



Karelia-ammattikorkeakoulu  
Konetekniikka (AMK)

# Nestetankkien tekninen puhtaus

Veli-Ville Korpela

Opinnäytetyö, kesäkuu 2024

[www.karelia.fi](http://www.karelia.fi)



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Kesäkuu 2024**  
**Konetekniikka**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
+358 13 260 600 (vaihde)

Tekijä  
Veli-Ville Korpela

Nimeke  
Nestetankkien tekninen puhtaus

Toimeksiantaja  
HANZA Mechanics Joensuu Oy

#### Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä ideoidaan keinoja rajoittaa nestetankkeihin kertyvää partikkelimäärää nestetankkien tuotannossa ennen pesuprosessia. Myös pesuprosessin jälkeisiä vaiheita käsitellään, jotta saadaan varmistettua asiakkaille heidän puhtausvaatimuksensa täyttävät tuotteet.

Aluksi käsitellään teknisen puhtauden termiä, sekä puhtauden perustana käytettäviä standardeja ja niiden sisältämiä keinoja koskien nestetankin puhdistamista ja puhtauden mittausta. Lisäksi huomioidaan nestetankkien tuotantoprosessin työympäristön vaikutus.

Lopussa arvioidaan ideoiden toteutusmahdollisuuksia niiden kustannukset, mahdolliset toteutusaikataulut ja tuotantotilarajoitukset huomioiden.

Kieli  
suomi

Sivuja 33

Asiasanat  
nestetankki, tankki, partikkeli, puhtaus, hitsaus



**THESIS**  
**June 2024**  
**Mechanical engineering**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
FINLAND  
+ 358 13 260 600 (switchboard)

Author  
Veli-Ville Korpela

Title  
Technical cleanliness of fluid tanks

Commissioned by  
HANZA Mechanics Joensuu Oy

Abstract  
In this thesis, ways to limit the amount of particles sticking to fluid tanks in the production of fluid tanks before the washing process are devised. The steps after the washing process are also discussed in order to ensure that the customers have products that meet their cleanliness requirements.

At first, the term technical cleanliness is discussed, as well as the standards used as a basis for cleanliness and the methods they contain regarding the cleaning of the fluid tank and the measurement of cleanliness. In addition, the effect of the working environment of the fluid tank production process is taken into account.

At the end, the implementation possibilities of the ideas are evaluated, taking into account their costs, possible implementation schedules and production space limitations.

Language  
Finnish

Pages 33

Keywords  
fluid tank, tank, particle, cleanliness, welding

# Sisältö

1	Johdanto .....	5
2	Lähtökohdat ja tietoperusta.....	6
2.1	Standardit .....	6
2.2	Tekninen puhtaus .....	6
2.3	Sallitut partikkelitasot .....	7
2.4	Nestetankin puhdistaminen nesteellä .....	7
2.5	Nestetankin partikkelianalyysi.....	8
2.6	Cleanliness Grade .....	9
2.7	Nykyinen työympäristön puhtaustaso .....	11
3	Nestetankin valmistamisen työvaihekohtaiset partikkelilähteet.....	12
3.1	Levyleikkeiden leikkaus .....	13
3.2	Levyleikkeiden särmäys.....	13
3.3	Nestetankkien hitsaus.....	14
3.4	Koeponnistus.....	14
3.5	Maalaus .....	15
3.6	Kokoonpano.....	15
4	Partikkelimittaukset työvaiheittain .....	16
5	Kehitysideat .....	21
5.1	Leikkauksen ja särmäyksen kehitysideat.....	22
5.2	Hitsauksen ja koeponnistuksen ideat.....	23
5.3	Logistiikan ja kokoonpanon kehitysideat.....	25
5.4	Osto-osiin liittyvät kehitysideat.....	26
6	Ideoihin pohjautuvat toimenpiteet tuotannossa .....	27
6.1	Välittömät toimenpiteet nestetankkien tuotantoprosessissa.....	28
6.2	Pidemmän aikavälin toimenpiteet nestetankkien tuotannossa.....	29
7	Johtopäätökset .....	31
7.1	Tavoitteet ja hyöty.....	31
7.2	Oma oppiminen .....	31
	Lähteet.....	33

## 1 Johdanto

Työn tavoitteena on tarkastella epäpuhtauksien lähteitä, ja ideoida keinoja epäpuhtauksien vähentämiseksi nestetankkien tuotantoprosessin jokaisessa vaiheessa. Nestetankkeihin päätyviä epäpuhtauksia vähentämällä saadaan kevennettyä pesuprosessin kuormitusta. Nestetankkeihin kohdistuvan pesuprosessin tulevien päivitysten takia opinnäytetyössä ei käsitellä pesuprosessia, vaan keskitytään tapahtumiin ennen ja jälkeen pesua. Pesun jälkeen tavoitteena on säilyttää tankkien puhtaustaso asiakkaan asettaman puhtaustasovaatimuksen sisällä.

Tuotteen puhtauden selvittäminen ja sen jatkuva kontrollointi ovat oleellisia toimia, jotta voidaan vaikuttaa tuotannossa syntyviin epäpuhtauksiin. Tuotteiden puhtauden tasoa valvomalla ja todistamalla varmistetaan asiakkaalle, että heidän puhtaustasovaatimuksiaan noudatetaan.

Opinnäytetyössä käsitellään teknistä puhtautta koskien tehtaalla valmistettavia hydraulij- ja polttoainetankkeja, joista puhutaan opinnäytetyössä yleisesti nestetankkeina.

Opinnäytetyö tehdään HANZA Mechanics Joensuu Oy:n toimeksiantona. HANZA Mechanics Joensuu Oy tunnettiin aiemmin nimellä HANZA Levyprofiili Oy, ja sitä ennen Suomen Levyprofiili Oy. Yritys perustettiin vuonna 1998 Joensuussa ja on sieltä kasvanut maailmanluokan levytuotevalmistajaksi. HANZA AB osti Suomen Levyprofiili Oy:n, jolloin Levyprofiili liittyi osaksi HANZA:n Suomen klusteria. Suomen klusteriin kuuluu Joensuun tehtaan lisäksi myös Heinävedellä sijaitseva HANZA Mechanics Heinävesi Oy sekä Iisalmella sijaitseva HANZA Mechanics Iisalmi Oy.

## 2 Lähtökohdat ja tietoperusta

Opinnäytetyössä on käytettävä kirjallisuutta, jonka pohjalta tietoperusta rakentuu. Työn suorittamiseksi on perehdyttävä aiheeseen liittyvään kirjallisuuteen, jota hyödynnetään työtä tehdessä. Tässä osiossa esitellään opinnäytetyössä käytettävä kirjallisuus sekä kirjallisuudesta ilmenevät opinnäytetyöhön vaikuttavat tekijät. Kirjallisuutta käytetään yleisenä tietoperustana ja se ei kerro mitä metodeja HANZA Mechanics Joensuu Oy:lla on käytössä koskien nestetankkien teknistä puhtautta.

### 2.1 Standardit

Teoriaosuus pohjautuu työpaikalla käytettäviin ja sovellettaviin standardeihin. Olennaisena osana teknistä puhtautta ovat Saksan autoteollisuuden standardit VDA 19 osa 1 & 19 osa 2, sekä ISO standardit 16232 ja 18413. VDA 19 osa 1 ja ISO 16232 käsittelevät tuotteiden erilaisia puhdistusmenetelmiä sekä tuotteiden puhtauden analysointia. Standardista selviää mitkä puhdistusmenetelmät soveltuvat parhaiten tietyn muotoisille geometrioille sekä se kertoo puhdistusmenetelmien kyvyistä päästä tiettyihin puhtausrajoihin. VDA 19 osa 2 käsittelee tuotannossa olevia epäpuhtauden lähteitä sekä opastaa torjumaan epäpuhtauksia kyseisistä lähteistä. Tässä opinnäytetyössä nestetankkien partikkelitestaukset tehdään ISO-8502-3 standardin mukaisilla teippitesteillä. Testeillä havainnoidaan nestetankkien tiettyjen pintojen standardin mukaista partikkelimäärää sekä partikkelikokoa.

### 2.2 Tekninen puhtaus

Tekninen puhtaus tarkoittaa partikkeleille herkkien teknisten komponenttien riittävän vähäistä kontaminaatiota. Jos komponentin tai tuotteen partikkelitaso on riittävän alhainen ollakseen aiheuttamatta järjestelmässä toimintahäiriöitä tai ennenaikaista kulumista, teknisen puhtauden näkökulmasta komponentti tai tuote on riittävän puhdas. (Hopper 2023.)

Teknisesti puhtaiden yksittäisten komponenttien kasaaminen teknisesti puhtaaseen lopputuotteeseen pitää sisällään monta tekijää, jotka voivat saastuttaa tuotteen. Näihin kuuluvat esimerkiksi ilmaitse kulkeutuvat partikkelit, likaiset komponenttipakkaukset, hitsaus, jälkityöstö, tehtaalla tapahtuva liikenne, sekä henkilöstöstä tuotteeseen päätyvät partikkelit. (VDA 19 osa 2, 2010, 20.)

### **2.3 Sallitut partikkelitasot**

Tuotannossa olevilla nestetankeilla on asiakkaan vaatima puhtaustaso. Puhtaudelle on asetettu maksimi partikkelikoko, samoin kuin suurinta hyväksyttävää partikkeleiden kokonaismäärää on rajoitettu pinta-alayksikköä kohden (mg / m<sup>2</sup>).

Tuote on hyväksyttävissä, jos sen raportoitu puhtaus on vähintään asiakkaan asettamalla vaaditulla tasolla. (ISO 18413, 2015, 15.)

Puhtausmittauksen tavoitteena on havaita likaantumisen pinnoilla, jotka ovat tankin toiminnalle tärkeitä. Käytännössä tarkoitetaan sisäpintoja, joiden kanssa tankkiin täytettävä polttoaine tai hydraulineeste on kontaktissa. (ISO 16232, 2018, 13.)

Moni nykyaikainen hienomekaaninen laite on herkkä likapartikkeleille, varsinkin hydraulijärjestelmät. Partikkelit voivat kiilautua pieniin rakoihin tai tukkia suuttimia. (HYDAC 2022.)

### **2.4 Nestetankin puhdistaminen nesteellä**

Standardi VDA 19 osa 1 käsittelee tuotteen sisägeometrioiden puhdistamista muiden geometrioiden ohella. Tässä osiossa keskitytään nestetankkien sisäpintojen puhdistamiseen nesteen avulla. Sisäpintojen puhdistamiselle on monia keinoja, mutta eri keinot eivät sovellu kaikille muodoille ja materiaaleille. Painepesussa epäpuhtauksia irrottaa parhaiten paineistetun nesteen törmäminen kappaleen pintaan. Myös ulosvirtaava neste irrottaa partikkeleita

kappaleen pinnasta. Painepesu sopii parhaiten ulkogeometrioille, mutta myös helposti käsiksi päästäville sisäpinnoille. Pesurin suutin on valittava geometrian mukaan ja pesuria käyttävän henkilön tulee pestä kappale tasaisesti ja huolellisesti. (VDA osa 1, 2015, 80.)

Sisähuuhtelussa kappale täytetään kokonaan läpivirtaavalla nesteellä. Jotta epäpuhtaudet saadaan irtoamaan, on läpivirtauksen oltava turbulентtinen. Tämä puhdistusmenetelmä sopii paremmin putkiston tyyppisille geometrioille, kuin nestetankeille. Jos sisähuuhtelua käytettäisiin nestetankin tyyppisissä tuotteissa, olisi huuhtelulähteitä oltava useassa kohdassa, jotta saataisiin riittävä virtaus kattavasti koko tuotteen sisäosaan. (VDA osa 1, 2015, 97–98.)

Ultraäänipuhdistuksen toiminta perustuu siihen, että ultraääni muodostaa kappaleen pinnalle painepiikkejä, kun kavitaation aiheuttamat kuplat räjähtävät. Metodissa neste reagoi ultraääneen kappaleen pinnalla. Ultraäänen tehoa kasvattamalla ja taajuutta pienentämällä voidaan kasvattaa puhdistuksen voimakkuutta. (VDA osa 1, 2015, 89.)

Agitaatiossa kappale täytetään osittain nesteellä ja kappaletta ravistetaan tarvittavan suurella liikkeellä. Neste irrottaa seinämiltä epäpuhtauksia, jotka poistuvat valutettaessa neste ulos kappaleen sisältä. On tärkeitä täyttää kappaleen sisäosasta nesteellä noin 30 % – 40 %, jotta agitaatio toimii optimaalisesti. Kyseinen menetelmä sopii hyvin nestetankin tyyppisille tuotteille. (VDA osa 1, 2015, 105–106.)

## **2.5 Nestetankin partikkelianalyysi**

Painoanalyysi eli gravimetria on yksinkertainen ja tarkka tapa mitata nestetankista irtoavien partikkeleiden kokonaismassa. Analyysissä käytettävä suodatin punnitaan ennen suodatusta, jotta tiedetään puhtaan suodattimen massa. Pesuneste ohjataan suodattimen läpi, joka ottaa talteen nestetankista nesteeseen irronneet partikkelit. Suodatin ja siihen kertyneet partikkelit kuivataan ja punnitaan. Punnitustuloksesta vähennetään suodattimen massa, jolloin partikkeleiden kokonaispaino on selvillä. Saatu arvo jaetaan nestetankin sisäpintojen kokonaispinta-alalla, jolloin tiedetään, kuinka monta milligrammaa

partikkeleita on pinta-alayksikköä (mg / m<sup>2</sup>) kohden keskimäärin. Näytteen kuivausaika riippuu analyysisuodattimesta, sekä nesteestä, josta näyte suodatetaan. Käytännössä kuivausaika on optimaalinen, kun näytteen paino ei enää muutu nesteen haihtumisen takia. Gravimetria ei kerro mitään partikkeleiden koosta, muodosta, laadusta tai yksittäisen partikkelin mahdollisesti aiheuttamasta vahingosta hydraulii- tai polttoainejärjestelmässä. (VDA 19 osa 1, 2015, 137–139.)

Mikroskoopin avulla voidaan tarkastella ja mitata partikkelikokoja gravimetrianäytteestä. Ongelmana on, että mitattavien partikkeleiden olisi oltava mahdollisimman erottuvia ja pienissä määrin esiintyviä, jotta niistä saadaan luotettava mittaustulos. Yleensä mikroskoopilla tarkastellaan näytteistä yli 50µm kokoisia partikkeleita. (VDA 19 osa 1, 2015, 144–145.)

Mikroskooppi ohjelmoituna mahdollistaa automaattisen partikkelimäärän laskennan, ja se osaa jakaa partikkelit kokoluokkiin. Tuloksesta voi nähdä heti, onko maksimipartikkelimäärä tai suurin partikkelikoko liian suuria asiakkaan puhtausvaatimuksiin nähden. Mikroskoopin ohjelmisto osaa luokitella erilaatuiset partikkelit ryhmiin, esimerkiksi kuituihin tai kiiltäviin partikkeleihin. Ohjelma mahdollistaa eri partikkeliryhmien eriaikaisen tarkastelun, sekä myös suurimpien havaittujen partikkeleiden erillisen tarkastelun. Mikroskoopin käyttöarvoina nestetankkien näytteiden tarkastelussa käytetään VDA 19 osa 1 standardin suosittamia arvoja.

## **2.6 Cleanliness Grade**

Standardi VDA 19.2 käsittelee tuotannossa olevien epäpuhtauksien lähteitä sekä epäpuhtauksien torjumista. Työympäristön nimettyjen alueiden, yleensä tiettyyn tarkoitukseen käytettävien huoneiden puhtausvaatimukset voidaan jakaa neljään cleanliness grade (CG) -tasoon: CG0, CG1, CG2 ja CG3. CG-taso määrittää kyseisen huoneen tai rajatun tilan puhtauteen liittyvät vaatimukset. Alueet luodaan suojaamaan tuotteita, pintoja ja työkaluja ympäristön vaikutuksilta. Työtilan CG-tason valintaan vaikuttaa, kuinka puhtaan tuotteen on oltava työvaiheen jälkeen. Joissakin tapauksissa tuote voidaan

valmistaa alusta loppuun esimerkiksi puhdastilassa (CG3), kun taas toisaalla puhtautta ei tarvitse ottaa erityisesti huomioon. (VDA osa 2, 2010, 35–36.)

CG0-alueella puhtautta ei erityisesti valvota ja likaantumista ei rajoiteta. Kokoonpano- ja tuotantotilat voivat olla samaa tilaa ja epäpuhtauksien pääsyä lopputuotteeseen ei ole rajoitettu. (VDA osa 2, 2010, 35.)

CG1-alue on rajattu alue, joka on erotettu muusta tilasta lattiateippauksen, väliseinän tai verhon avulla. Alueen sisällä tapahtuva toiminta on erotettu muusta ympäristöstä siten, että alueella noudatetaan tuotteelle asetettuja puhtausvaatimuksia. Alueen ilmanvaihto ei vaadi erityisestä puhdasilmasuodatusta, vaan on sama kuin muualla huoneessa. Rajatulle alueelle kulkeutuvat pakkaukset ja tavarat tuovat helposti mukanaan ylisuuria partikkeleita, jotka voivat päätyä esimerkiksi kokoonpanon aikana lopputuotteeseen. Rajatulle alueelle kulkeva työntekijä voi myös tuoda ympäristöstä vastaavia partikkeleita. Ilmateitse kulkeutuvia partikkeleita rajoitetaan osittain, eli esimerkiksi alue voidaan verhota, mutta se ei takaa, etteikö partikkeleita päätyisi tuotteeseen. Työpisteen irtopartikkelien siistiminen on tärkeää erityisesti paikoista, joissa valmistettavaa tuotetta käsitellään, mutta muuten kevyempi siistiminen riittää. (VDA osa 2, 2010, 35, 37–38, 40, 49.)

CG2-tilassa partikkeleiden pääsyä rajoitetaan niin ympäristön, ilmanvaihdon kuin myös työntekijöiden osalta. Yli 5 µm kokoisia partikkeleita rajoitetaan osittain riippuen tuotteen puhtausvaatimuksesta. Tällaisen tilan rakentaminen vaatii kohtalaisen investoinnin, koska tila on eristettävä muusta tehdasympäristöstä omine ilmanvaihtoineen. Työntekijöiden on osattava toimia tilan ja muun ympäristön kanssa niin että partikkeleita ei päädy tilaan, sekä työvaatteista on pidettävä riittävän hyvää huolta. Samoja työvaatteita ei voida käyttää muussa ympäristössä. Tilaan saapuvat pakkaukset ja tuotteet ovat puhdistettava ennen niiden saapumista ja käyttöönottoa tilassa. (VDA 19 osa 2, 2010, 36–38, 40, 44, 74.)

CG3-tilassa eli puhdastilassa kaikkien partikkeleiden pääsyä tilaan ja kaikkia partikkelilähteitä valvotaan ja rajoitetaan tehostetusti. Ilmanvaihto on suodatettu niin, että 5 µm kokoisia partikkeleita ei päätyisi tilaan, joten tila on myös ylipaineistettu sitä varten. Tilassa muodostuvia partikkeleita rajoitetaan vahvasti

valitsemalla sopiva materiaali työvaatteille. Vaatteiden käyttökerrat pidetään pieninä, joten vaatteiden kuluminen ei aiheuta epäpuhtauksia. (VDA osa 2, 2010, 36–40, 44, 66–67, 88–89.)

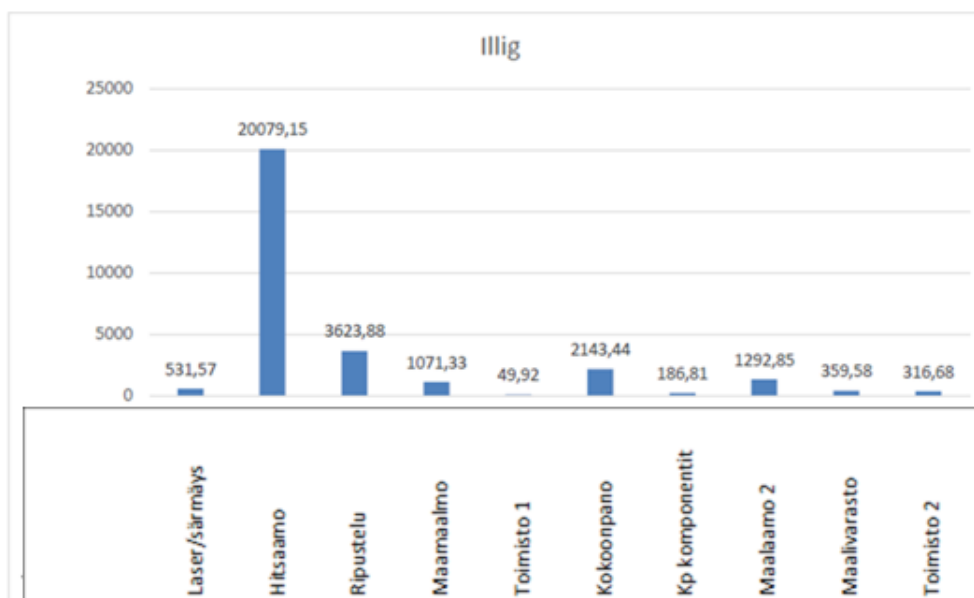
CG-tason valinta vaikuttaa huoneen tai tilan suunnitteluun, työntekijöihin sekä alueella tapahtuvaan logistiikkaan. (VDA osa 2, 2010, 37.)

## 2.7 Nykyinen työympäristön puhtaustaso

Hanza Mechanics Joensuu Oy:n tiloissa tehtiin tuotannon tilojen puhtautta määrittävä mittaus vuoden 2021 alussa. Näytteet kerättiin partikkeliansoilla, jotka analysoitiin HYDAC:n laboratoriossa Saksassa. Partikkeliansat keräsivät tietyillä alueilla ilmassa siirtyviä partikkeleita 7 päivän ajan, ja kerätystä partikkelimäärästä laskettiin yli 50 µm kokoisten partikkeleiden määrä. Partikkeliansat ovat olleet pinta-alaltaan 15,2 cm<sup>2</sup>.

Näytteiden tuloksista (taulukko 1) on laskettu Ilig-arvo, joka kertoo mitatun tilan ”kokonaispuhtauden”. Ilig-arvolla mitattuna kolme likaisinta tilaa ovat hitsaamo, maalaamon ripustelualue ja säiliöiden kokoonpanopiste. Hitsaamossa hiontapölyn määrä vaikuttaa merkittävästi tulokseen.

Normituskerroin on saatu jakamalla yksi tunti 168 tunnilla (7 päivää), joka on kerrottu referenssipinta-alan (1000 cm<sup>2</sup>) ja näytteen pinta-alan jakojäännöksellä. Eri partikkelikokoluokilla on omat painoarvot, jotka kerrotaan kokoluokkiin kuuluvien partikkeleiden määrällä ja summataan yhteen. Ilig-arvo saadaan jakamalla painotettu partikkeliarvo normituskertoimella (VDA 19 osa 2, 2010, 151–152.)



Taulukko 1. Tuotannon puhtauden Ilig-arvot.

(Mutanen M. 2022. Tuotannon illig-arvot).

Mittaukset eivät huomioi satunnaisten yksittäisten kohteiden partikkelitasoja, eivätkä myöskään työntekijästä riippuvaa likaantumista. Joistakin työvaiheista aiheutuvat partikkelit eivät myöskään näy mittauksissa, kuten esimerkiksi kierteityksestä nestetankkiin mahdollisesti päätyvät metallilastut.

### 3 Nestetankin valmistamisen työvaihekohtaiset partikkelilähteet

Tässä osiossa käsitellään nestetankin valmistuksessa työvaihekohtaisesti komponentteihin kohdistuvia partikkelilähteitä. Tankeissa käytettävät teräslevyt ovat kevyesti öljytyttyjä, lukuun ottamatta ruostumatonta terästä. Öljyisyys voi yleisesti jokaisessa työvaiheessa kerryttää levyn pintaan partikkeleita. Silmillä ja sormilla tarkastellen levymateriaalin öljykalvon paksuus on vaihtelevaa. Yleisimpänä levymateriaalina käytetään S355 rakenneterästä.

Jokaisessa työvaiheessa työntekijän vaatetuksen puhtaus vaikuttaa tankissa käytettävien osien puhtauteen. Suurimmalta osin vaikuttavaa hanskojen puhtaus, sillä hanskat ovat kontaktissa levypintaan sekä muihin liitettäviin osiin. Ennen nestetankin pesua hanskojen puhtaus ei ole kriittistä, sillä tämä lika

irtoaa levypinnasta pesussa. Kokoonpanossa pesun jälkeen tämä taas on vaikuttava tekijä, koska hanskat ovat kontaktissa asennettävien komponenttien kanssa, jolloin irtoava lika ja kuitu voi saastuttaa tankin.

### **3.1 Levyleikkeiden leikkaus**

Levyleikkeet leikataan teräslevystä laserleikkurilla, joka käyttää typpikaasua. Paksummat levyosat leikataan hapen avulla, mutta ne osat on raepuhallettava – yleisesti puhutaan ”sinkouksesta” - ennen hitsausta. Happi muodostaa leikkauspinnalle oksidikerroksen, joka voi hilseillä irti. Oksidikerros myös estää maalin tarttumisen leikkauspintaan. Leikkausvaiheessa on mahdollista, että levyleikkeiden leikkaussuunnassa nähden alapinnan reunoihin jää leikkauspursetta. Tämä ylimääräinen materiaali irtoaa helposti ja on mahdollinen tekijä osana nestetankin kontaminoitumista. Suurin osa levyjen reunoista kuitenkin hitsataan, tai ne jäävät nestetankin ulkopuolelle. Leikkeiden pinta on leikkaustyövaiheen aikana alttiina ympäristön partikkeleille. Leikkauksen jälkeen jotkut osat käyvät kierteityksessä. Kierteisiin saattaa jäädä partikkeleita, jotka irtoavat myöhemmin mahdollisesti tankin sisälle. Tankkien levyysiin tulee harvoin kierteitä ja kierteelliset osat ovat pääosin erikseen hitsattavia koneistusosia.

### **3.2 Levyleikkeiden särmäys**

Levyleikkeiden särmäykseen tullessa ja seuraavaan työvaiheeseen siirtyessä, leikkeitä kuljetetaan puulavalla, josta tarttuu levyn pintaan partikkeleita. Partikkelimäärä riippuu paljon kuljetuslavan puhtaudesta. Särmäyksen aikana on mahdollista, että levyä taivuttaessa siitä irtoaa hilsettä, joka tarttuu levyn pintaan. Hilse voi jatkaa irtoamista myös myöhemmissä työvaiheissa. Tällä hetkellä tällaista levymateriaalia ei kuitenkaan ole käytössä tankkien valmistuksessa.

### 3.3 Nestetankkien hitsaus

Hitsaus on vaativin työvaihe nestetankin puhtautta ajatellen. Hitsausprosessin edetessä tankkiin voi päätyä hitsausroiskeita. Päätyessä öljykiertoon yksikin irtoava hitsausroiske voi olla hydraulijärjestelmälle kohtalokas. Hitsatessa osia kiinni tankin ulkopuolelle, tankin sisäpinta lämpenee sauman kohdalta voimakkaasti, jolloin pintaan voi muodostua hilseileviä kohtia riippuen lämmöntuonnista levyn paksuuteen nähden. Hilse irttoa kosketuksesta ja irtoavat hilsepalat voivat olla läpimitaltaan usean millimetrin pituisia. Hilse on kuitenkin hyvin haurasta ja se hajoaa herkästi pieniksi partikkeleiksi. Hitsauksen lisäksi hitsaustyövaihe voi pitää sisällään paljon hiontaa. Hiomapöly on hienojakoista ja sitä kertyy tankin sisälle siinä määrin, että partikkelien määrä ylittää helposti asiakkaan vaatimat puhtausrajat partikkelikoon sekä maksimipartikkelimäärän puolesta. Hiomapölyä saattaa päätyä tankkeihin myös muilta hitsauspisteiltä. Vaikka hitsauspisteet ovat verhottuja, hiomapöly voi levitä ilmateitse ja laskeutua muille pisteille. Teräspartikkelit ovat tiheitä ( $7,8 \text{ g/cm}^3$ ), joten ne eivät tyypillisesti liiku ilmavirran mukana vaan niiden liike tapahtuu pääosin maan vetovoiman vaikutuksesta. Kulmahiomakone antaa kuitenkin hiukkasille kohtalaisen lähtönopeuden, ja jos hionta tapahtuu yläviistoon, partikkelit lentävät verhon yli toiselle hitsauspisteelle. Esimerkiksi  $50 \mu\text{m}$  kokoinen nokihiukkanen ( $1 \text{ g/cm}^3$ ) tippuu vetovoiman vaikutuksesta noin  $10 \text{ cm/s}$  ja liikkuu sivusuunnassa keskimäärin saman verran (VDA 19 osa 2, 39). Tämän työvaiheen jälkeen on tärkeää puhdistaa tankista kaikki irtopartikkelit ennen pesua.

### 3.4 Koeponnistus

Koeponnistus tehdään ennen tankkien pesua. Koeponnistuksessa varmistetaan tankin tiiveydestä. Avonaisten aukkojen sulkemiseksi käytetään kierteisiin kierrettäviä nippoja, sekä isommat aukot suojataan tiivistetyillä levyosilla. Kierteet ovat usein hieman muuttaneet muotoaan hitsauksen lämmöntuonnin johdosta, joten koeponnistuksen yhteydessä ”avataan” kaikki kierteet, jotka sitä vaativat. Kierteiden avaaminen tehdään mekaanisesti kierteitystyökälulla, joka muodostaa teräslastuja, jotka voivat päätyä tankin sisälle. Tärkeätä on, että

reikiä ei tarvitsisi avata enää koeponnistuksen jälkeen. Onnistuneen koeponnistuksen jälkeen tankit pestään.

### **3.5 Maalaus**

Ennen nestetankkien maalausta, ne on suojattava piirustusten vaatimalla tavalla. Yleensä suojattavat kohteet ovat reikiä, kierteitä ja koneistettuja pintoja. Samalla estetään maalin pääsy nestetankin sisäpinnoille, joista se voisi hilseillä irti tankin sisälle. Sisäosiin johtavat kierteet on suojattava hyvin, jotta niitä ei jouduttaisi avaamaan maalauksen jälkeen. Kierteiden avaamisessa on aina olemassa riski, että maalia päätyy nestetankin sisälle. Suojauksien on oltava pitäviä, koska nestetankkia ei enää pestä maalauksen jälkeen.

### **3.6 Kokoonpano**

Kokoonpanovaiheessa nestetankki on pesty ja maalattu. Maalausvaiheessa olevat suojaukset ovat edelleen paikallaan suojaamassa pääsyä tankin sisälle. Suojauksia puretaan vaihe kerrallaan kokoonpanon edetessä, jotta tankin sisälle ei päätyisi partikkeleita ennenaikaisesti.

Nestetankki kuljetetaan kokoonpanopisteelle puulavalla. Lavat eivät koskaan ole täysin puhtaita, joten on aina olemassa riski, että niistä päätyy partikkeleita tankkiin. Nestetankkien työpiste ei ole eristetty alue, joten ympäristöstä päätyvät partikkelit eivät ole hallittavissa. Työpisteiden yleinen siisteys vaikuttaa ympäristön partikkelimäärään.

Kokoonpanossa nestetankkiin liitetään komponentteja, jotka ovat pääosin ostokomponentteja. Liitettäessä komponentteja paikalleen on olemassa riski, että kierteistä irtoaa partikkeleita tankin sisäosiin. Komponentteja säilytetään pääosin kaapeissa, joita pidetään suljettuna muulloin kuin tarvittaessa. Osa komponenteista on myös yksittäispakattuja, jolloin ympäristön partikkelit eivät vaikuta niihin, muutoin kuin pakkauksen ulkopintoihin. Pienet osat, kuten pultit ja mutterit, ovat avoimissa hyllyissä alttiina ympäristön partikkeleille, mutta niitä

käytetään lähinnä kansien kiinnityksiin. Kansien kiinnitysreiät ovat umpireikiä, joten niistä ei ole suoraa pääsyä tankin sisälle.

#### **4 Partikkelimittaukset työvaiheittain**

Ennen partikkeleiden määrän vähentämiseen tarkoitettujen toimenpiteiden ideointia tehdään työvaihekohtaiset partikkelimittaukset. Mittaukset tehdään standardin ISO-8502-3 mukaisella teippitestillä. Standardia käytetään maalattujen pintojen puhtauden arviointiin, mutta tässä tapauksessa sitä käytetään apuna teknisen puhtauden arvioinnissa. Nestetankin osista otetaan teippitestillä näytteitä jokaisen työvaiheen aikana levynleikkauksesta hitsaukseen. Testien tulokset osoitetaan standardin mukaisella kaaviolla testiä 10-kertaisella suurennuksella tarkastellen. Kaavio on jaettu kuuteen tasoon, 0-tasosta 5-tasoon, joista 0-taso on puhtain. Viidestä näytteestä lasketaan keskimääräinen partikkelimäärä, joka määrittää mihin standardin mukaiseen tasoon määrä sijoittuu.

Teippitestit tehtiin tuotannossa oleville kombitankeille, jotka ovat itsessään polttoaine- sekä hydraulitankin yhdistelmä. Teippitestien yhteydessä tarkasteltiin myös hitsausvaiheeseen kerättäviä hitsattavia osto-osia visuaalisesti. Havainnollistamisen avuksi testeistä sekä visuaalisesti selkeistä partikkelikertymistä otettiin kuvia.

Leikkauksen jälkeen tehtiin ensimmäinen tarkastelu levyleikkeille (kuva 1). Levyjen pinnalla oli selvästi silmin havaittavia partikkeleita, joita päätyi myös teippiin testiä tehdessä (kuva 2). Silmin arvioiden partikkeleiden maksimikoko on noin puolen millimetrin luokkaa. Testissä otetuista kahdeksasta teippitestistä vain yhdessä on näkyvissä 0,5 mm kokoluokan metallisia partikkeleita. Kaavion mukainen taso on 3, koska partikkelit ovat selvästi silmällä havaittavissa ja maksimi partikkelikoko on 0,5 mm.



Kuva 1. Nestetankin levyleikkeet.  
(Kuva: Veli-Ville Korpela).



Kuva 2. Teippitestin jälki leikatun levyn pinnassa.  
(Kuva: Veli-Ville Korpela).

Särmäyksen jälkeen tehdyssä leikkeiden tarkastelussa huomio kohdistui kahteen selvästi näkyvään asiaan. Leikkeissä oli paikoittain kuormalavoista irronnutta puumateriaalia, ja leikkeistä huomasi, että niitä on särmäyksen aikana pidetty lattialla. Yhden ison särmätyn levyleikkeen toisella puolella oli havaittavissa lattialla olevan kumimaton jälkiä. Kumimaton muotoiset partikkelimuodostumat (kuva 3) erottuvat selvästi levyn pinnasta, ja teippitestissä muodostuma erottuu myös teipistä. Toisella puolella levyä on havaittavissa kengän jälkiä (kuva 4). Levyn päälle astuminen on omiaan tehostamaan myös matosta tarttuvaa partikkelimäärää. Kaavion mukainen taso on 4, koska partikkelit ovat silmin havaittavissa ja niiden kokoluokka on 0,5–2,5 mm. Silmin erottuvia yksittäisiä metallipartikkeleita ei ole nähtävissä, mutta 10-kertaisen suurennoksen avulla niitäkin on.



Kuva 3. Särmäyspisteen maton jälkiä särmätyn levyn pinnassa.  
(Kuva: Veli-Ville Korpela).



Kuva 4. Kengän jälki särmätyn levyn pinnassa.

(Kuva: Veli-Ville Korpela).

Hitsatun tankin pohjalta voi visuaalisesti tarkastellen havaita reilusti metallipartikkeleita. Tankista, jota tarkasteltiin, havaittiin suurimmillaan noin 5 mm pituinen metallipartikkeli, joka on kokoluokan perusteella ulkopuolisen hitsauksen lämmön tuonnin takia sisäpuolelle sauman kohdalle muodostunutta hilsettä. Teippitesti tehtiin useasta pinnasta ja niistä voi myös päätellä, että tankin sisällä pohjassa on suurin partikkelikertymä, varsinkin sisänurkissa. Partikkelikertymät olivat sitä luokkaa, että teippiä ei saanut pysymään pinnalla, koska partikkelit estivät sen. Muilta pinnoilta otetuista teippitesteistä havaittiin, että levypinnan öljyisyys kerryttää partikkeleita, mutta suuria yli 0,5 mm kokoisia partikkeleita ei jäänyt teippiin. Suurimmat partikkelit siis tippuvat pohjalle, tai muihin sisägeometrioiden vaakasuuntaisille tasoille. Pohjasta tosin teippiin jäi 0,5–2,5 mm kokoluokan partikkeleita, joten kaavion mukainen taso on 4 (kuva 5).


**Elcometer 142 Dust Assessment**  
In Accordance With ISO 8502-3


Evaluation de la quantité de poussière selon ISO 8502-3 - Staubabschätzung in Übereinstimmung mit ISO 8502-3


Name: ..... Date: ..... Time: .....  
Nom - Name Date - Datum Heure - Zeit

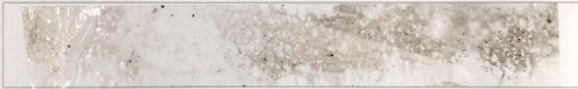
Company: ..... Location: .....  
Société - Firma Lieu - Ort


Dust quantity rating (Mean): 3,2 Dust particle size: (See table) 4  
Quantité de poussière (moyenne): Taille des particules de poussière: (voir tableau)  
Staubmengeneinschätzung (Durchschnitt) Staubpartikelgröße: (Vgl. Tabelle)

Test 1 

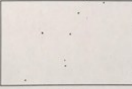




Test 2 

Test 3 

Test 4 

Test 5 

Dust Quantity Rating Quantité de poussière - Staubmengeneinschätzung

				
1	2	3	4	5

Surface identification: .....  
Identification surface - Identifizierung der Oberfläche

Substrate backing used:  Elcometer 142 (T14219454)  Other .....  
Description substrat de base utilisé: Verwendetes Trägermaterial unter Klebeband: Autre - Andere

Nature of surface tested: .....  
Nature de la surface testée - Beschaffenheit der getesteten Oberfläche

Adhesive tape used:  Elcometer 142 (T9999358)  Other .....  
Adhésif utilisé: Verwendetes Klebeband: Autre - Andere

© Elcometer Limited 2009

Kuva 5. Teippitesti, josta tarkastellaan partikkeleiden määrää ja kokoluokkaa. (Kuva: Veli-Ville Korpela).

Testi tehtiin myös myöhemmin kahdelle hitsatulle tankille. Molemmista tankeista otettiin imuroinnin jälkeen 5 näytettä. Partikkelimäärässä pystyi havaita pientä laskua, mutta partikkelikoko pysyi testien mukaan ennallaan. Visuaalisesti tarkasteltuna partikkelimäärä on selkeästi vähäisempi myös suurempien partikkeleiden osalta, kuin imuroimattomissa tankeissa, mutta näytteisiin päätyi hilsettä, joka nosti partikkelikokoa huomattavasti. Imuroidessa fyysinen kosketus on irrottanut sisäpinnasta hilsettä ja levittänyt sitä jo imuroituihin paikkoihin. Öljyinen levyypinta ei nykyisellä imurilla puhdistunut merkittävästi, mutta visuaalisesti tarkastellen suuret partikkelikeskittymät vähenivät toimenpiteen myötä.



Kuva 6. Ulkopuolen hitsisaumat, jotka muodostavat sisäseinämään hilsettä.  
(Kuva: Veli-Ville Korpela).

## 5 Kehitysideat

Kehitysideoita on tehty edistämään tankkien puhtautta tuotannossa. Ideat ovat jaettu työvaihekohtaisesti alaotsikoihin ja viimeinen alaotsikko on osto-osia varten. Osa kehitysideoista on toteutettavissa nopealla aikataululla joko vähäisten kustannusten tai vähän henkilöstöresursseja vaativan toteutuksen takia. Osa kehitysideoista vaatii huolellista suunnittelua, jotta toteutus toimii jouhevasti katkaisematta tuotantoa. Näiden ideoiden toteutus tullaan tekemään erillään opinnäytetyöstä, johtuen pitkästä suunnittelu- ja toteutumisaikataulusta. Ideoinnissa saattaa olla ajatuksia, jotka voivat olla lähes mahdottomia toteuttaa. Tällainen voisi olla esimerkiksi idea, joka aiheuttaisi tuotannossa levy materiaalin

ruostumista tai se edellyttäisi erillistä tuotantotilaa. Jotkut yksittäiset ideat saattavat vaikuttaa mahdolliselta lopputulokseltaan vähäiseltä, mutta kaikki toteutuvat toimenpiteet vaikuttavat yhdessä tankkien puhtauteen. Kaikki ideat ovat kuitenkin tarkoitettu kehittämään HANZA Mechanics Joensuu Oy:n nestetankkien tuotannon laatua. Kehitysideat ja niiden mahdolliset toteutusmahdollisuudet käydään läpi tuotannon johdon, sekä suunnittelun kanssa. Asiat esitetään tuotannon johdolle ja he ottavat kantaa mahdolliseen aikataulutukseen ja toteutusmahdollisuuksiin.

Opinnäytetyössä priorisoidaan nestetankkien puhtauteen vaikuttavia tekijöitä ennen niiden päätymistä pesulinjalle. Tuotannon vaiheiden osalta tämä kattaa laserleikkauksen, kierteityksen, särmäyksen ja hitsauksen aikana muodostuvan likaantumisen. Tankkien pesun jälkeisiä tuotannon vaiheita tarkastellaan, jos niihin jää aikaa. Näihin kuuluu maalaus, kokoonpano, toimitus ja mahdollinen hetkellinen varastointi.

Nestetankin mahdollisimman puhtaaksi saaminen ennen pesua on olennaista, jotta pesuprosessin kuormittumista voidaan keventää ja pesuaikaa lyhentää. Pesunesteiden vähäisempi likaantuminen varmistaa puhtaammat tankit ja pienemmät pesukustannukset.

## **5.1 Leikkauksen ja särmäyksen kehitysideat**

Särmäykseen otetaan käyttöön laskualustat, jotka avustavat isojen levyjen käsittelyä. Laskualusta mahdollistaa levyn tilapäisen tasolle laskemisen, jolloin ei ole enää tarvetta laskea levyä lattialle. Levyosia tarkkailtaessa havaittiin, että levyypinta kerää partikkeleita lattiasta ja lattialla olevasta kumimatosta. Lattialla levy on myös alttiina päälle astumiselle, jolloin kengästä tarttuu partikkeleita levyypintaan.

Levyosien särmäystä varten haastavien kanttien kulmien tarkastukseen tehdään sapluunoita, jotta osat sopivat saumattomasti toisiinsa hitsausvaiheessa. Yhteensopimattomat osat lisäävät osien hionnan tarvetta. Vaihtoehtoisesti kulmien tarkastuksessa voidaan käyttää hyväksi teknologiaa, ja

siirtää osat särmättäväksi uudelle modernille särmäyskoneelle, jossa on mahdollista käyttää automaattista kulmanmittausta.

## 5.2 Hitsauksen ja koeponnistuksen ideat

Tankkien avonaiset aukot suojataan hitsauksen aikana. Tämän varsinainen tarkoitus on estää hiomapölyä pääsemästä tankin sisälle.

Tankkien hionta hitsauksen yhteydessä pidetään mahdollisimman vähäisenä. Käydään läpi mahdolliset levyreunojen liitoskohdat ja mietitään, pystyisikö esimerkiksi kevyellä reunojen viisteytyksellä vähentää hionnan tarvetta. Sama koskee levyjen reikiä, joihin hitsataan nippoja ja putkiosia.

Levyosien pinnoissa olevat naarmut ja kolhut, jotka näkyisivät maalipinnan alta, hiotaan ennen hitsausta, jotta hiomapöly ei kerry tankin sisäosiin. Haasteena tässä on, että naarmuja voi muodostua hitsauksessa lisää, kun tankkia liikutellaan.

Tankkien hitsauspisteiden verhoja korotetaan ylemmäs, jotta muilta hitsauspisteiltä laskeutuisi vähemmän hiomapölyä. Tehtaan partikkelitestauksessa havaittiin, että hitsaamossa on selvästi eniten partikkeleita.

Tankkien hitsauspisteille hankitaan imurit, jolla voidaan pitää hitsauspiste siistinä. Siisti työpiste mahdollisesti vähentää tankkiin päätyviä partikkeleita. Kuten edellisessä kohdassa, myös tässä pätee perusteena hitsaamon korkea partikkelipitoisuus. Tankkien robottihitsauspiste pidetään vastaavalla tavalla puhtaana.

Kahteen edelliseen kohtaan viitaten, olisi parasta, jos tankkien hitsauspisteet saisi erilleen muiden hitsauspisteiden välittömästä läheisyydestä, jotta välttyttäisiin muilta pisteiltä laskeutuvalta hiomapölyltä.

Imurit mahdollistavat tankkien imuroinnin hitsauksen jälkeen. Hitsari tietää parhaiten vasta hitsaamansa tankin partikkelikertymien sijainnit, joten hän

pystyy puhdistamaan suurimman osan partikkeleista pois. Tällöin koeponnistusvaiheessa koeponnistajalle jäisi imuroitavaksi ainoastaan kierteiden avaamisesta muodostuvat lastut, joten koeponnistajan kuormitus kevenisi. Osalle tankkimalleista – siis kaikille, joille mahdollista – järjestetään väli-imuointivaihe, jolloin hitsari imuroi tankin vielä, kun hitsauksen aikana muodostuneet geometriat sen sallivat. Jotkut tankit ovat valmiiksi hitsattuina geometrioiltaan vaikeasti puhdistettavia monimutkaisten muotojensa takia. Imurin lisäksi tarvitaan riittävä määrä sopivia suulakkeita, jotta puhdistus voidaan suorittaa tehokkaasti ja ergonomisesti.

Osalle tankkimalleista hitsataan sisälle loiskelevyt, jotka jakavat sisäosaa vähentäen nesteen heilumista puolelta toiselle. Ehdotetaan asiakkaille loiskelevyjä koskevista suunnittelumuutoksista. Tavoitteena on, että loiskelevyn ja tankin sisäpinnan liitoskohtaan ei jäisi hitsaamattomia kohtia, jolloin levyjen pintojen väliin ei jäisi rakoja. Loiskelevyt toimivat esimerkkinä, mutta vastaavat muutokset koskisivat myös muita samalla tavalla keskenään kohtaavia pintoja. Pintojen välisiin rakoihin voi jäädä jumiin partikkeleita, jotka eivät välttämättä irtoa pesuprosessissa. Jumiutuneet partikkelit voivat myöhemmin irrota tankin kuljetuksen tai käytön aikana ja päätyä hydraulijärjestelmän öljykiertoon. Pahimmassa tapauksessa partikkelit lähtevät liikkeelle ja aiheuttavat vahinkoa hydraulikomponenteille kun tankki on asennettuna ja käytössä. Pumput ja venttiilit ovat herkimpiä tällaisille vahingoille.

Hitsauksen jälkeen, kun tankit odottavat koeponnistusta ja pesua, ne ovat alttiina hitsaamosta laskeutuvalla hiomapölylle. Tankit huputetaan muovihupulla odotuksen ajaksi. Vähintään suojataan tankin yläpuoli, jotta suoraan ylhäältä laskeutuvat partikkelit eivät päädy tankin sisälle.

Hitsaamo eristetään muusta tuotannosta väliseinillä. Kulkureittinä alueiden välillä toimii nosto-ovet. Muutos mahdollistaisi myös tankkien hitsauspisteiden eristämisen hitsaamon sisällä. Ilmanvaihto myös eristetään muusta tuotannosta, joten hitsaamon partikkeleilta estetään pääsy muuhun tuotantoon kattavasti.

### 5.3 Logistiikan ja kokoonpanon kehitysideat

Nestetankkien ja niiden osien kuljetuksessa käytetään puisia kuormalavoja. Pesuprosessin jälkeen tankkien kuljetus puulavalla on kyseenalaista siitä irtoavan irtolian ja puusäleiden takia. Vaihtoehtoisesti tankkeja voitaisiin kuljettaa muovilavoilla, joista irtopartikkelit saadaan pestyä pois.

Muovilavojen sijasta voidaan käyttää muovisia ”lavanpäällisiä”, jotka ovat käytännössä muovisia levyjä, jotka asetetaan puulavan päälle puulavan ja tankin väliin. Etuna näissä on myös helppo puhtaanapito, joskaan ei todennäköisesti yhtä helppo kuin muovilavoilla, koska lavanpäälliset ovat kontaktissa puulavan kanssa keräten siitä likaa. Vaihtoehtoisesti lavan päälle voitaisiin myös asettaa pahvilevy ja kuplamuovia. Nämä toimisivat kertakäyttöisinä lavanpäällisinä, koska tankin massa hajottaisi ne jatkoa varten käyttökelvottomiksi, joka ei olisi ympäristönäkökulmasta kestävä.

Pestyn – ja mahdollisesti maalatun – tankin kuljettamisessa tehtaan tiloissa on huomioitava, että kaikki tankin sisälle johtavat reiät ovat suojattuna kuljetuksen ajaksi. Pesusta maalaukseen menevä tankki on suojattava kuljetuksen ja myös hetkellisen odotuksen ajaksi, esimerkiksi huputtamalla tankki. Huputuksessa on kuitenkin huomioitava hengittävä materiaali, koska jos tankkiin on jäänyt kosteutta, se alkaa kerryttämään ruostetta.

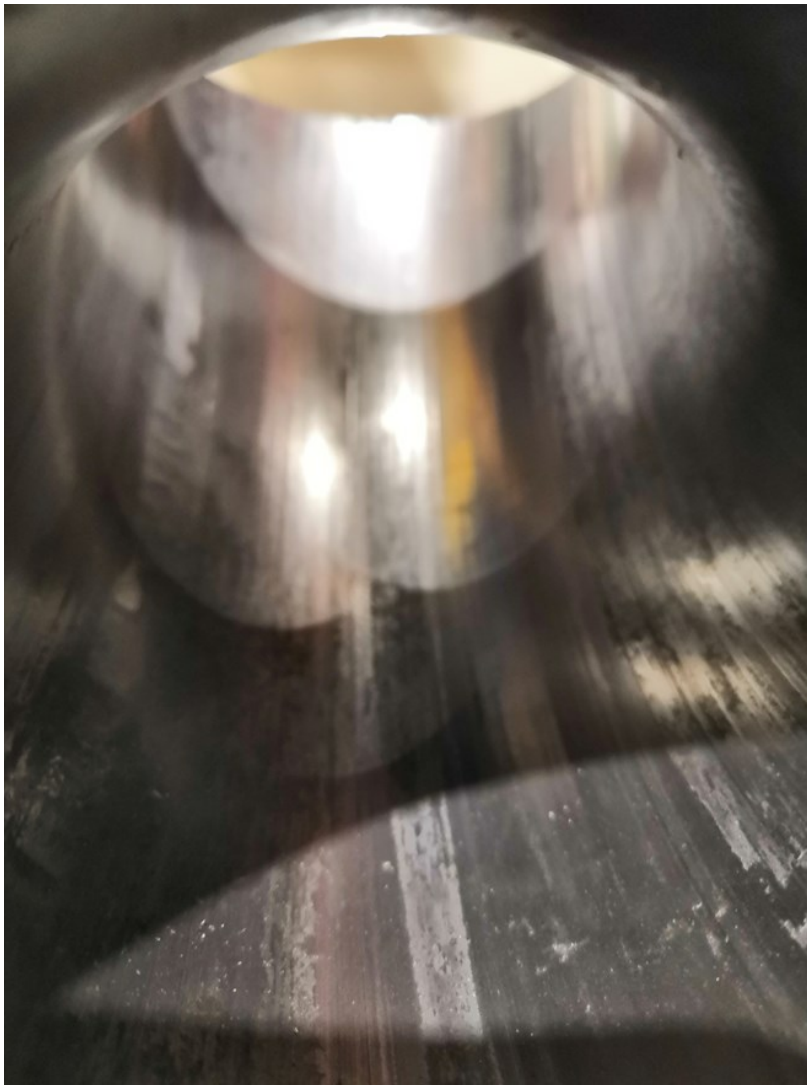
Maalauksesta kokoonpanoon kuljetettaessa tankin aukot ovat suojattuna maalaussuojilla, mutta suojien huolellinen yksittäinen purkaminen kokoonpanon edetessä olisi olennainen parannus, jotta ympäristön ja työntekijän tuottamat partikkelit saadaan minimoitua.

Kokoonpanossa nestetankkien kokoonpanopiste vaatii kohtalaisia layout-muutoksia, jos halutaan, että tankkeihin ei päädy likapartikkeleita. Kokoonpanopisteellä tapahtuvaa liikennettä on rajoitettava ainoastaan pisteellä työskentelevään työntekijään, ja alue on vähintään rajattava selkeyden vuoksi. Rajatun kokoonpanopisteen kehittämisen ja muodostamisen perustana voidaan käyttää VDA:n CG-1 tason vaatimuksia. Näihin vaatimukseen sisältyy alueen rajaaminen vähintään lattiateippauksin muusta ympäristöstä, työntekijöiden erilliset työvaatteet, joita käytetään ainoastaan rajatulla työpisteellä, ja liikenteen

rajoittaminen niin että tavaraliikenne työpisteelle toimii rajatun lastausalueen kautta. Parasta olisi siirtää kokoonpanopiste muusta tehtaan toiminnasta eristettyyn tilaan, jolloin olisi mahdollista korottaa puhtaustasoa CG-2 tasolle.

#### 5.4 Osto-osiin liittyvät kehitysideoit

Hitsauksessa tankkiin liitetään ostokomponentteja, kuten koneistettuja nippoja, laippoja, muhveja ja putkiosia. Koneistettujen osien kierteissä ja putkiosien sisällä on usein kiinni metallilastuja (kuva 7). Jos putkiosat (kuva 8) ovat sahattuja osia, niiden päissä on leikkauspursetta, joka on hiottava ennen osan hitsausta. Toimittajilta voisi kysyä saisiko koneistetut osat ja putkiosat toimitettua puhdistettuina lastuista sekä purseista.



Kuva 7. Tankkiin hitsattavan putken sisäpinta, jossa on etualalla havaittavissa teräslastuja.

(Kuva: Veli-Ville Korpela).



Kuva 8. Tankkiin hitsattavan putken pää.  
(Kuva: Veli-Ville Korpela).

Kokoonpanossa tankkeihin liitettäville yksittäispakatuille ostokomponenteille tehdään puhtaustestit ja testien tulosten myötä harkitaan, onko tarvetta ostaa komponentit astetta puhtaampina. Komponenttien puhtausvaatimusten tiukentuessa myös komponentin hinta muuttuu kalliimmaksi.

## **6 Ideoihin pohjautuvat toimenpiteet tuotannossa**

Toimenpiteet tehdään ideoiden pohjalta nestetankkien tuotannon puhtauden parantamiseksi. Toimenpiteiden toteutusmahdollisuuksia arvioidaan niiden kustannusten, mahdollisten toteutusaikataulujen, sekä tuotantotilarajoitusten puitteissa. Toimenpiteet ovat jaettuna välittömiin ja pidemmän aikavälin toimenpiteisiin. Välittömät toimenpiteet toteutetaan lähitulevaisuudessa ja

pidemmän aikavälin toimenpiteet toteutetaan myöhemmin tulevaisuudessa, mutta niille ei ole vielä laadittu aikataulua.

### **6.1 Välittömät toimenpiteet nestetankkien tuotantoprosessissa**

Pestyjen tankkien tehtaasta sisäistä kuljetusta varten hankitaan muovisia eurolavoja (800 \* 1000 mm). Lavojen materiaalina on HDPE (high density polyethylene), joka on kohtalaisen haponkestävää, joten se kestää pesutilan olosuhteet. Lavat ovat tasapintaisia, joten ne ovat helposti puhdistettavissa kuljetusten välissä. Tasainen pinta jakaa lavaan kohdistuvaa painetta verkkomallista lavaa paremmin. Tasainen muovipinta on mahdollisesti liukas, ja tämä on huomioitava niiden käytössä varsinkin, jos lavoja käytetään talvella kuljetusalustoina. Lavoissa on 7 mm korkuiset reunukset, jotka jossakin määrin avustavat tankkia pysymään paikallaan lavan päällä. Lavat pestään pesutilassa, ennen kun niille lastataan uusi pesty tankki. Kokoonpanon jälkeen, kun tankki on valmiina toimitusta varten, se siirretään takaisin puulavalle. Lavan ja tankin väliin asetetaan pahvia. Tässä kohtaa tankissa ei ole enää avonaisia aukkoja, jotka mahdollistaisivat partikkeleiden pääsyn tankin sisälle.

Nestetankkien aukkojen suojaus hitsauksen aikana korvataan tankin huolellisella imuroinnilla. Geometrioiden muodostuessa hitsauksen aikana, tankin sisään päätyy partikkeleita väkisin. Suojaukset pitäisi toteuttaa erillisillä nipoilla ja levyosilla, koska markkinoilta ei löydy tarpeeksi lämmönkestävää teippiä, joka ei sulaisi hitsauksen välittömässä läheisyydessä. Lisäksi teippi on kallista ja tankin suojaamiseen käytettävä aika on suuri verrattuna imurointiin kuluvaan aikaan. Suojausta ei saisi niin täydelliseksi, että imuroinnin tarpeelta voitaisiin välttyä kokonaan. Hitsauspisteille hankitaan imurit, joilla hitsarit suorittavat tankin imuroinnin sekä hitsauspisteen puhtaanapidon.

Nestetankkien hitsauspisteiden verhoja tullaan korottamaan ylemmäs, jotta muilta pisteiltä saapuva hiomapöly vähenisi. Yleinen ilmasteitse leijailevan pölyn määrä tuskin vähenee merkittävästi, mutta suorat hiomakoneen partikkelisuihkuista muodostuvat partikkelit eivät päätyisi yhtä herkästi tankkien hitsauspisteille.

Hitsauksesta ja koeponnistuksesta saapuneet pesujonossa olevat tankit tullaan jatkossa huputtamaan, jotta sisäilmasta laskeutuva pöly ei likaa säiliöitä niiden odottaessa pesua. Tämä toteutetaan, jos on tarvetta säilyttää tankkeja pesujonossa pesuhuoneen ulkopuolella.

Tarve tälle toimenpiteelle korostuu hitsaamon välittömän läheisyyden johdosta. Särmäyksen työjohto kehittää levyosien särmäyspisteille tarpeellisen apuvälineen tai laskualustan, jotta levyosia käsittelevän työntekijän ei tarvitse välissä laskea osia lattialle. Toimenpide tulee olemaan täysin työjohtoon vastuulla, sillä laskualustan on oltava haittaamatta särmääjien työtä, mutta kuitenkin sen on oltava kätevässä paikassa, jotta levyosien käsittely oikein onnistuu.

## **6.2 Pidemmän aikavälin toimenpiteet nestetankkien tuotannossa**

Nestetankkien kokoonpanopisteille tehdään puhtauteen liittyviä muutoksia ja parannuksia. Kokoonpanopisteet siivotaan ja niiden siisteyden ylläpitämiseksi luodaan ohjeet, ja järjestelymuutoksille luodaan toimenpide-ehdotuslista.

Tankkien kokoonpanopisteen layout-muutosten toimenpide-ehdotuslista on tekijän oma näkemys tarvittavista muutoksista pohjautuen VDA 19 osa 2 standardiin. Muutokset edistävät nestetankkien puhtautta estämällä partikkeleiden kulkeutumista työpisteelle ja tankkiin henkilöstön, työvälineiden tai ympäristön kautta. Yksityiskohtainen lista luodaan myöhemmin yhdessä kokoonpanon työjohtoon kanssa yhteistyönä.

Nestetankkien kokoonpanopisteen toimenpide-ehdotukset:

1. Työpiste rajataan muusta ympäristöstä lattiamerkkauksin tai verhoihin. Työpisteelle luodaan lastauspaikat sisään ja ulos kulkeville tavaroille.
2. Työntekijällä on päällään puhtaat työvaatteet ja hän käsittelee käsineillään ainoastaan työpisteellä olevia asioita. Jos hänen tarvitsee käsitellä työpisteen ulkopuolisia asioita, hän vaihtaa käsineet toisiin. Työtakki vaihdetaan asiaankuuluvasti työpisteelle tullessa ja sieltä poistuttaessa.

3. Valvotaan komponenttien puhtautta visuaalisesti säännöllisin väliajoin. Valvonnan suorittaa laatuosaston henkilöstö.
4. Tehdään ohje työpisteen siisteyden ylläpitoon.
5. Valvotaan työpisteen siisteyttä ja tehdään tarvittaessa korjaavia toimenpiteitä.

Pesusta maalaukseen siirrettävät tankit huputetaan kuljetuksen ja säilytyksen ajaksi. Tällä varmistetaan, että ympäristöstä ei siirry partikkeleita puhtaisiin tankkeihin. Hupun materiaalivalinta on vielä avoinna, koska sen pitää hengittävää, jotta tankki ei ruostu. Pesun jälkeen on olemassa riski, että tankki ei ole sisältä täysin kuiva. Hengittävämmissä materiaaleissa on kuitenkin riskinsä, esimerkiksi kuituinen materiaali voi ottaa kiinni tankin teräviin kohtiin, jolloin kuitupartikkeleita päätyy tankin sisälle. Myös kuituisen materiaalin kuluminen aiheuttaisi vastaavan lopputuloksen.

Tankkien osto-osat, eli koneistus- ja sahaosat, tullaan ostamaan puhdistettuina jäysteistä ja irtolastuista. Osien toimittajien kanssa sovitaan osien puhdistuksesta ennen niiden toimitusta. Jos toimittaja ei pysty vaadittavalla tavalla puhdistamaan tuotteitaan, harkitaan toimittajan vaihtamista, tai vaihtoehtoisesti osat puhdistetaan hitsarin toimesta ennen hitsausta. Aluksi kartoitetaan toimittajien mahdollisuus toimenpiteisiin, jonka jälkeen harkinnan mukaan toteutetaan toimenpiteet järjestelmällisesti. Jotkut toimittajat puhdistavat komponentit jo ennestään, mutta kaikilla ei tiedettävästi ole siihen valmiutta.

Nestetankkeihin kokoonpanossa liitettävät osat tullaan testaamaan partikkelimäärien osalta, kunhan näytteenotto- ja analysointilaitteet ovat säännöllisessä käytössä. Komponentit huuhdellaan pesuaineen avustuksella ja neste suodatetaan läpi suodattimesta, josta tarkastetaan maksimipartikkelikoko. Testien perusteella arvioidaan täyttävätkö komponentit asiakkaiden puhtausvaatimukset, ja arvion perusteella päätetään mitkä komponentit ovat kriittisimpiä ostaa puhtaampana.

## 7 Johtopäätökset

Tässä osiossa käsitellään opinnäytetyölle asetettujen tavoitteiden täyttymistä, niiden hyötyä HANZA Mechanics Joensuu Oy:lle, sekä opinnäytetyön tekijän omaa oppimista.

### 7.1 Tavoitteet ja hyöty

Työn tavoitteena oli tarkastella nestetankkien likaantumista eri työvaiheissa varsinkin ennen pesuprosessia, ja ideoida keinoja vähentää likaantumista, jotta pesuprosessin kuormitusta saadaan vähennettyä ja pesunesteiden vaihtoväliä harvennettua.

Ilman partikkelilähteiden tutkimista ja selvittämistä tankkien tuotantoprosessin puhtauden kehittäminen olisi mahdotonta. Jos tutkinnan tulokset huomioidaan ja ideoihin perustuvia toimenpiteitä suoritetaan ajan saatossa, työn hyöty voi olla merkittävä. Toimenpiteet kannattaa tuoda askel kerrallaan tuotantoon, jotta voidaan todentaa jokaisen toimenpiteen kannattavuus. Kuitenkin on tärkeätä, että esitetyt toimenpiteet toteutetaan mahdollisimman nopealla aikataululla, jotta hyöty saadaan tuotua tuotantoon, joka on koko ajan käynnissä. Kun voidaan todentaa, että asiakkaiden puhtausvaatimukset saadaan toteutettua, kehittää se positiivisesti suhdetta nykyisiin asiakkaisiin, sekä se voi antaa uusia valmiuksia nestetankkien myyntiin ja valmistukseen uusille asiakkaille.

### 7.2 Oma oppiminen

Opinnäytetyön teko on ylipäättänsä opettanut paljon tuotannon eri vaiheista, sekä niiden ”ketjureaktiosta”. Tällä tarkoitan esimerkiksi sitä, että levyjen leikkauksessa tai särmäyksessä tapahtuneet virheet - jotka vaikuttavat siinä kohtaa lähes mitättömiltä – voivat vaikuttavaa hitsauksessa tavalla, joka lisää työn hitsausaikaa pahassa tapauksessa tuplaamalla työhön tarvittavan ajan. Tuotantoprosessin aikana tuotteen likaantuminen myös moninkertaistuu. Vaikka partikkelikertymät ovat omaa luokkaansa prosessin eri vaiheissa, on tärkeätä

laajentaa näkymää prosessin alusta loppuun saakka. Syventymällä tuotantoprosessin jokaiseen vaiheeseen voi tehdä yllättäviä löytöjä niin puhtauden kuin muidenkin satunnaisten prosessin epäkohtien osalta.

Tutkimalla asiakkaiden puhtausvaatimuksia, sekä standardin ehdottamia keinoja päästä näihin vaatimukseen, olen huomannut kuinka paljon työtä ja investointeja tämä vaatii. Teknisen puhtauden toteuttaminen ei kuitenkaan ratkea pelkästään investoinneilla, vaan myös henkilökuntaa on koulutettava käyttämään edistynyttä laitteistoa, sekä heidät on saatava ymmärtämään puhtaan tuotteen tärkeys, jotta haluttuihin tavoitteisiin päästään.

## Lähteet

- HYDAC 2022. Pesukoneet parantavat komponenttipuhtautta.  
<https://www.hydac.com/fi-fi/tekninen-puhtaus>. 2.6.2024.
- Hopper O. 2023. Technical Cleanliness in production and assembly. 13.2.2023.  
Blogi. <https://www.vitronic.com/en-us/blog/smart-production/technical-cleanliness>. 2.6.2024.
- Verband der Automobilindustrie (VDA) 19 Part 1. 2015. Quality Management in the Automotive Industry. Inspection of Technical Cleanliness.
- Verband der Automobilindustrie (VDA) 19 Part 2. 2010. Quality Management in the Automotive Industry. Technical cleanliness in assembly.
- SFS-EN ISO 8502-3. 2017. Preparation of steel substrates before application of paints and related products. Tests for the assessment of surface cleanliness. Part 3: Assessment of dust on steel surfaces prepared for painting (pressure-sensitive tape method).
- Mutanen M. 2022. Tuotannon illig-arvot.  
[mikko.mutanen@hanza.com](mailto:mikko.mutanen@hanza.com). 17.2.2021.
- ISO 18413. 2015. Hydraulic fluid power – Cleanliness of components – Inspection document and principles related to contaminant extraction and analysis, and data reporting.
- ISO 16232. 2018. Road vehicles – Cleanliness of components and systems.