideaa. Jalostavaa työtä eli hiontaa ja korjaushitsausta ei tarvitse keskeyttää kuin hyvin lyhyeksi ajaksi, kun uusi kouru siirretään työskentelyalueelle. Työntekijöiden odotusaika vähenee huomattavasti, kun kouruja saadaan siirrettyä vaivattomasti ja nopeasti rullien päällä. Kourujen turha liikuttelu vähenee työvaiheiden ollessa peräkkäin ja lähellä toisiaan. Nämä seikat vähentävät hukkaa huomattavasti ja lyhentävät vaippakourujen läpimenoaikaa. Työpistettä toteutettaessa on tarkoitus soveltaa 5S-menetelmää työpisteessä eli panostaa visuaaliseen järjestykseen ja standardoida työmenetelmät työntekijöiden kanssa.

6 Hiontatyöpisteen yksityiskohtainen suunnittelu

Vaippakourujen hionnasta syntyvä pöly ja meluhaitta halutaan eristää muista tuotantotiloista. Hiontapisteen ympärille päätettiin suunnitella suojaseinärakenne, joka eristää hiontapölyn ja myös vaimentaisi melua. Suojaseinärakenteen pitää olla helposti koottava ja purettava, koska vaippakouruja ei ole jatkuvasti tuotannossa ja tällöin tilaa tarvitaan muiden tuotteiden valmistamiseen. Purettuna sen pitää mahtua pieneen tilaan, jotta se ei veisi varastoituna lattiapinta-alaa. Suojaseinärakenteen pitää olla myös modulaarinen, jotta sen koko tai muoto on muunneltavissa. Muunneltavuus tuo joustavuutta sen käyttöön eli sitä voidaan käyttää myös muiden tuotteiden kohdalla.

6.1 Alumiiniprofiilijärjestelmä

Syyskuussa 2012 järjestettäviltä Tampereen Alihankintamessuilta haettiin mahdollisia ratkaisuja ja tavarantoimittajia suojaseinärakenteen toteuttamiseksi. Profican Oynimisen yrityksen toimittama Norcan-alumiiniprofiilijärjestelmä valikoitui parhaaksi ratkaisuksi. Norcan-alumiiniprofiilien muotoilu mahdollistaa liitoksien tekemisen M8-vakiopulteilla joten profiileista saa rakennettua monenlaisia konstruktioita (kuvio 14). [7.]

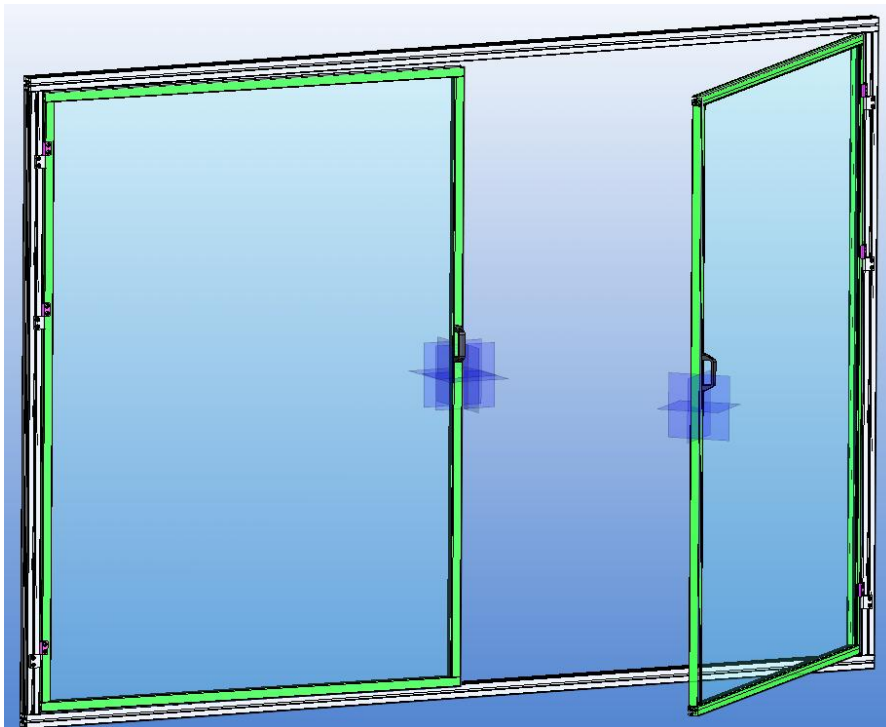


Kuvio 14. Norcan-alumiiniprofiilit on liitetty toisiinsa M8-pultilla [7].

Alumiiniprofiileista on tarkoitus rakentaa kehikko seinälevylle, joka voidaan asentaa profiiliin uraan ja tiivistää asennuslistan avulla. Kehikosta ja seinäpaneelistä rakennetaan erikokoisia suojaseinämoduuleja, jotka voidaan helposti yhdistää toisiinsa asennuslevyjen avulla ja koota kokonainen suojaseinärakenne. Suojaseinärakenne saadaan helposti koottua ja sijoitettua seinän viereen, jolloin se ei veisi lattiapinta-alaa tuotantotiloista. Suojaseinämoduulien on tarkoitus olla mahdollisimman kevyitä, jotta niitä voitaisiin liikutella helposti lihasvoimin. Seinäpaneelina suunniteltiin käytettäväksi edullisia ja kevyitä muovilevyjä. Muovilevyillä pitää olla myös ääntä vaimentava ominaisuus.

6.2 Suojaseinärakenteen mallinnus

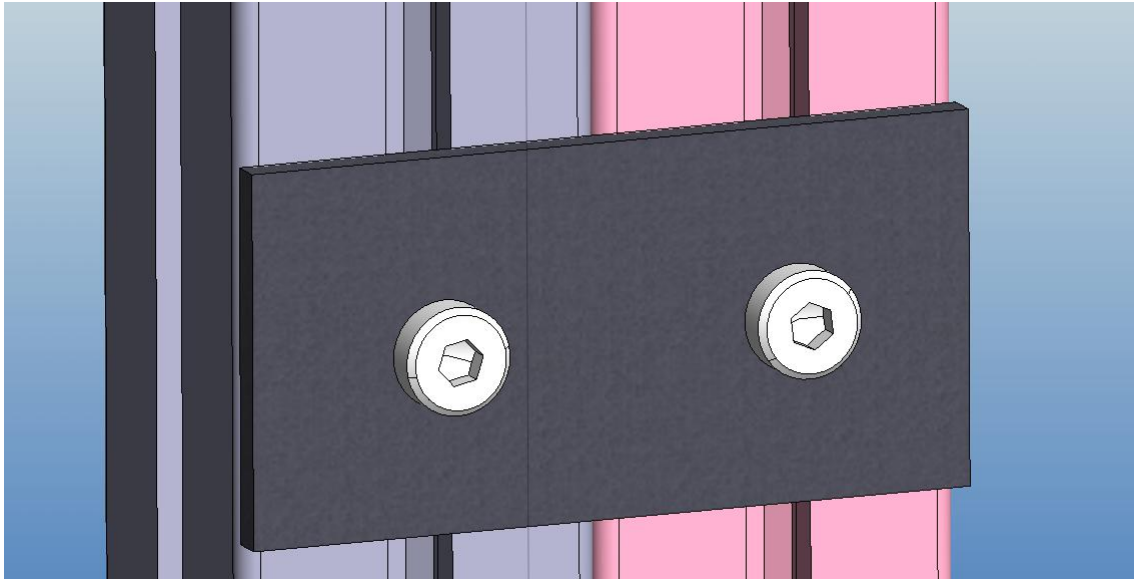
Norcan-alumiiniprofiileista mallinnettiin Vertex-suunnitteluohjelmalla suojaseinärakenne. Profican Oy:n sivuilta ladattiin komponenttikirjasto, josta löytyivät mallit kaikille yrityksen toimittamille profiileille ja monille muille komponenteille. Vertexillä mallinnettiin 5 erilaista suojaseinämoduulia, joista pystyy kokoamaan kokonaisen eristetyn tilan. Suojaseinärakenteelle mallinnettiin päätymoduuli, kattomoduuli, sivumoduuli, sivumoduuli liukuovilla ja sivumoduuli saranaovilla. Kuviossa 15 on esitetty yksi mallinnettu moduuli.



Kuvio 15. Hiontapisteen sivumoduuli sarana-ovilla.

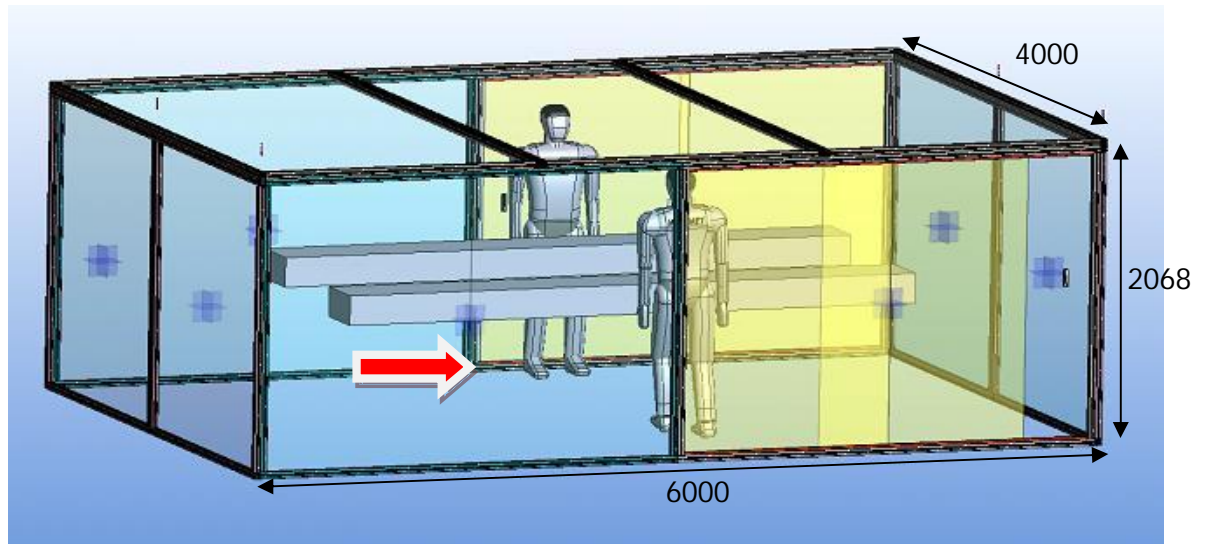
Moduuleista tehtiin kaksi suojaseinärakenteen kokoonpanomallia, joista toisessa oli liukuovet ja toisessa saranaovet. Kaksi kokoonpanomallia tehtiin siksi, että voitaisiin vertailla, kumpi konstruktio olisi edullisempi ja käytännöllisempi. Kokoonpanomalli rakentuu neljästä päätymoduulista, kolmesta kattomoduulista ja neljästä sivumoduulista. Kahdessa sivumoduulissa on ovet kokoonpanon molemmilla puolilla, jotta kulkeminen olisi esteetöntä. Suojaseinämoduulit kiinnitetään toisiinsa kiinnityslevyjen avulla alumiiniprofiilin uraan M8-vakiopulteilla. Alumiiniprofiiliin porataan ensiksi tarvittavan kokoi-

nen reikä ja tämän jälkeen tehdään valssaavalla kierretapilla M8-kierre. Kahden moduulin liitos on esitetty kuviossa 16.



Kuvio 16. Suojaseinämoduulien liitos toisiinsa kiinnityslevyä ja M8-pultteja käyttämällä.

Koko suojaseinärakenteen pituudeksi tuli 6 m ja leveydeksi 4 m. Kokoonpanomalli liukuovilla on esitetty kuviossa 17. Molemmat kokoonpanomallit on esitelty myös liitteessä 3.



Kuvio 17. Kokoonpanomalli liukuovilla.

Suojaseinärakenteen kokoonpanoa voidaan muuttaa helposti, koska kaikki moduulit voidaan liittää toisiinsa kiinnityslevyjen avulla. Rakenteesta voidaan tehdä pienempi jättämällä joitakin seinämoduuleja pois. Tarvittaessa voidaan myös hankkia lisää alumiiniprofiileja, joista tehdään uusia seinämoduuleja ja tehdä rakenteesta isompi, jos tarvetta tulee. Kokoonpanomalliin on lisätty kaksi työntekijää ja kaksi palkkia, jotka havainnoivat 4 m:n pituisia vaippakouruja. Punainen nuoli näyttää kourujen liikesuunnan. Liukuovet, jotka on mallinnettu vaaleankeltaisella, sijaitsevat hiontakopin molemmilla puolilla.

6.3 Kohdepoisto

Hiontatyöpiisteeseen on tarkoitus asentaa kohdepoistolaitteisto, joka poistaa hiontapölyn suoja-tilasta. Toteutettavaa ratkaisua ei ole vielä tarkalleen suunniteltu, mutta yksi vaihtoehto olisi, että suojaseinään tehtäisiin reikä, jonka läpi saataisiin kohdepoistoletku vietyä suoja-tilan sisälle. Letku olisi yhdistetty puhaltimeen, joka johtaisi hiontapölyn suodattimeen, josta metallipöly voitaisiin kerätä. Mahdolliseksi järjestelmäksi on kaavailtu Tecalet Environment Oy:n toimittamaa Nederman-kohdepoistojärjestelmää. Yrityksen toimittamat letkut olisivat käytännöllisiä juuri niiden teleskooppiominaisuuden ansiosta. Järjestelmän tulisi olla monikäyttöinen ja helposti liikuteltava, jotta sitä voitaisiin käyttää myös muissa tehtävissä.



Kuvio 18. Nederman-teleskooppiletku [10].

6.4 Meluntorjunta

HMP:n tuotantotiloissa oli mitattu työterveyshuollon tarkastuksessa 12/2009 taustameluksi 85 dB ja paikoin korkeampia meluhuippuja. Seuraavan tarkastuksen yhteydessä vuonna 2012 yleismeluksi mitattiin 56 dB. Meludirektiivin mukaan kuulovaurion vaara alkaa keskiäänitason ylittäessä 80 dB. Tuotantotiloissa käytettävät laitteet aiheuttavat erityisesti käyttäjän paikalla melutason, joka voi aiheuttaa kuulovaurion. Tämän vuoksi kuulosuojainten käyttö on tarpeen.

Mittaukset suoritettiin aikana, jolloin vaippakouruja ei ollut tuotannossa. Voidaan kuitenkin arvioida, että hionnasta aiheutuva melu on 100 dB ja ylimmillään jopa 120 dB hiontapisteen läheisyydessä. Nämä arvot ylittävät reilusti kuulovaurion raja-arvon. Vaippakourujen hiojat käyttävät kuulosuojaimia, mutta muut työntekijät tuotantotiloissa eivät välttämättä kuulosuojaimia aina käytä ja altistuvat liian kovalle melulle. Onkin tärkeää, että melu saataisiin eristettyä ja vaimennettua hiontakopin sisälle, jotta työntekijöille ei aiheutuisi kuulovaurioita ja työviihtyvyys paranisi. Suojaseinämoduuleissa käytettävällä muovilevyllä pitää olla melua vaimentava ominaisuus.

Muovilevyinä päätettiin käyttää polypropeeni-kennolevyjä. Levyjen kenno-ominaisuus auttaa hieman äänen vaimentamisessa. Polypropeeni-kennolevyt eivät kuitenkaan itsessään eristä ääntä tarpeeksi, joten erikokoisia bitumilevyjä kiinnitetään kennolevyjen pintaan liimaamalla. 1,5 mm:n paksun bitumin eristävyys kiinnitettynä 15 mm vaneriin on 32,5 dB [12]. Kenno- ja bitumilevyt yhdessä eristävät melua tehokkaasti. Oy Meluton Ab on yritys, joka myy bitumilevyjä, joissa on valmiiksi itsessään kiinnittyvä tarra-liima. Bitumilevyistä voidaan leikata sopivankokoisia paloja ja liimata suoraan kennolevyjen pintaan.

6.5 Kustannusarvio materiaaleille

Suojaseinärakenteelle laskettiin kustannusarvio materiaaleille Excel- taulukkolaskenta-ohjelmalla. Excelillä laskettiin hinta jokaisen moduulin kehikkorakenteelle, jotta tarvittaessa nähtäisiin, paljonko yksi moduuli maksaa. Taulukossa on myös laskettu koko suojaseinärakenteen hinta liukuovilla ja saranaovilla, johon ei kuitenkaan ole lisätty seinälevyjen hintaa. Hinnat profiileille ja muille komponenteille saatiin Profican Oy:n lähettämästä hinnastosta.

Exceliin laskettiin hintoja eri seinäpaneelimateriaaleille, jotta voitaisiin valitaärkevin materiaali hinnaltaan ja käytettävyydeltään. Seinälevynä suunniteltiin käytettäväksi polypropeeni-kennolevyä, joka olisi edullinen, kevyt ja melko kestävä vaihtoehto. Kennolevyjen toimittajaksi kaavailtiin Foiltek Oy-nimistä yritystä, joka on muovilevyjen ja kalvojen tukkuliike. Eripaksuisille, -kokoisille ja -värisille kennolevyille laskettiin kokonaishinta. Seinälevyvaihtoehdot ja kokonaishinta on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Kustannuslaskenta eri kennolevyvaihtoehdoille [8].

Polypropeeni-kennolevyjen hinnat

Kuvaus	Koko	Hinta €/m ²	Hinta yhteensä
Tumman sininen	2x2200x3200	3,00 €	190 €
Valkoinen	3x1220x3000	4,25 €	269 €
Musta	3x31220x3000	4,50 €	285 €
Transparent	3x1220x3000	4,25 €	269 €
Valkoinen	3,5x1220x2750	5,50 €	349 €
Valkoinen	5x1220x2750	10,00 €	634 €
Valkoinen	5x2050x3050	10,00 €	634 €
Valkoinen	5x2050x6000	12,00 €	761 €

Kustannuslaskenta on vain suuntaa antava, eikä siinä ole otettu huomioon mahdollista materiaalihukkaa, joka syntyy esimerkiksi sahatessa alumiiniprofiileja haluttuihin pituuksiin, joista kootaan moduulikehikot. Koko kustannuslaskentataulukko on esitelty liitteessä 4.

6.6 Työturvallisuus ja ergonomia

Hiontatyöpisteen totutuksessa pitää ottaa myös huomioon työturvallisuus ja työntekijöiden hyvä ergonomia. Hiontatyöpisteen sisällä työntekijöiden pitää käyttää raitisilmasuodattimia, jotta he eivät altistuisi haitallisille hiukkasille ja hitsaushuuruille. Työntekijöiden tulee myös huolehtia, että he vaihtavat suodattimet tarpeeksi usein. Hiontatyöskentelystä aiheutuu myös kovaa melua, joten kuulosuojaimia tulee käyttää hiontatyöpisteessä. Työntekijöiden vaatetuksen pitää olla soveltuvaa TIG-hitsaukseen.

Kourujen siirtely rullaradan päällä on myös tehtävä turvallisesti, koska yksi kouru voi painaa jopa 250 kg. Pudotessaan työntekijän jalan päälle se voisi aiheuttaa vakavia vammoja. Tämän takia rullaradan reunoilla pitää olla jonkinlaiset kaiteet, jotka estävät kourun putoamisen. Työntekijöiden pitää käyttää tietenkin myös turvakengkiä. Itse rullarata voisi olla melko matala, ja kun kouru siirtyy kohtaan, jossa se olisi tarkoitus hiota, se voitaisiin nostaa säädettävillä tunkeilla haluttuun korkeuteen. Tämä korkeus olisi säädettävissä työntekijän pituuden mukaan ja näin auttaisi työntekijän työskentelyä ja parantaisi ergonomiaa.

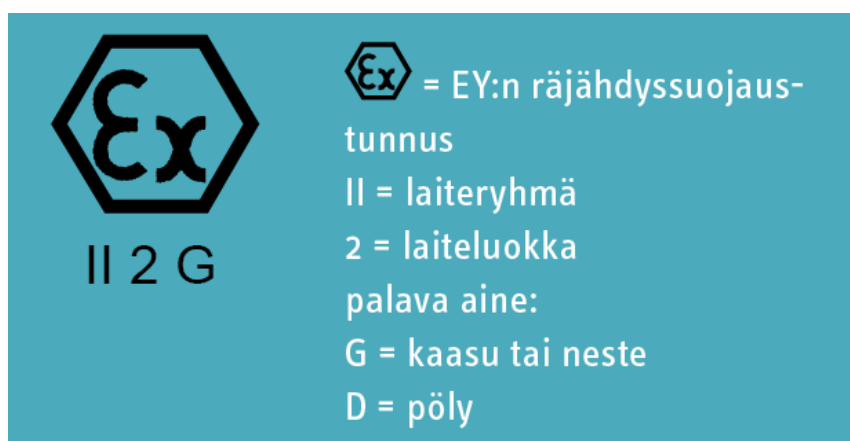
6.7 Paloturvallisuus

Hiontatyöpiesteen suunnittelussa otettiin huomioon paloturvallisuus ja sovellettavat direktiivit. Suojaseinärakenne on suljettu tila, jossa esiintyy jatkuvasti tai pitkäkestoisesti hionnasta aiheutuvaa pölyä, joka on palavaa. Tästä syystä hiontapiestessä täytyy soveltaa ATEX-työolosuhdedirektiiviä. Direktiivin tarkoituksena on suojella ihmisiä, jotka työskentelevät räjähdysvaarallisissa tiloissa, yhtenäistää EU-jäsenvaltioiden räjähdysvaarallisten tilojen ja niissä käytettävien laitteiden turvallisuusvaatimuksia sekä taata Ex-laitteiden vapaa kauppaa. Hiontapiestessä käytettävien laitteiden eli hiontatyökalujen ja valaistuksen täytyy olla Ex-laitteita, jotka on tarkoitettu käytettäväksi räjähdysvaarallisissa tiloissa. [9, s. 4]

Hiontatyöpiestelle piti määritellä tilaluokka ATEX-direktiivin mukaan, joka määrittelee minkä luokan Ex-laitteita pitää käyttää. Tilaluokka 20 vastaa hiontatyöpiestettä. Tilaluokka 20 on määritelty ATEX- direktiivissä seuraavanlaisesti:

“Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostaman räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai usein.” [9, s. 11.]

Tilaluokassa 20 pitää käyttää laiteluokan 1 laitteita [9, s. 11]. Ex- tiloihin merkityt laitteet on merkitty EY:n räjähdys-suojautunnukselle. Laiteluokan 1 laitteet ovat erittäin korkean turvallisuustason laitteita. [9, s. 8.] Esimerkki tunnuksesta on esitetty kuviossa 19.



Kuvio 19. Ex-räjähdys-suojautunnus laiteryhmään 2 kuuluvalla laitteella [9, s. 8].

7 Yhteenveto

Tämän insinööriyön tavoitteena oli löytää ratkaisu, jolla estettäisiin vaippakourujen hionta- ja korjaushitsaustyönvaiheesta aiheutuvan pölyhaitan leviäminen koko tuotantotiloihin. Tavoitteena oli myös tehdä kourujen liikuttelusta helppoa hiontatyöpisteen ja suoristuskoneen välillä. Näihin tavoitteisiin löydettiin ratkaisu, joka voidaan toteuttaa melko kohtuullisilla kustannuksilla ja työmäärällä. Insinööriyötä aloitettaessa ideana oli myös toteuttaa kyseinen ratkaisu käytännössä, mutta tämän hetken tilanne tuotannossa ei mahdollistanut sitä.

Pölyhaitan leviämisen ehkäisemiseksi suunniteltiin modulaarinen suojaseinärakenne, joka on helppo pystyttää, kun vaippakouruja on tuotannossa. Ensiksi hiontatyöpisteelle tehtiin layout-suunnitelma, jonka pohjalta etsittiin eri yritysten tarjoamia ratkaisuja Tampereen alihankintamessuilta. Ratkaisuksi löytyi Profican Oy-niminen yritys, jonka toimittamista alumiiniprofiileista saataisiin rakennettua modulaarinen suojaseinärakenne. Profican Oy:n verkkosivuilta löytyvän komponenttikirjaston avulla saatiin suunniteltua 3D-malli suojaseinärakenteelle. Suojaseinärakenteen materiaaleille laskettiin kustannus Excel-taulukkolaskentaohjelmalla. Insinööriyössä huomioitiin myös hiontatyöpisteessä sovellettavat työturvallisuus- ja paloturvallisuusnäkökohdat. Kourujen liikutteluun suunniteltiin käytettäväksi rullaratoja, joita pitkin kouruja voitaisiin liikutella hiontatyöpisteen läpi.

Valitettavasti kyseistä suojaseinärakennetta ja rullarataa ei päästy toteuttamaan ja testaamaan käytännössä, koska tällä hetkellä tuotantotiloissa ei ole tilaa sen pystyttämiseksi. Kyseinen ratkaisu on kuitenkin tarkoitus ottaa käyttöön tulevaisuudessa, kunhan muut projektit valmistuvat ja vapauttavat lattiapinta-alaa.

Muut kehityskohteet vaippakourujen tuotantoa ajatellen liittyvät niiden hitsaukseen lasertyöstökeskuksella. Tällä hetkellä asetuksiin, joita joutuu tekemään ennen hitsauksen aloittamista, menee paljon aikaa, jolloin halutaan hitsata mahdollisimman suuria eriä kerralla. Tämä kuitenkin sitoo laserin pitkäksi ajaksi vain vaippakourujen hitsaamiseen, jolloin tuotannon tasapainottaminen ei ole mahdollista. Laserhitsauksen laatu on myös hyvin vaihtelevaa riippuen eri tekijöistä, esimerkiksi laseroperaattorista tai vaippakourun suoruuudesta. Laserhitsauksen laadun vaihtelevuus aiheuttaa sen, että myöhemmissä työvaiheissa eli korjaushitsauksessa ja hionnassa työhön menevä aika vaih-

telee suuresti eri kourujen kohdalla. Nämä ongelmat olisivat ratkaistavissa esimerkiksi investoimalla railonseurantatekniikkaan, jolloin päästäisiin eroon koordinaattipisteiden määrittelemisestä ja hitsaus olisi tasalaatuisempaa.

Insinööriyön tekeminen oli mielenkiintoinen ja haastava projekti. Kiinnostavaa oli tutustua varsinkin Vertex-suunnitteluohjelman käyttöön, jolla suojaseinärakenteen 3D-mallit piirrettiin. Layout-suunnitteluun ja Lean-filosofiaan tutustuminen opettivat myös paljon ja antoivat uusia ideoita.

Lähteet

- 1 Marjosalmi, Mikko. 2009. Varaston Layout-suunnittelu ja sisäisen varastointijärjestelmän kehittäminen. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikka. Helsinki.
- 2 Liker, Jeffrey K. 2006. Toyotan tapaan. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.
- 3 Slack, Nigel; Chambers, Stuart; Johnston Robert. 2001. Operations Management. Essex, England: Pearson Education Limited.
- 4 Jääskeläinen, Janne. 2012. Virtausmallin kehittäminen AMI 400-500 – kokoonpanossa. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikka. Helsinki.
- 5 Lapinleimu, Ilkka; Kauppinen, Veijo; Torvinen, Seppo. 1997. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo: WSOY.
- 6 Kaskinen, Hannu. 2006. Metallipölyn kertyminen työntekijöiden keuhkoihin teräksen hionnassa. Verkkodokumentti. <<http://www.tsr.fi/tutkimustietoa/tata-on-tutkittu/hanke/?h=101321&n=tiedote>>. Luettu 11.10.2012.
- 7 Profican Oy. 2012. Verkkodokumentti. <www.profican.fi>. Luettu 16.10.2012.
- 8 Foiltek Oy. 2012. Hinnasto 9/2012. Verkkodokumentti. <http://www.foiltek.fi/uploads/Foiltek-hinnasto_130912.pdf>. Luettu 18.10.2012.
- 9 Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes), 2012. ATEX Räjähdyksivaarallisten tilojen turvallisuus.
- 10 Tecalemit Environment Oy. 2012. Verkkodokumentti. <www.teca.fi>. Luettu 1.11.2012.
- 11 Lappeenranta University of Technology. Hybridihitsaus. Verkkodokumentti. <<http://www.lut.fi/fi/technology/Sivut/Default.aspx>>. LUT Kone > Konepaja ja levytekniikka > Lasertyöstö > Lasertyöstöprosessit > Laserhitsaus > Hybridihitsaus. Luettu 24.11.2012.
- 12 Meluton Oy. 2012. Verkkodokumentti. <<http://meluton.fi/tuotteet/aanieristeet/aeaenieristeet-bitumi>>. Luettu 27.11.2012.

Kiertoilmapuhdistuksen arviointi



Hakaniemen Metalli Oy
Vantaa

Kiertoilmapuhdistuksen arviointi



clean air solutions

zehnder

Zehnder Group Nordic AB
Hietalahdenkatu 8
00180 Helsinki
FINLAND

JOHDANTO

Vantaalla toimiva Hakaniemen Metalli Oy ja sen tuotekehitykseen erikoistunut tytäryhtiö High Metal Production Oy suunnittelevat ja valmistavat ruostumattomasta ja haponkestävästä teräksestä innovatiivisia ohutlevyrakenteita hitsaavaa lasertekniikkaa hyödyntämällä. (www.hakmet.fi)

Tässä raportissa arvioinnin kohteena on Hakaniemen Metalli Oy:n Vantaan Linjatie 3:ssa sijaitseva tuotantohalli. Tuotantohalli on alaltaan yhteensä noin 3125m². Tilan korkeus on noin 7,2m, joten tilan tilavuus on yhteensä noin 22500m³.

Zehnder Clean Air Solutions vähentää tehokkaasti pölypitoisuutta. Ratkaisut tarjoavat paljon etuja:

- Puhdas ilma työpaikalla
- Laitteiden parempi tuottavuus
- Laitteet altistuvat vähemmän pölylle, tämä pienentää huolto- ja korjauskustannuksia
- Kattoon sijoittamalla järjestelmä tasaa myös lämpötilaa
- Henkilökunnan hyvinvointi ja työn laatu paranevat
- Tuotteet pysyvät puhtaampina, tämä parantaa yrityksen imagoa
- Vähemmän pölyä tarkoittaa myös vähemmän siivousta

Zehnder Flimmer ®-järjestelmän avulla pölyhiukkaset suodatetaan pois ilmasta mahdollisimman läheltä pölylähdettä. Näin estetään tehokkaasti pölyn leviäminen tiloihin.

MITTAUSMENETELMÄT

Kohteesta on mitattu TSI DustTrak 8530 – laitteen avulla tilanne ennen Zehnderin kiertoilmapiuhdistusjärjestelmän asennusta. Tämän mittauksen tulokset ovat nähtävillä tässä raportissa.



TSI DustTrak 8530-laite mittaa kaikki hiukkaset kooltaan 0,1-10,0 µm (hengitettäviä hiukkasia) ja ilmoittaa tuloksen µg (hiukkaspitoisuus) /m³ (ilma). Laite tallentaa tiedot mittauksen aikana ja ilmoittaa 5 min keskiarvon.

Zehnderin kiertoilmapiuhdistusjärjestelmän vaikutukset todennetaan laiteasennuksen jälkeen aistiarvioinnin lisäksi myös uusimalla mittaus asennuksen jälkeen. Näin varmistamme asennuksen tulokset aina myös objektiivisesti.

MITTAUSPISTE JA -AIKA

Tämän mittauksen mittauspiste (laitteena DustTrak 8530) oli keskeisellä paikalla tuotantohallissa, palopostin päällä (kts. kuva 1). Ensimmäinen esimittaus suoritettiin aikavälillä 10.11. – 18.11.2011 ja toinen esimittaus aikavälillä 30.8. – 6.9.2012.

Esimittausten välillä kohteessa on tehty muutoksia tuotantoprosessiin.



Kuva 1: tuotantohalli ja mittauspiste

MITTAUSTULOKSET

Mittaustulokset on esitetty koko aikavälin kaavioina, jotta on mahdollista arvioida tilan hiukkastasoja aktiivisina ja passiivisina hetkinä. Mittauksista on lisäksi eriytetty yhden vuorokauden kaaviot tarkempaa tarkastelua varten.

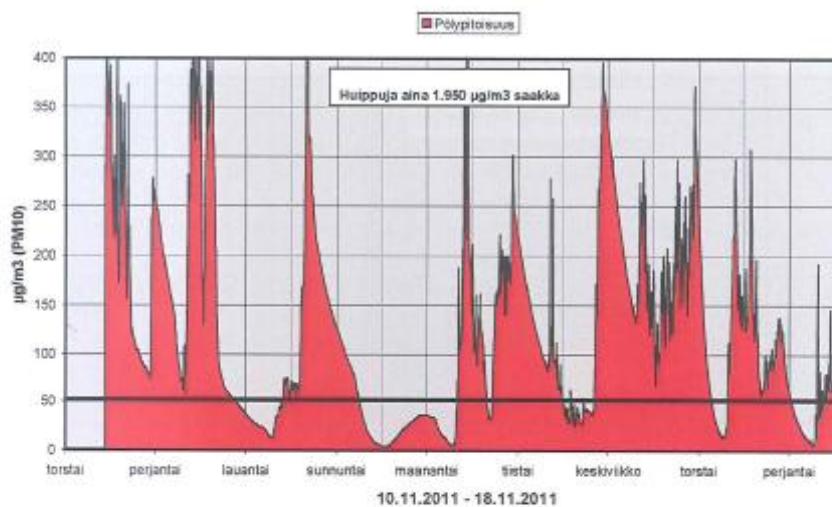
Ensimmäisen ja toisen mittausjakson välissä tehdyt tuotannolliset muutokset ovat todennäköisesti alentaneet tilan hiukkastasoja.

Ensimmäisen mittauksen perusteella on nähtävissä, että tilan hiukkastasot ovat melko isot (keskiarvo $124 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Mittauksen arvot ovat korkeimmillaan jopa $1950 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

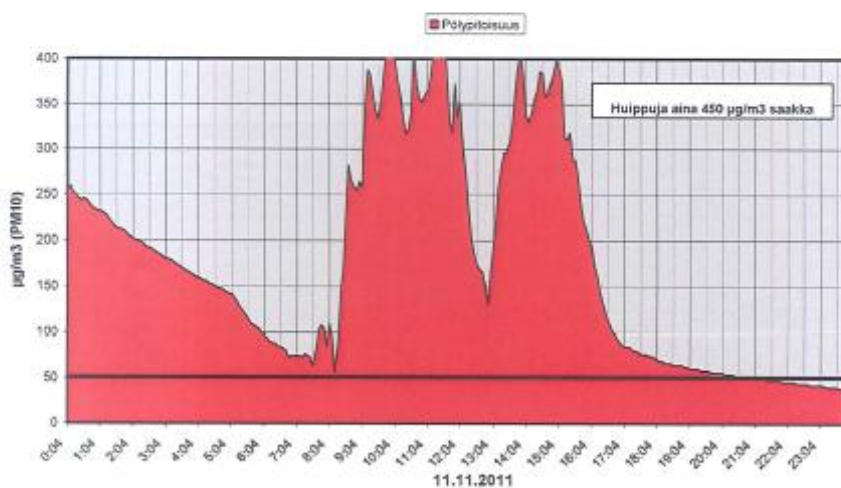
Arvot ovat vähentyneet toisen mittauksen osalta keskiarvoon $64 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mutta ovat edelleen kohtalaiset. Tämän mittauksen arvot ovat korkeimmillaan $900 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Mittauksesta on nähtävissä myös, että työaikana arvot ovat selkeästi yli $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, joka on WHO raja-arvo huonolle ulkoilmanlaadulle.

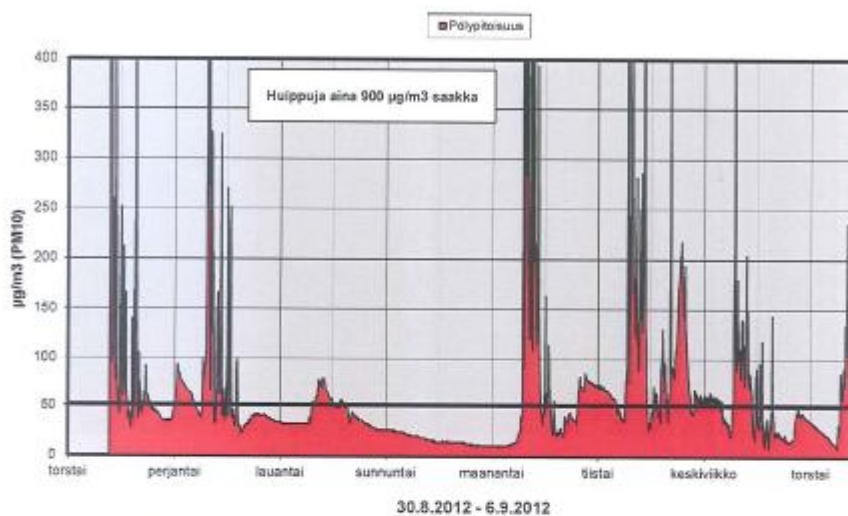
Hakaniemenmetalli - Tuotantosali - Ennen asennusta
TSI DustTrak , 5 min mittausperiodi



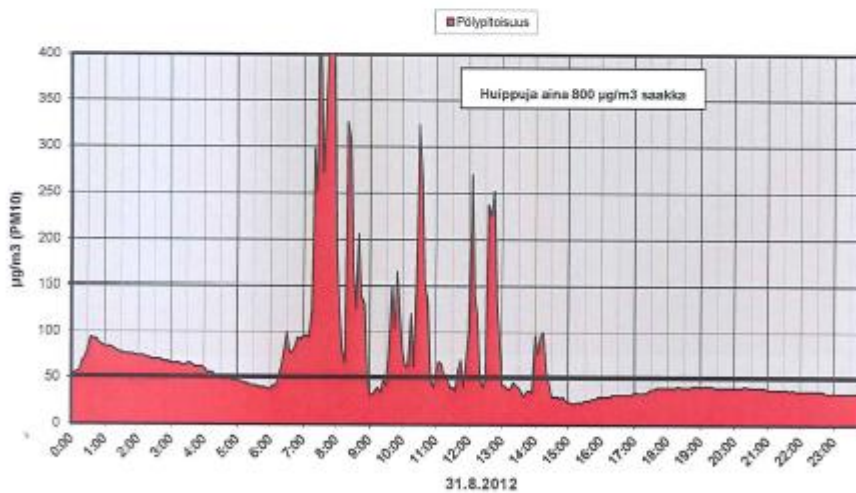
Hakaniemenmetalli - Tuotantosali - Ennen asennusta
TSI DustTrak , 5 min mittausperiodi



Hakaniemenmetalli - Tuotantosali - Ennen asennusta
TSI DustTrak , 5 min mittausperiodi



Hakaniemenmetalli - Tuotantosali - Ennen asennusta
TSI DustTrak , 5 min mittausperiodi



ASENNUSSUUNNITELMA

Asennussuunnitelman pohjana ovat arviointikeskustelut asiakkaan kanssa, hiukkasmittauksen tulokset, aisteihin perustuva arviointi sekä pohdinta toimivista asennuspaikoista.

Suositan tuotantohallin kattoon asennettavaksi kahdeksan Zehnder Flimmer® E6000 – kiertoilmapuhdistinlaitetta. Yksiköt on varustettu EC-puhaltimin, jotka edustavat energiatehokkaan ilmanvaihtotekniikan viimeisintä kehitystä.

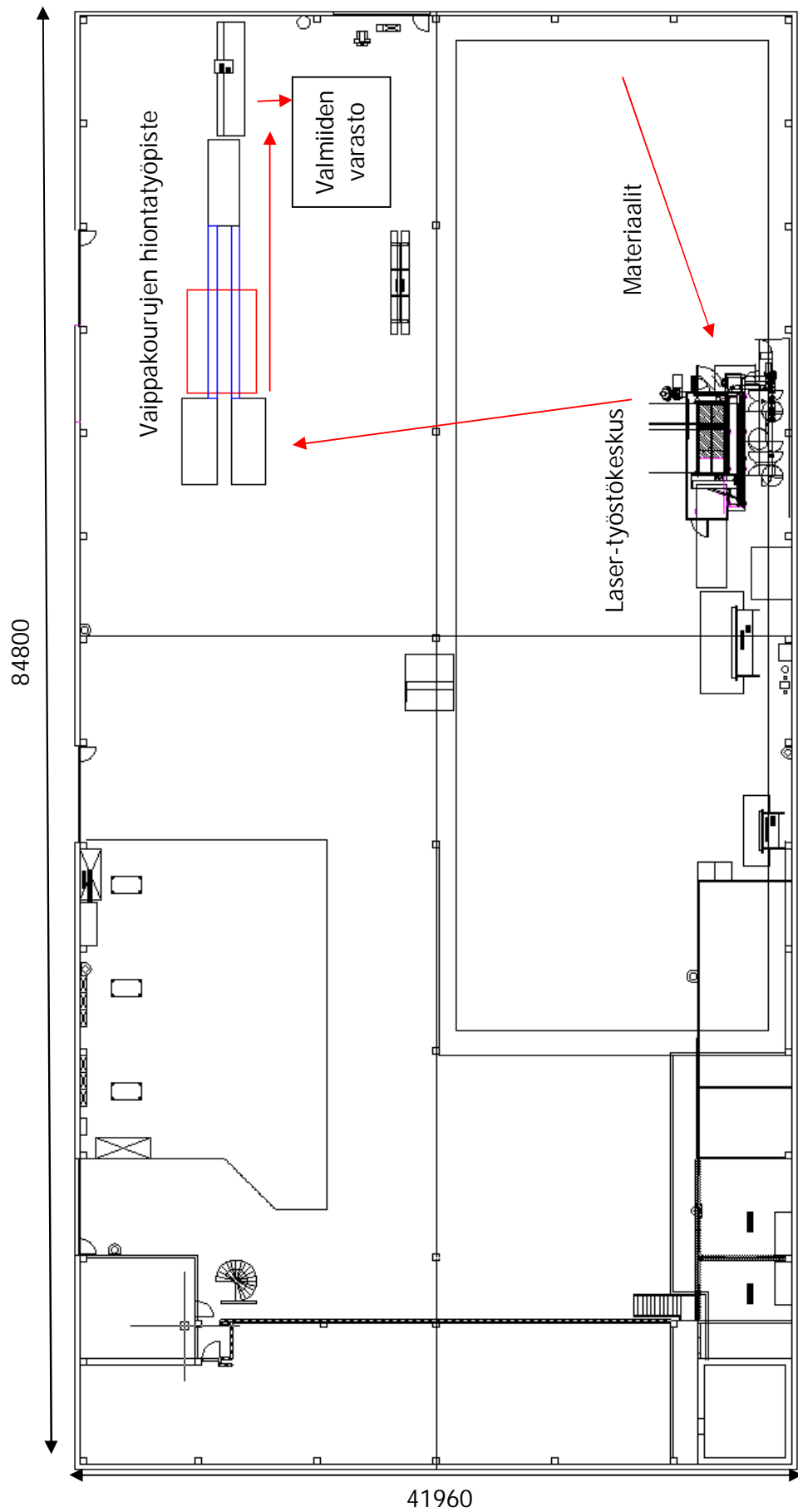
Järjestelmää käytettäessä normaalilla käyntinopeudella, on ilman läpivirtaama yhteensä 33600m³/h. Kohteen tilavuus on noin 22500m³, joten koko tilan ilma kiertää laskennallisesti 1,5 kertaa tunnissa järjestelmän läpi. Asennuspaikat ja todelliset käyntinopeudet tulee määritellä ennen asennusta, jolloin saavutamme suurimmat hyödyt. Järjestelmää on mahdollista käyttää eri teholuvin eri aikoina.

Zehnder Flimmer® E6000

Tilavuusvirtaama	0–6000 m ³ /h
Verkköjännite	230 V AC, 50–60 Hz, 3,3 A
Tehon kulutus	335 W, kun 4200 m ³ /h, 62 dB (A)
Flimmer® -suodatin	vastaa luokkaa F9
Paino	140 kg
Mitat	1260 x 760 x 1010 mm

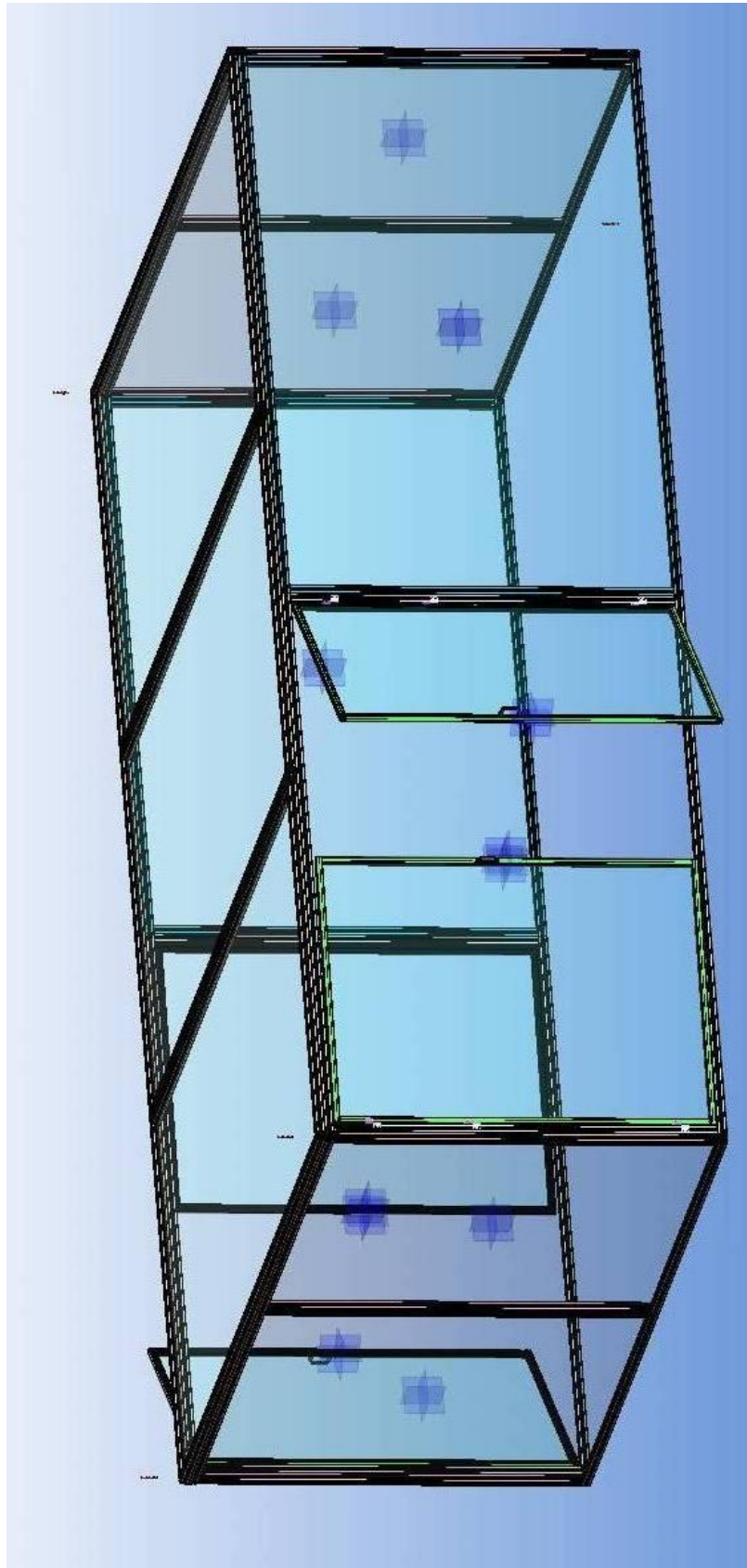


High Metal Productionin tuotantohallin pohjapiirros



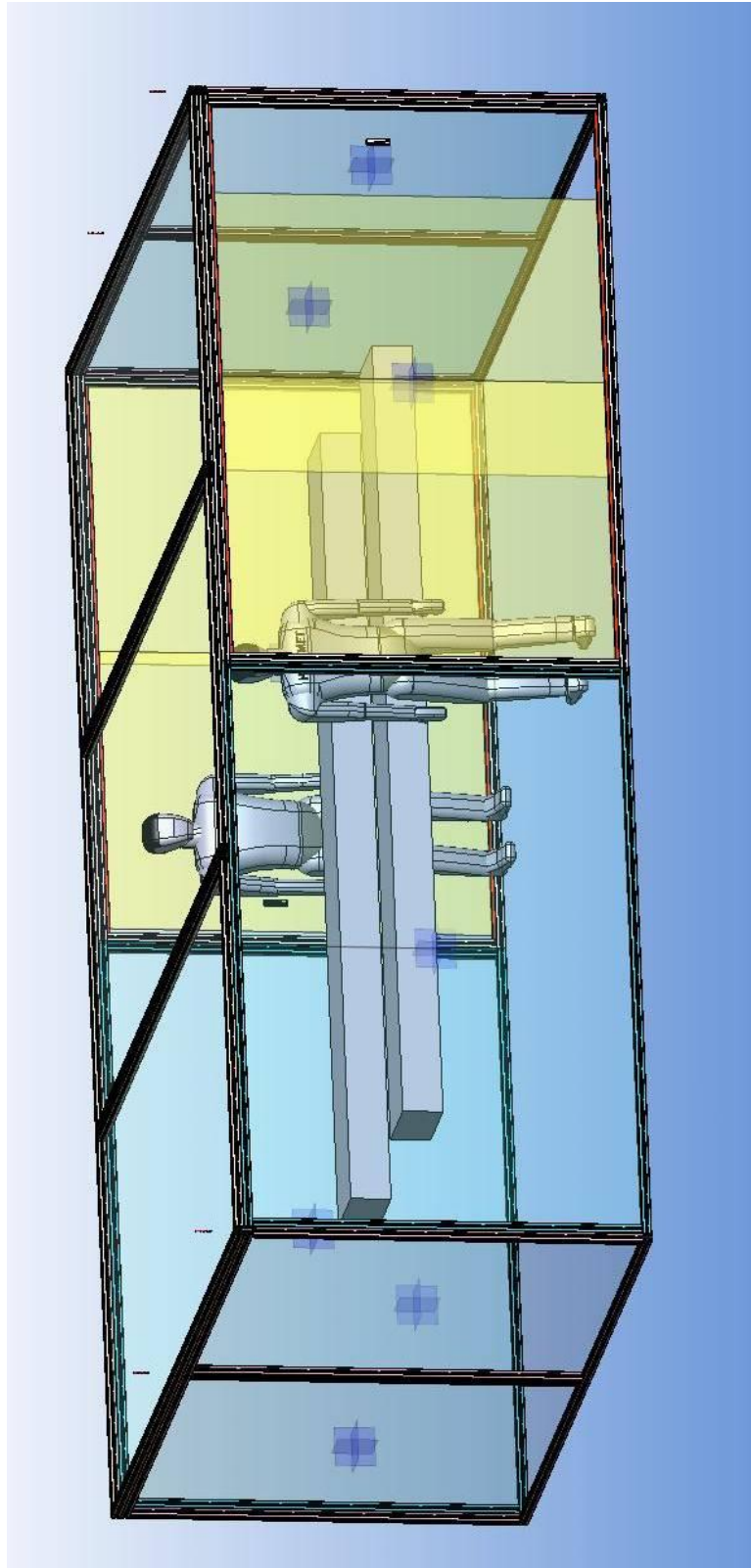
Suojaseinärakenteen kokoonpanomalli

Hiontatyöpuitekokoonpanomalli sarana-ovilla



Suojaseinärakenteen kokoonpanomalli

Hionatyöpuiston kokoonpanomalli liukuovilla



Kustannuslaskenta hiontakopin materiaaleille					
Hiontakopin osa:	100103 Katto moduuli	Kpl määrä:	3	Hinta yht.;	701,502 €
Osa/Nimike	Kuvaus	Määrä:	Yksikkö	Yksikkö hinta	Hinta yhteensä
N0115	Alumiini profiili	11,820	m	14,67 €	173,40 €
Katon keskipala	Polykarbonaattikennolevy 3kr. 6mm	7,6436	m ²	18,40 €	140,64 €
100112	Levy	3940 x 1940	mm x mm		
N0714	Asennuslista	10,268	m	1,32 €	13,55 €
				Yht.	327,60 €
Hiontakopin osa:	100101 Pääty moduuli	Kpl määrä:	4	Hinta yht.;	502,79 €
Osa/Nimike	Kuvaus	Määrä:	Yksikkö	Yksikkö hinta	Hinta yhteensä
N0115	Alumiini profiili	7,866	m	14,67 €	115,39 €
100108	Levy	1963 x 1940	mm x mm		
N0714	Asennuslista	7,806	m	1,32 €	10,30 €
				Yht.	125,70 €
Hiontakopin osa:	100102 Sivumoduuli	Kpl määrä:	2	Hinta yht.;	312,46 €
Osa/Nimike	Kuvaus	Määrä:	Yksikkö	Yksikkö hinta	Hinta yhteensä
N0115	Alumiini profiili	9,776	m	14,67 €	143,41 €
100113	Levy	2892 X 1963	mm x mm		
N0714	Asennuslista	9,71	m	1,32 €	12,82 €
				Yht.	156,23 €
Hiontakopin osa:	100106 Sivumoduuli liukuovilla	Kpl määrä:	2	Hinta yht.;	375,89 €
Osa/Nimike	Kuvaus	Määrä:	Yksikkö	Yksikkö hinta	Hinta yhteensä
N0115	Alumiini profiili	9,776	m	14,67 €	143,41 €
100109	Levy (OVI)	2kpl 1450X1925	mm x mm		
N0413	Liukukisko	5,73	m	5,29 €	30,31 €
N1444	Umpivedin profiilista	2	kpl	7,11 €	14,22 €
N1345	PE Rulla	1	kpl	1,45 €	1,45 €
				Yht.	189,40 €
Hiontakopin osa:	100106 Sivumoduuli sarana ovill	Kpl määrä:	2	Hinta yht.;	554,20 €
Osa/Nimike	Kuvaus	Määrä:	Yksikkö	Yksikkö hinta	Hinta yhteensä
N0115	Alumiini profiili	9,776	m	14,67 €	143,41 €
N0163	Alumiini profiili	13,14	m	6,60 €	86,72 €
100116	Levy (OVI)	2kp 1390x1893	mm x mm		
N1442	Vedin	2	kpl	4,70 €	9,40 €
N1406	Sarana	6	kpl	6,26 €	37,56 €
				Yht.	277,10 €
Kiinnittimet					
Osa/Nimike	Kuvaus	Määrä:	Yksikkö	Yksikkö hinta	Hinta yhteensä
N1181	Asennuslevy 45x90x40	30	kpl	4,18 €	125,40 €
N3145	Matalakantaruuvi M8x43	100	kpl	0,32 €	32,00 €
N5510	Valssaaava kierretappi M8	1	kpl	42,15 €	42,15 €
N5630	Olakepora	1	kpl	55,72 €	55,72 €
	<u>Kokonaishinta likuovilla:</u>				
	2 152 €				
	<u>Kokonaishinta sarana ovilla:</u>				
	2 330 €				

Polypropeeni-kennolevyjen hinnat			
Kuvaus	Koko	Hinta €/m2	Hinta yhteensä
Tumman sininen	2x2200x3200	3,00 €	190 €
Valkoinen	3x1220x3000	4,25 €	269 €
Musta	3x31220x3000	4,50 €	285 €
Transparen	3x1220x3000	4,25 €	269 €
Valkoinen	3,5x1220x2750	5,50 €	349 €
Valkoinen	5x1220x2750	10,00 €	634 €
Valkoinen	5x2050x3050	10,00 €	634 €
Valkoinen	5x2050x6000	12,00 €	761 €

Leyt	Kanta	Korkeus	Pinta-ala m2	Kpl määrä	Pinta-ala yht.
100112	3,94	1,94	7,6	2	15,3
100108	1,963	1,94	3,8	4	15,2
100113	2,892	1,963	5,7	2	11,4
100109	1,45	1,925	2,8	4	11,2
100116	1,39	1,863	2,6	4	10,4
				Yhteensä	63,4