

Topias Nuorala

## **HITSAUSSOLUN SUUNNITTELU JA 3D-MALLINTAMINEN**

# HITSAUSSOLUN SUUNNITTELU JA 3D-MALLINTAMINEN

Topias Nuorala  
Opinnäytetyö  
Syksy 2020  
Konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Konetekniikka, koneautomaatio

---

Tekijä: Topias Nuorala

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Hitsaussolun suunnittelu ja 3D mallintaminen

Opinnäytetyön nimi englanniksi:

Työn ohjaaja: Jani Savela, Jouni Savela, Esa Törmälä

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: syksy 2020

Sivumäärä: 31 + 0 liitettä

---

Insinööriä tehtiin Kokkolassa sijaitsevalle AP-Tela Oy:lle. Työ on osa yrityksen kehitysprojektia, jossa suunnitellaan uusi hitsaussolu putken hitsausta varten. Tavoitteena oli suunnitella solu, jossa onnistuu hitsata putken saumat sekä sisä- että ulkopuolelta. Hitsaussoluun tarvittiin siis kaksi eri hitsauskoneetta sekä niihin hitsausoperaattoreille hitsauskoneiden ohjaus- ja säätöalustat. Kappaleet, joita hitsaussolussa hitsataan, ovat lieriömäisiä, ja niiden pituus on pisimmälleen 12 metriä ja halkaisija 3 metriä.

Työssä suunniteltiin kaikki tarvittavat laitteet karkeasti, jolloin äärimitat ja toimintaperiaatteet todettiin toimiviksi. Solussa tarvittavia laitteita ovat sisä- ja ulkopuolen hitsauskoneet, niiden ohjaustasot, tavarahyllyt hitsauksessa tarvittaville langoille ja jauheille sekä putken liikuttamiseen ja pyörittämiseen tarvittavat rullat ja kiskot. Alustavan suunnitelman ja mallien avulla voidaan varata tuotantotiloista solulle vaadittava tila sekä saada kustannusarvio laitteista.

Työn tuloksena saatiin hitsaussolun 3D-malli, jossa on huomioitu solussa tarvittavat oleelliset laitteet. Laitteet on sijoitettu toimitiloihin niin, ettei niiden asentaminen ja käyttäminen aiheuta häiriötä muihin tiloissa toimiviin laitteisiin ja että laitteet ovat toimintaperiaatteeltaan yksinkertaisia. 3D-mallin avulla hitsaussolu voidaan suunnitella yksityiskohtaisesti loppuun tai kysyä tarjouksia valmiista solusta niitä toimittavilta toimijoilta.

---

Asiasanat: hitsaussolu, jauhekaarhitsaus, telaputki

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Mechanical engineering, Machine automation

---

Author: Topias Nuorala

Title of thesis: Design and 3D Modeling of Welding Station

Supervisor(s): Jani Savela, Jouni Savela, Esa Törmälä

Term and year when the thesis was submitted: syksy 2020

Pages: 31-0

---

The engineering work commissioned by AP-Tela Oy located in Kokkola. The work is part of the company's development project, where a new welding cell is planned for pipe welding. The goal was to design a cell that can weld the seams of the pipe both inside and out. Therefore, the welding cell requires two different welding machines as well as control and adjustment platforms for the welding operator. The pieces to be welded for the welding cell are cylindrical and have a maximum length of 12 meters and a diameter of 3 meters.

All the necessary equipment was roughly designed in a job where it was found that extreme dimensions and operating principles worked. The equipment required in the cell are the inside and outside of the welding machine, the guide surfaces, the necessary shelves for welding wires and powders, and for moving the pipe and rotating the required rollers and rails. With the help of the preliminary plan and models, it is possible to reserve the necessary space for the cell in the production facilities and to obtain a cost estimate for the equipment.

The result of the work was a 3D model of a welding cell, which takes into account the essential equipment needed in the cell. The devices are located in the premises in such a way that their installation and use do not interfere with other devices operating in the premises, and that the device is in principle simple. The 3D model allows the welding cell to be designed in detail or to request quotations from ready-made cell suppliers who supply them.

---

Keywords: welding station, powder arc welding, roller tube

## **ALKULAUSE**

Tämä opinnäytetyö on tehty Oulun ammattikorkeakoulun konetekniikan koulutusohjelmassa. Haluan kiittää toimeksiantajaani sekä työnohjaajiani siitä, että sain valita sellaisen työn, joka itseäni kiinnostaa ja kehittää.

Työ oli mielenkiintoinen, koska pääsin suunnittelemaan hitsaussolua, jonka hitsauslaitteista minulla oli aiempaa kokemusta. Aiemman kokemuksen ansiosta minulla oli jo näkemystä, millainen hitsaussolun pitää olla ja mitä se sisältää, jotta sitä on kätevä ja tehokas käyttää.

22.11.2020 Topias Nuorala

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
1 JOHDANTO	8
1.1 Työn tausta	8
1.2 Työn tavoite	9
1.3 AP-Tela Oy	10
2 JAUHEKAARIHITSAUS	12
3 SUUNNITTELUPROJEKTI	13
3.1 Suunnitteluprojektin aloittaminen	13
3.2 Projektin määrittäminen ja suunnittelu	13
3.3 Projektin käynnistyminen ja toteutus	13
3.4 Projektin seuranta ja hallinta	13
3.5 Projektin lopettaminen ja palaute	14
4 HITSAUSSOLUN SUUNNITTELU	15
4.1 Suunnittelun toteutusvaihtoehdot	15
4.1.1 Ensimmäinen toteutusvaihtoehto	15
4.1.2 Toinen toteutusvaihtoehto	15
4.1.3 Toteutettava malli	15
4.2 Suunnittelun vaatimukset	16
4.3 Ulkopuolen sauman hitsaus	16
4.3.1 Lähtötiedot	16
4.3.2 Hitsauspään pystyrunko	17
4.3.3 Hitsauspään vaakapuomi	19
4.4 Sisäpuolen sauman hitsaus	20
4.4.1 Lähtötiedot	20
4.4.2 Sisäpuolen sauman hitsauskoneen puomin rakenne	20
4.5 Hitsausrullat ja kiskot	22
4.5.1 Lähtötiedot	22

4.5.2 Hitsausrullien ja kiskojen rakenne	22
4.6 Hitsaustaso	23
4.6.1 Ulkopuolen sauman hitsaustaso	23
4.6.2 Sisäpuolen sauman hitsaustaso	24
4.7 Tavarataso	25
5 HITSAUSSOLUN KÄYTTÖ	28
6 YHTEENVETO	30
LÄHTEET	31

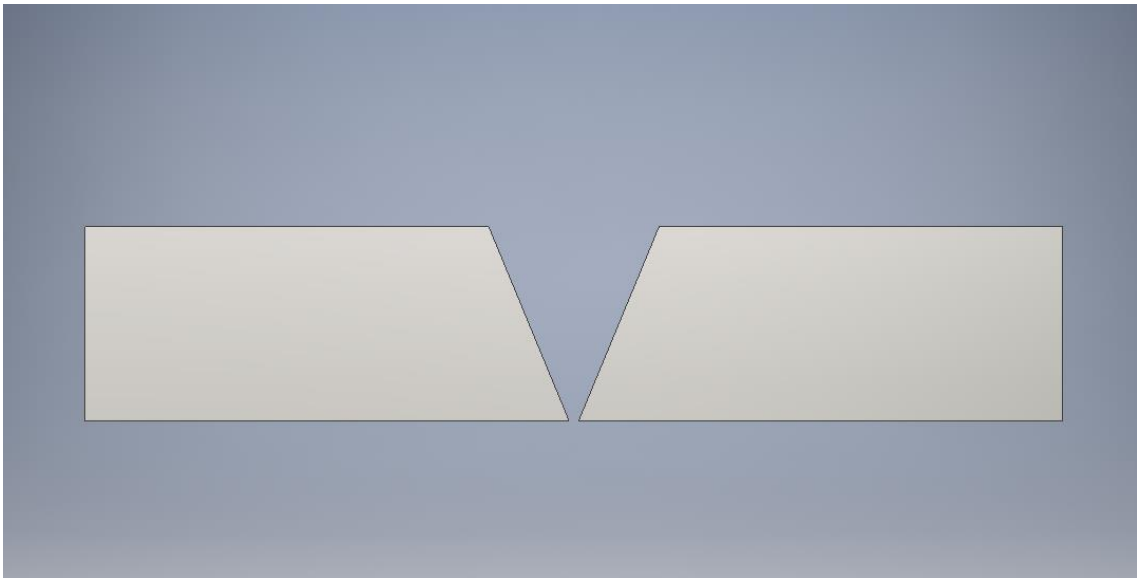
# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

AP-Tela Oy:lla hitsataan ja valmistetaan levyputkia. Putket ovat halkaisijaltaan 350–3 000 mm, pituudeltaan maksimissaan 12 m ja paksuudeltaan 10–70 mm. Putken saumat hitsataan pitkittäissuunnassa. Hitsaus tapahtuu jauhekaarihitsausmenetelmällä.

Yrityksellä on käytössä tällä hetkellä hitsauslaitteet kyseiseen tarkoitukseen, mutta ne ovat vanhat ja uudistamisen tarpeessa. Nykyisillä laitteilla onnistuu hitsata ainoastaan ulkopuolen sauma.

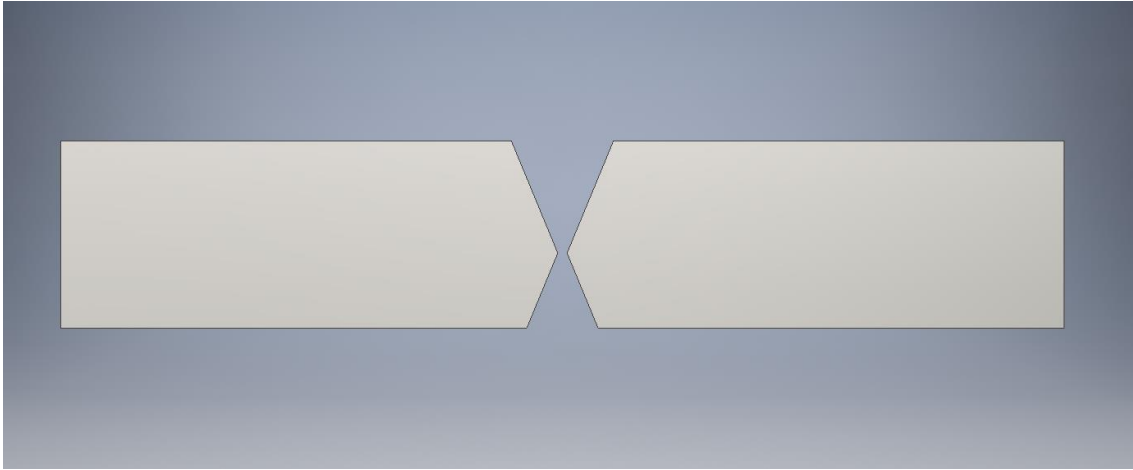
AP-telalla putket hitsataan tällä hetkellä V-railoon (Kuva 1). V-railon hitsaus on aina haastavampaa kuin esimerkiksi X-railon hitsaaminen. V-railon hitsauksessa juuripalon hitsaus täytyy saada palamaan aina läpi niin hyvin, ettei juurisauma jää vajaaksi.



*KUVA 1. V-railo*

V-railon tilavuus on aina isompi, kuin mitä se on X-railossa (Kuva 2). X-railo joudutaan kuitenkin hitsaamaan sekä sisä- että ulkopuolelta. X-railossa hitsausliikkeen kokonaiskulutus on pienempi ja luonnollisesti hitsausaika on lyhyempi.





*KUVA 2. Epäsymmetrinen X-railo*

Yrityksellä onkin ollut kehitystavoitteena suunnitella ja rakentaa hitsaussolu, jolla onnistuu hitsata myös putken sisäsauma. Alla taulukoituna railotilavuuden esimerkki laskennassa saadut tulokset. Levyn paksuutena on käytetty 50mm, railokulmana 22° ja putken pituutena 10m (Taulukko 1).

*TAULUKKO 1. Esimerkki railotilavuuksista*

	X-railo	V-railo
Railon poikkileikkauksen pinta-ala	7.54 cm <sup>2</sup>	10.85 cm <sup>2</sup>
Railon tilavuus litroina	7.54 l	10.85 l

## **1.2 Työn tavoite**

Insinööriyön tavoitteena oli suunnitella hitsaussolu AP-Tela Oy:lle. Hitsaussolusta tehtiin 3D-malli, jossa selviävät laitteiden toimintamalli, fyysiset mitat, tekniikka sekä kunkin laitteen sijoittuminen hitsaussolussa. Suunnittelu rajattiin niin, ettei laitteista tehdä tässä vaiheessa yksityiskohtaista suunnittelua. Suunnittelu tehtiin Autodeks inventor -suunnitteluohjelmalla. Mallien pohjalta tehdään myöhemmin tarkka yksityiskohtainen suunnittelu.

Yrityksessä ongelmana oli, että nykyiset hitsauslaitteet olivat vanhat ja huonokuntoiset. Niiden sijoitus tuotantotiloihin oli tehty epäloogisesti ja väljästi. Tämä vei hallista tilaa muulta tuotannolta. Putken siirtoja jouduttiin tekemään muiden työpisteiden yli, mikä aiheutti vaaratilanteita ja töiden hetkellisiä keskeytyksiä.

Insinööriyön tavoitteena oli suunnitella hitsaussolu, joka vie mahdollisimman vähän tilaa tuotantotiloista. Tarkoituksena oli saada samaan hitsauspisteeseen sekä ulkopuolen että sisäpuolen sauman hitsauskone. Tällä vähennetään putken siirtoja ja saadaan pienempään tilaan kaksi eri työvaihetta. Laitteista oli tavoitteena tehdä mahdollisimman yksinkertaiset, toimintavarmat ja helposti huollettavat. Insinööriyössä suunnitellun hitsaussolun pohjalta voidaan kysyä tarjouksia valmiista kokonaisuuksista eri laitetoimittajilta tai suunnitella laitteet yksityiskohdaisesti loppuun ja valmistaa solu itse.

### **1.3 AP-Tela Oy**

Insinööriyö on tehty Kokkolalaiselle AP-Tela Oy:lle. AP-Tela Oy kuuluu Steelmasters' Voice Oy -konserniin, johon kuuluvat myös Halikko Steel Oy, Iin Konepaja Oy sekä IKP Service Oy. Yrityksen liikevaihto vuonna 2019 oli 6,9 miljoonaa euroa ja siellä työskentelee noin 30 henkilöä (Kuva 3).



*KUVA 3. AP-Tela Oy (1)*

AP-Telalla valmistetaan levyputkia, joiden käyttökohteita ovat paperikoneiden telat ja sylinterit, höyry- ja vesilieriöt sekä painesäiliöt. AP-Tela valmistaa myös järeitä putkipalkkeja, kartioita ja muita levyprofiileja. Tuotevalikoimaan kuuluvat myös hitsatut teräsrungot ja -alustat paperikoneiden runkorakenteisiin. (1.)

## 2 JAUHEKAARIHITSAUS

Jauhekaarhitsaus on kaarihitsausta, jossa valokaari palaa hitsauslangan ja työkappaleen välissä hitsausjauheen alla. Hitsausjauhe suojaa hitsaustapahtumaa ympäröivältä ilmalta. Osa jauheesta sulaa ja muodostaa hitsin päälle kuonakerroksen, joka myöhemmin poistetaan. (2.)

Hitsausaineita ovat hitsauslanka ja hitsausjauhe. Hitsauslangat ovat paksuja lisäainelankoja. Langan yleisin paksuus on 4 mm, mutta se voi olla myös pienempää. Hitsausjauheet ovat raemaista, sulavia tuotteita, joita on koostumukseltaan erilaisia riippuen aina hitsattavasta materiaalista. (2.)

Jauhekaarhitsauksen etuina on suuri tehokkuus eli suuri hitsiaineentuotto, suuri tunkeuma, työympäristöystävällisyys, tunteettomuus vedolle ja tuulelle sekä pitkäikäiset ja toimintavarmat hitsauslaitteet. Hitsiaineentuotto on yleensä 6 - 12 kg/h, jolla tarkoitetaan sulatettua lisäainemäärää tunnissa. Jauhekaarhitsauksen käyttöalue alkaa noin 5 mm:n aineenpaksuudesta lähtien. Jauhekaarhitsaus on lähes poikkeuksetta mekanisoitua hitsausta. (2.)

Jauhekaarhitsauksessa voidaan hitsata monella langalla yhtä aikaa. Virrat ovat hitsauksissa keskimäärin 450 – 650 ampeeria ja 22 – 35 volttia. Hitsausnopeus määräytyy lankamäärien ja sen hetkisen railon koon ja juurivahvuuden mukaan. Hitsausnopeudet ovat välillä 50-110cm/min.

Jauhekaarhitsaus on lähes poikkeuksetta mekanisoitua hitsaamista. Hitsauspäässä ei sallita värähtelyä eikä vapaalangan pituus saa muuttua hitsauksen aikana. Yleisimmin hitsauspää ja langansyöttömootorit ovat kiinni rungossa, joka liikkuu hitsattavan kappaleen yläpuolella haluttua linjaa pitkin. Koska hitsauksessa käytetään jauhetta suoja- ja lisäaineena, ei sillä voi hitsata muuta kuin vaaka- ja pystysuoria liitoksia.

Jauhekaarhitsausta käytetään hitsauksissa, joissa tarvitaan suurta hitsiaineentuottoa. Esimerkkikappaleita ovat esimerkiksi telaputket, rakenneputket sekä isot ja paksut levyrakenteet.

## **3 SUUNNITTELUPROJEKTI**

Tässä osiossa kerrotaan, mikä on suunnitteluprojekti ja miten se toteutetaan järjestäytyneesti.

### **3.1 Suunnitteluprojektin aloittaminen**

Jokaisen projektin alkaessa on ensin punnittava, onko se yritykselle kannattava ja voidaanko se toteuttaa onnistuneesti. Tässä arvioinnissa ovat avuksi aikaisemmat toteutetut projektit ja niistä kerätty tieto, jonka avulla voidaan ennakoita muiden samankaltaisten projektien toteutumista. Aikaisempi kokemus yhteistyöstä asiakkaan kanssa helpottaa myös tulevan projektin arvioinnissa. (4.)

### **3.2 Projektin määrittäminen ja suunnittelu**

Projekti aloitetaan aina tekemällä ensin projektisuunnitelma. Projektisuunnitelmassa määritellään projektin sisältö, budjetti ja aikataulu. Suunnitelmassa asetetaan realistiset tavoitteet, joiden toteutumista voidaan mitata matkan varrella projektin edetessä. (4.)

### **3.3 Projektin käynnistyminen ja toteutus**

Projektin käynnistyessä olennaista on projektiin osallistuvien henkilöiden tehtävien ja vastuualueiden jakaminen. Selkeä projektikalenteri pitää tehtävät aina ajan tasalla. Kaikilla on myös oltava riittävästi projektiin liittyvää tietoa, jonka tehokkaaseen välittämiseen on oltava selkeät kanavat. Helpointa on, jos projektiviestintä kootaan yhteen paikkaan, johon kaikilla projektiin osallistuvilla on pääsy. (4.)

### **3.4 Projektin seuranta ja hallinta**

Projektin etenemisestä suunnitelman mukaisesti on oltava jatkuvasti ajan tasalla. Seurannassa helpottaa kattava projektinhallintajärjestelmä, josta työvaiheiden tilat ovat aina nähtävissä ja jossa niitä sekä niiden aikataulutusta on helppo päivittää ja muokata. (4.)

Monipuolisessa hallintajärjestelmässä myös projektin toteutuneiden kulujen seuranta ja raportointi on vaivatonta. Parhaiten se onnistuu, kun kaikki tuntimerkinnot, kulut ja tulot kirjataan samaan järjestelmään, josta ne ovat tarvittaessa kaikkien projektin jäsenten nähtävissä. (4.)

### **3.5 Projektin lopettaminen ja palaute**

Projektin päätyttyä on tietysti tärkeää, että asiakas on tyytyväinen. Yhtä tärkeää on arvioida omalta kannalta, kuinka onnistuneesti projekti saatiin toteutettua, mitä siitä opittiin ja miten vastaavat projektit kannattaisi hoitaa ja hinnoitella jatkossa.

Projektin lopussa on tärkeää dokumentoida tehty työ. Tämän avulla voi myöhemmissä projekteissa hyödyntää edellisen projektin tietoja. Sitä kautta tekijöillä on mahdollisuus kehittää ja tehostaa toimintaansa. (4.)

## **4 HITSAUSSOLUN SUUNNITTELU**

### **4.1 Suunnittelun toteutusvaihtoehdot**

Projektin alkuvaiheessa hitsaussolun suunnittelun toteutusvaihtoehtoja oli kaksi. Näitä kahta vaihtoehtoa mietittiin yrityksen aikaisempien kokemusten perusteella.

#### **4.1.1 Ensimmäinen toteutusvaihtoehto**

Ensimmäinen toteutusvaihtoehto oli yleisin jauhekaarihitsausmalli, jossa putki pysyy paikallaan pyöritysrullien päällä ja hitsauspää liikkuu. Tällaisessa rakenteessa hitsauspäälle tuodaan pitkän matkaa kaapeleita ja hitsauslankoja. Kaapelit kulkevat energiaketjuissa, joita koko hitsauspää liikuttaa mukana. Pitkissä energiaketjuissa olevat letkut ja johdot kuluvat nopeaa puhki liikkumisen ja siitä johtuvan jatkuvan hankauksen takia. Nykyinen hitsauskone on tehty tällä periaatteella ja on todettu, että se kuluttaa paljon laitetta ja tekee siitä jatkuvasti huollettavan ja toiminnaltaan epävarman.

#### **4.1.2 Toinen toteutusvaihtoehto**

Toinen toteutusvaihtoehto oli, että hitsauslaitteet pysyvät pituussuuntaisessa hitsauksessa paikallaan ja ainoastaan putki liikkuu. Putken pyöritysrullat kiinnitettäisiin kiskoilla kulkeviin kelkkoihin, joissa on vetävät pyörät. Tässä vaihtoehdossa hitsauslaitteille tulee lyhyet energiaketjut, joiden sisällä kulkee ainoastaan hitsauspäälle tarvittava sähkö ja hitsausjauhe. Hitsauslangat hitsauspäälle tuotaisiin ylätasolta muoviputkea pitkin. Koska hitsauspää ei liiku hitsauksen aikana, hitsauspään värähtely pienenee, liikkuvien osien määrä vähenee ja tätä kautta myös huollettavuus paranee.

#### **4.1.3 Toteutettava malli**

Kahden eri suunnitteluvaihtoehdon pohtimisen jälkeen päädyttiin toiseen toteutusvaihtoehtoon, eli ratkaisuun, jossa pituussuuntaisessa hitsaamisessa putki liikkuu ja hitsauspää pysyvät paikallaan.

Suurimpina etuina toteutettavassa mallissa verrattuna ensimmäiseen malliin pidettiin toimintavarmuutta, rakenteiden yksinkertaisuutta ja helppoa huollettavuutta. Haasteena kuitenkin toteutettavassa mallissa tulee olemaan putken liikuttaminen tasaisella vauhdilla. Nykiminen tai muu epätasainen liike näkyy heti hitsausaumassa. Saumasta tulee epätasainen ja virheiden todennäköisyys kasvaa.

## **4.2 Suunnittelun vaatimukset**

Suunnittelun lähtökohtina oli, että solunlaitteista tehdään mahdollisimman yksinkertaiset ja toimintavarmat. Toimintavarmuudessa pitää ottaa huomioon käyttöolosuhteet, varaosat, niiden saatavuus sekä laitteiden helppokäyttöisyys. Laitteet täytyy olla huollettavissa ja korjattavissa helposti omalla väellä ilman ulkopuolista ammattilaisapua.

Laitteet suunnitellaan soluun niin, että tila käytetään mahdollisimman hyvin hyödyksi. Suunnittelussa huomioidaan tuotantotilojen rajoittavat tekijät. Näitä tekijöitä ovat kattonosturin ulottuvuus, lattian kantavuus, seinällä menevät kaapelihyllyt sekä hallin korkeus.

Tarkoituksena on, että hyödynnetään mahdollisimman paljon olemassa olevia hitsauslaitteita, kuten virtalähteitä, hitsauspäitä ja sähkömoottoreita. Rakenteiden suunnittelussa huomioidaan omien työntekijöiden ammattitaito mahdollisessa laitteiden valmistuksessa.

## **4.3 Ulkopuolen sauman hitsaus**

### **4.3.1 Lähtötiedot**

Ulkopuolen sauman hitsauskoneen suunnittelun lähtökohtina oli, että sillä pitää pystyä hitsaamaan putken ulkopuolen sauma, kun sen halkaisija on 350 mm–3000 mm. Hitsauspään pystyliikkeen pituus pitää olla vähintään 2650 mm, jotta hitsauskoneella pystyy hitsaamaan yllä mainittuja putkikokoja.

Hitsauspään pitää liikkua sivuttaissuunnassa putken keskikohdasta mitattuna 250 mm hitsausrailon molemmin puolin. Mahdollisten levyjakanoiden tai muiden



levyrakenteiden hitsaaminen samalla hitsauspisteellä mahdollistetaan pitkällä sivuttaisliikkeellä.

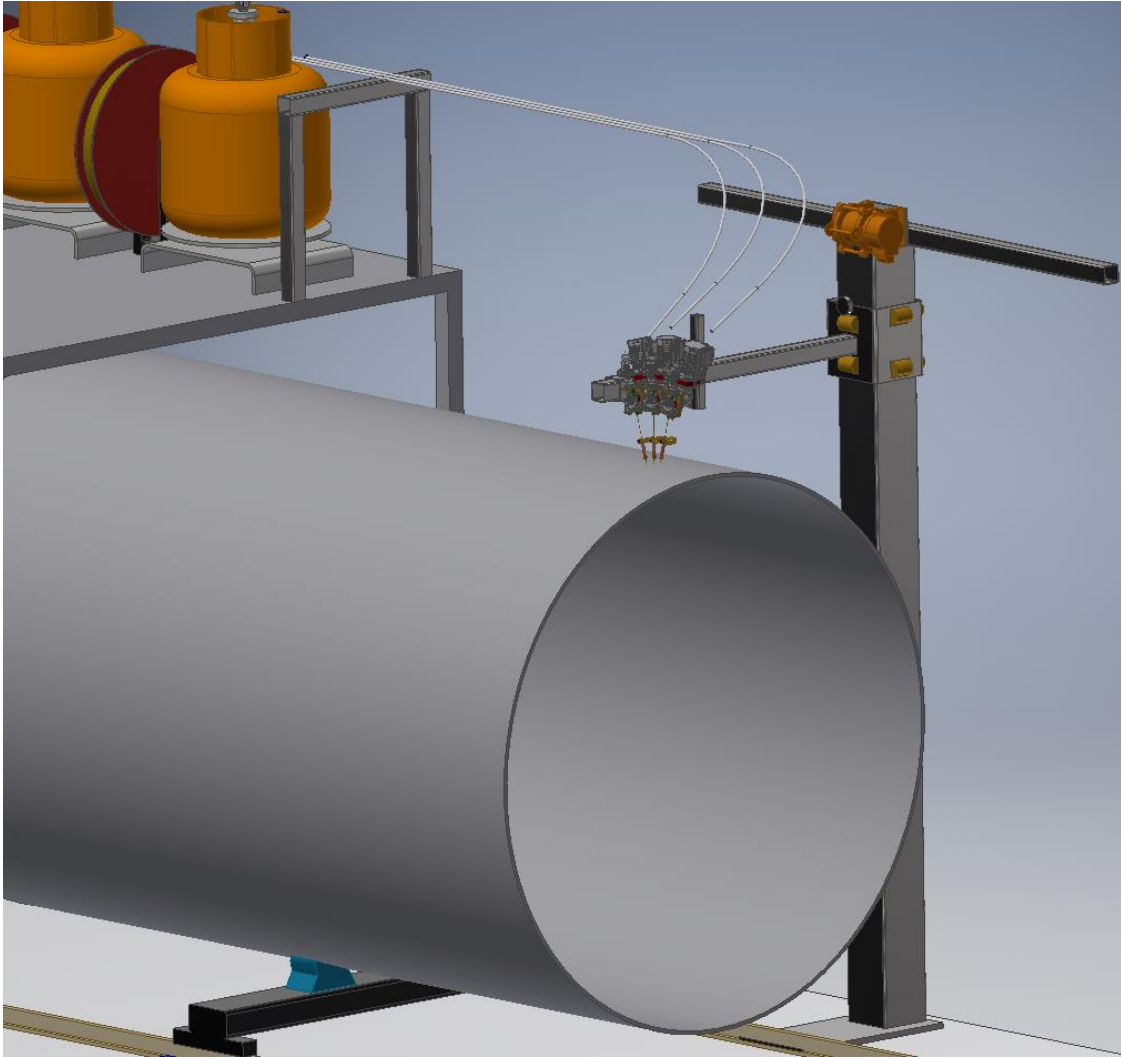
Hitsauskoneella pitää voida tulevaisuudessa hitsata tarvittaessa neljällä 4mm hitsauslangalla. Tämä huomioidaan hitsauslangan syöttömoottoreiden telineessä, johon varataan paikat neljälle langansyöttömoottorille.

Hitsausjauhe tuodaan lattialla olevasta painesäiliöstä putkistoa pitkin energiaketjulle, josta se tuodaan joustavaa putkea pitkin hitsauspäähän. Hitsauksen jälkeen sulamaton hitsausjauhe imetään pois erillisellä imurilla. Imuri sijoitetaan hitsauskoneen välittömään läheisyyteen lattialle. Imurin joustava imuputki tuodaan energiaketjua pitkin hitsauspäälle.

Hitsauskoneen hitsauslaitteet, kuten virtalähteet, langansyöttömoottorit ja jauheen imu- ja pölysuodatuslaitteet, tulevat valmiina niiden toimittajilta. Laitteet sovitetaan uuden hitsauskoneen runkoon tai läheisyyteen.

#### **4.3.2 Hitsauspään pystyrunko**

Hitsauskoneen rakenne suunniteltiin mahdollisimman yksinkertaiseksi ja toimintavarmaksi (Kuva 4). Työpisteellä on monenlaista pölyä, kuten kulmahiomakoneen rautapöly, kuonapöly ja hitsausjauheesta tuleva hienojakoinen jauhepöly. Nämä asiat huomioon ottaen suunnittelussa ei käytetty kuulalaakerijohteita, ruuvinnostimia eikä muuta öljyä tai rasvaa tarvitsevia laitteita.



*KUVA 4. Ulkopuolen sauman hitsauskone*

Runko tehdään putkipalkista, joka pultataan lattiaan isolla pohjalevyllä. Runkopalkin ympärille suunnitellaan kelkka, jossa on kiinni hitsauspään vaakapuomi. Kelkan jokaisella sivulla on pölysuojatut polyuretaanipintaiset ohjausrullat, joiden ansiosta kelkka liikkuu jouhevasti ja tasaisesti rungon ympärillä.

Hitsaustapahtumassa on tärkeää, että hitsauspään liikkeet ovat tasaiset ja jouhevät. Kelkan nosto sekä laskuliikkeet pitää saada tehtyä niin, ettei hitsauspää ei nyi ollenkaan missään tilanteessa. Koska pystyliikkeestä pitää saada sekä nopea että hidasliikkeet, tehdään se vaijerinostimella, jossa vaijeri menee väkipyörän kautta. Väkipyörällä nostonopeus saadaan maltilliseksi eli puolitettua, ja nosto-

voima saadaan tuplattua. Vaijerinostimen ohjaukseen käytetään taajuusmuuttajaa, jotta nostonopeus saadaan portaattomasti säädettäväksi. Nosto- laskunopeus hitsausasennossa on noin 1,6 mm/s ja siirtonopeus noin 8,3 mm/s.

### **4.3.3 Hitsauspään vaakapuomi**

Hitsauslaitteen vaakapuomiin tulee painoksi neljä langansyöttömoottoria sekä kaapelit, letkut ja jauheet. Hitsaustapahtuman aikana hitsauspää ei saa heilua hallitsemattomasti sivuttain eikä ylösalaisin missään tilanteessa. Tästä syystä vaakarakenne ylimitoitetaan eikä siinä sallita minkäänlaista taipumaa tai värähtelyä. Operaattori joutuu työskentelemään koko hitsauksen ajan laitteen välittömässä läheisyydessä, joten pienet osumat koneeseen eivät saa liikauttaa hitsauspäättä.

Hitsauspään vaakaliike tehdään niin pitkälle, että sillä ylettyy hitsaamaan 1,8 m:n päähän pystyvuomista. Tämän tarkoituksena on mahdollistaa tarvittaessa erilaisien levyakanoiden ja muiden levyrakenteiden hitsaaminen samassa hitsausso- lussa.

Vaakapuomi tehdään putkipalkista. Putkipalkin ympärille suunnitellaan kelkka, jossa on kiinteästi kiinni teline neljälle langansyöttömoottorille. Kelkan vaakaliike tehdään oikosulkumoottorilla, jossa on kulmavaihte. Liike tehdään hammastangon avulla, koska se on tarkka ja toimintavarma myös pölyisissä olosuhteissa. Sivuttaisliike täytyy olla portaattomasti säädettävissä ja sen nopeus on 1,6–3,3 mm/s. Sivuttaisliikkeelle ei tarvita erikseen siirtonopeutta.

Lisäainelankakeloja on kolmea eri kokoa, 30 kg, 100kg ja 1000kg. Hitsausko- neelle tuodaan lisäainelangat 1000kg:n keloista. Isojen kelojen etuna on, että niillä hitsataan monin verroin kauemmin, kuin pienillä keloilla, joten langan vaih- toa on harvemmin. Langat langansyöttömoottoreille tuodaan tavaratasolla ole- vilta 1000kg:n lankakeloilta. Lankakelojen juuressa on paineilmasyöttömoottorit, jotka työntävät lankaa moottoreille, jotta langansyöttömoottoreiden ei tarvitse ve- tää lankaa kelalta. Langat johdetaan muoviputkessa moottoreiden juureen. Muo-

viputken etu on, että se on edullista ja se on helppo vaihtaa langan vaihdon yhteydessä. Muoviputket kiinnitetään langansyöttömoottoreiden juureen ja toisesta päästä lankakelojen juureen. (Kuva 4).

#### **4.4 Sisäpuolen sauman hitsaus**

##### **4.4.1 Lähtötiedot**

Sisäpuolen sauman hitsauskoneen lähtökohtina oli, että puomilla on pystyttävä hitsaamaan putken sisäsauma, jonka pituus on 12 metriä ja putken minimihalkaisija 350 mm. Puomin rungon suunnittelussa huomioidaan se, että puomia on tarvittaessa mahdollista jatkaa tulevaisuudessa 2 metrillä. Puomi on hitsausasennossa sivuttaissuunnassa keskellä putkea, mutta tarvittaessa puomi täytyy voida siirtää sivuun 1 m:n verran putken puhdistuksen ajaksi. Hitsauskoneella pitää voida hitsata kahdella 3mm langalla.

Hitsausjauhe tuodaan lattialla olevasta painesäiliöstä putkistoa pitkin puomin energiaketjulle, josta se menee puomin sisässä hitsauspään. Hitsauksen jälkeen sulamaton hitsausjauhe imetään pois erillisellä imurilla. Imuri sijoitetaan hitsauskoneen välittömään läheisyyteen lattialle. Imurin joustava imuputki tuodaan energiaketjua pitkin hitsauspäälle.

Hitsauskoneen hitsauslaitteet, kuten virtalähteet, langansyöttömoottorit ja jauheen imu- ja pölysuodatuslaitteet tulevat valmiina niiden toimittajilta. Laitteet sovitetaan uuden hitsauskoneen runkoon.

##### **4.4.2 Sisäpuolen sauman hitsauskoneen puomin rakenne**

Hitsauskoneen puomin rakenne pyritään suunnittelemaan niin, että puomi ei tarvitsisi mitään ulkopuolista tukea pysyäkseen vaaka-asennossa. Rakenne saadaan kestäväksi, kun puomi tehdään kartionmalliseksi niin, että se kapenee hitsauspään päin. Tällä rakenteella puomi kevenee rungosta pois päin mentäessä, joten se ei aiheuta niin suurta taipumaa verrattuna tasapaksuun putkeen tai putkipalkkiin. Puomi kasataan hitsaamalla kahdesta osasta (Kuva 5).



*KUVA 5. Sisäpuolisen sauman hitsauskone*      Vain tilaajan käytettävissä

Puomin hitsauspäähän tulee tukirulla, joka vastaa hitsauksen aikana putken pohjaan. Tukirulla estää puomia huojumasta ja värähtelemästä hitsauksen aikana.

Puomin kiinnityspäähän tehdään karkea nosto- ja laskuliike, jotta erikokoisten putkien hitsaus onnistuu ilman, että putken korkeutta maasta säädetään. Nostoliike tehdään vaijerinostimella, jossa vaijeri kulkee väkipyörän kautta. Vaijerinostimena käytetään samaa mallia kuin ulkopuolen sauman hitsauskoneessakin. Nostinta ei käytetä hitsauksen aikana, joten liikkeen nopeus saa olla koko ajan sama.

Hitsauspäähän tulee erillinen ristiluistin, jossa on hitsauksen aikainen pysty- ja vaakaliike. Liikkeiden täytyy olla portaattomasti säädettävissä ja liikkeen nopeus on 1,6–3,3 mm/s. Ristiluistin avulla hitsauspäättä voidaan nostaa ja laskea hitsauksen aikana, jos hitsausrailo ei ole suora tai jos railoon hitsataan vinopalkoja.

Puomin alkupää kiinnitetään teräslevyyn, joka kiinnitetään niveltankoihin. Nivel-tangot ovat kiinni sivuttaissuunnassa liikkuvassa kelkassa. Kelkan runko on muotoiltu levyprofiili, jossa on tukirullalaakerit. Kelkan vaakaliike tehdään oikosulkumootorilla, jossa on kulmavaihte. Veto tehdään hammastangon avulla, koska se on toimintavarma myös pölyisissä olosuhteissa. Yksinkertaisella rakenteella ja pölytiivillä komponenteilla saadaan lisää toimintavarmuutta ja huollettavuus vähenee.

Päärunko kiinnitetään lattiaan pulteilla. Laitteeseen tulevat laakerit ja rullat mitoitetaan tehtyjen lujuuslaskelmien perusteella (Kuva 6).



*KUVA 6. Sisäpuolen sauman hitsauskoneen rakenteeseen tulevat voimat*

Vain tilaajan käytettävissä

## **4.5 Hitsausrullat ja kiskot**

### **4.5.1 Lähtötiedot**

Hitsaussolu suunnitellaan niin, että hitsattava putki liikkuu kiskoilla. Hitsausrullat liikuttavat putkea niin hitsaustilanteessa kuin kotiasemaan ajossakin. Kiskoille tulee pyöritysrollat, jotka ovat kiinni kiskoilla kulkevassa vaunussa ja kaksi pyöritysrollastoa, joista toiset ovat vetävät ja toiset vapaasti liikkuvat. Kiskoilla pitää pysyä hitsaamaan 12 m:n pituista putkea. Rullat ja kiskot mitoitetaan suurimman putken mukaan, joten rullien maksimi kantavuus on oltava 25 T.

### **4.5.2 Hitsausrullien ja kiskojen rakenne**

Kiskot tehdään 60x40 nosturiratapalkista, koska tälle palkkikoolle löytyy valmiita pyöriä, joita käytetään kiskovaunuissa. Nosturiratapalkki hitsataan lattalevyyn kiinni, joka kiinnitetään lattiaan. Kiskot täytyy olla korkeussuunnassa tarkasti samassa korossa, jotta putken korkeus verrattuna hitsauspäähän ei muutu. Asennusvaiheessa kiskojen korko mitataan ja simmataan simmilevyillä niin, että korko on toleranssissa. Määritetty toleranssi kiskojen korolle on 0,25 mm/m. Simmauksen jälkeen kiskot kiinnitetään peruspulteilla lattiaan.

Kiskoilla kulkevan vaunun päällä on putki. Vaunun täytyy liikkua tasaisesti hitsattavaa nopeutta painavasta putkesta huolimatta. Vaunuun suunnitellaan kiskoharjat, jotta kiskot pysyvät puhtaina. Hitsattava nopeus on 250 mm–1300 mm/min. Koska putkea voidaan hitsata ainoastaan yhteen suuntaan, täytyy vaunun liikkua

pikaliikkeellä takaisin lähtöpisteeseen. Pikaliikkeen nopeus on 6000 mm/min. Tällöin 12 m:n putken lähtöpisteeseen siirtymiseen menee kaksi minuuttia.

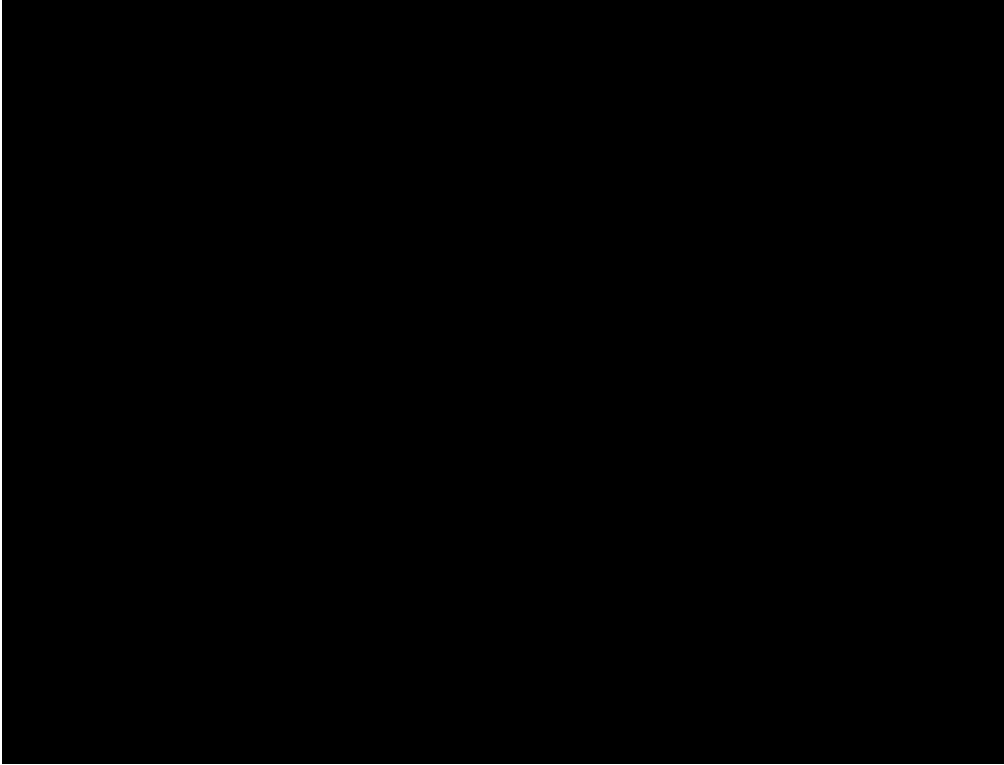
Markkinoilla on yrityksiä, jotka tekevät kiskoja ja vaunuja räätälöitynä eri kohteisiin. Suunnittelemaani hitsaussoluun tulee valmiit vaunut ja putken kannatusyksiköt. Vapaasti liikkuva kannatusyksikkö on mallia PEMA N16 I, jossa kantavuus on 15T. Pyörittävä käyttöyksikkö on mallia PEMA N16 2D. Molempiin yksiköihin kiinnitetään kiskovaunut. Ainoastaan käyttöyksikön vaunusta tulee vetävä. (3.)

#### **4.6 Hitsaustaso**

Molemmille hitsauskoneille tehdään tasot/tilat, josta operaattori voi seurata ja ohjata hitsaustapahtumaa. Hitsaustasoilta pitää nähdä hitsauspää ja pystyä seuraamaan railoa sekä hitsattua saumaa. Tasoille tuodaan hitsausparametrien säätöyksiköt ja ohjausyksiköt. Tarvittaessa hitsauslaitteeseen laitetaan kamera, jonka näyttö on hitsaustasolla. Näytön avulla voidaan seurata putken sisällä tapahtuvaa hitsausta.

##### **4.6.1 Ulkopuolen sauman hitsaustaso**

Ulkopuolen sauman hitsauskoneen taso nousee 2,5 m ja se liikkuu kiskoilla sähkömoottorin avulla sivuttaissuunnassa 1,2 metriä. Näin operaattori saa tason liikutettua aina putkea vasten ja riittävälle korkeudelle. Operaattori ylettyy näkemään railon koko hitsauksen ajan kaikilla putkiko'oilla. Tasoksi otetaan valmis saksipöytänostin 80HT1000, jonka nostokapasiteetti on 2000 kg ja nostokorkeus 2700 mm. Saksipöytänostimen päälle rakennetaan erillinen taso, joka on kaksi metriä leveä ja kuusi metriä pitkä. Tasolle asennetaan tason mukana liikkuvat portaat ja ympärille kaiteet (Kuva 7). Tasolle sijoitetaan ulkopuolen sauman hitsauskoneen parametrien säätö- ja ohjausyksiköt.

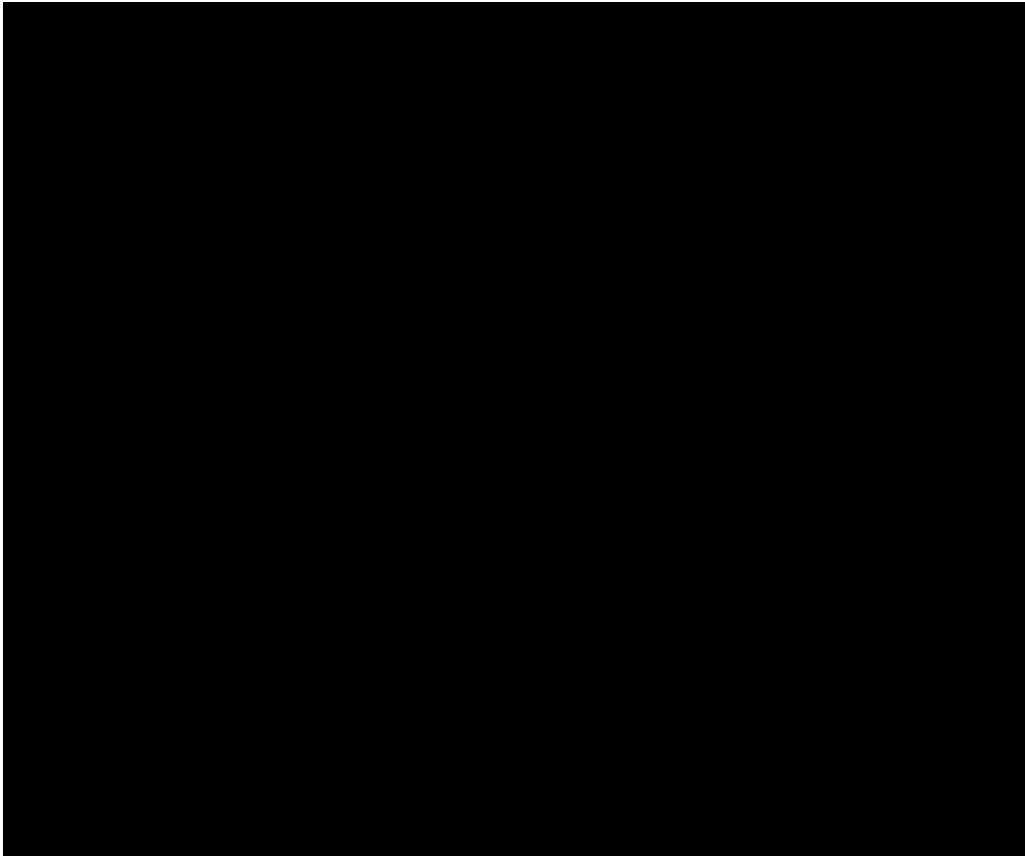


*KUVA 7. Ulkopuolen sauman hitsaustaso Vain tilaajan käytettävissä*

#### **4.6.2 Sisäpuolen sauman hitsaustaso**

Sisäpuolisen sauman hitsauskoneen taso tulee putken päähän. Taso liikkuu samoilla kiskoilla kuin putki. Tasossa on kiinni kaikki sisäpuolisen sauman hitsaukseen säätämiseen ja ohjaamiseen tarvittavat säätö- ja ohjausyksiköt. Operaattori istuu tasossa, joka liikkuu hitsattavan putken mukana. Operaattorin täytyy nähdä hitsaustapahtuma koko ajan sekä kameran kautta, joka on hitsauspäässä kiinni, että putken päästä. Tasoon tehdään kaiteet ja asennetaan penkki operaattorin turvallisuuden varmistamiseksi (Kuva 8). Tasolle sijoitetaan sisäpuolen sauman hitsauskoneen parametrien säätö- ja ohjausyksiköt.

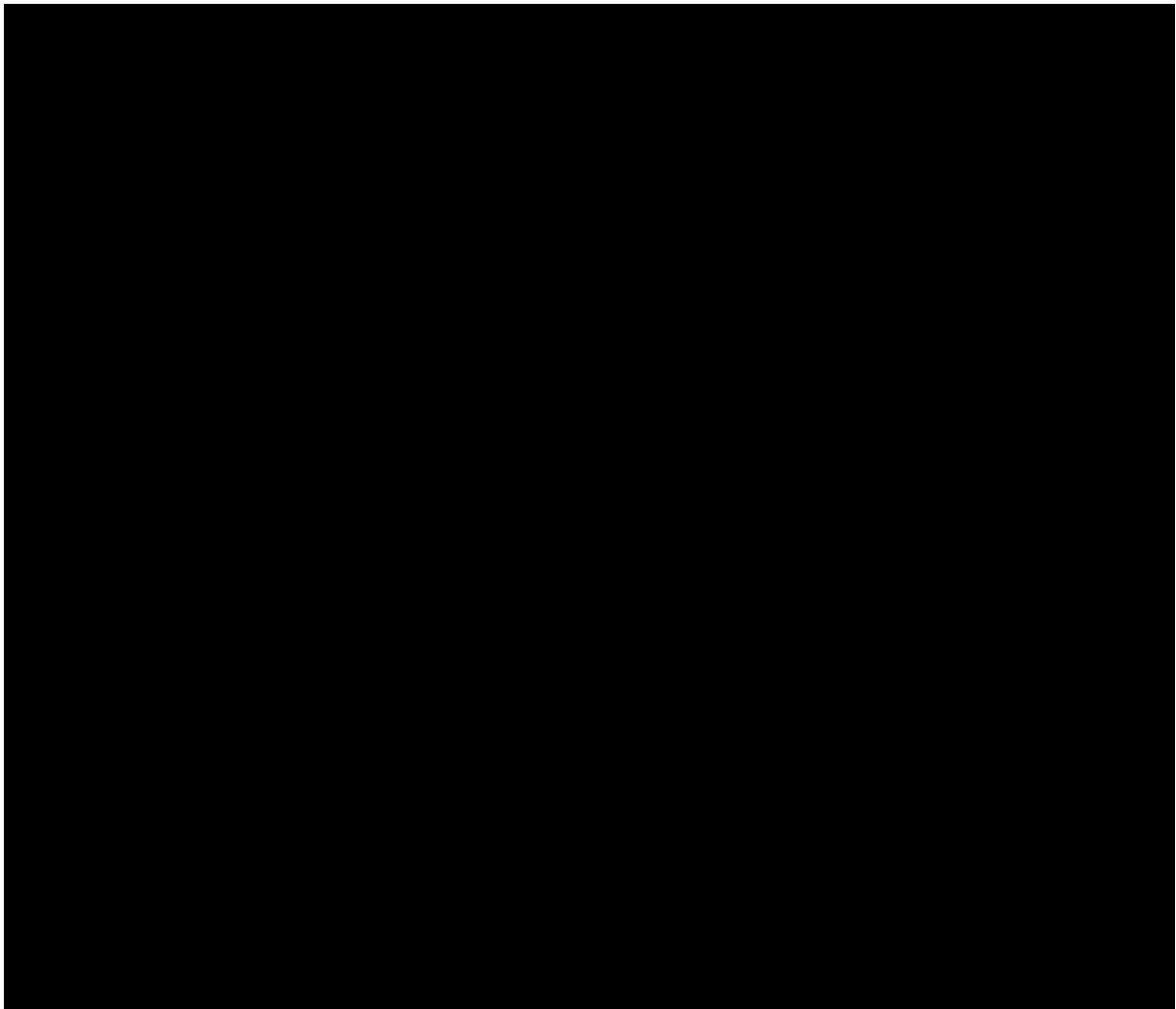




*KUVA 8. Sisäpuolen sauman hitsaustaso* Vain tilaajan käytettävissä

#### **4.7 Tavarataso**

Hitsauslisäaineet sijoitetaan tavaratasolle, joka tulee sisäpuolen sauman hitsauskoneen päälle (Kuva 9). Tasolle tulee hitsauslangat ja jauheet. Tason pysty tolpat tulevat putkipalkista, vaakapalkit I tangosta. Tasolevyksi tulee rihlapelti, joka senkataan kiinni runkoon. Tason kantavuus on oltava 1000 kg/m<sup>2</sup>, jotta isot lankaketat ja jauheet voidaan varastoida tasolle.

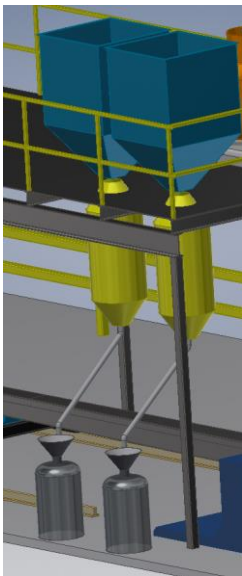


*KUVA 9. Tavarataso* Vain tilaajan käytettävissä

Hitsauslankojen keloille tulee telineet, josta langat saadaan ohjattua suoraan hitsauskoneille. Lankakelat sijoitetaan tasolle niin, että ne ovat helppo ja nopea vaihtaa. Vaihto tapahtuu seinässä olevan puominostimen avulla. Isompien kelojen vaihto tehdään kattonosturilla. Keloja tulee kolmea kokoa, neljä 1000 kg:n kelaa, neljä 100 kg:n kelaa ja kaksi 30 kg:n kelaa.

Tavaratasolle sijoitetaan kaksi 1,2m<sup>3</sup> säiliötä. Säiliöt ovat hitsausjauheelle. Säiliöt tehdään kanttisiksi ja niistä tulee täysin pölytiiviit. Säiliön kanteen tehdään aukko, jonka päällä on kangassuodatin, jotta säiliö saa korvausilmaa tyhjetessään. Pohjassa on suppilo, jonka alla on jauhelämmitin. Jauhelämmittimenä käytetään ESAB JK 50 lämmitintä, jonka lämmitys kapasiteetti on 50 kg/3h. Jauhelämmittimen alla on putkisto, joka johtaa painesäiliöön. Säiliö sijoitetaan tasolle niin, että

kattonosturilla saadaan tuotua sen päälle suursäkki. Suursäkistä tyhjennetään jauheet säiliöön (Kuva 10).



*KUVA 10. Jauhesäiliöt*

## 5 HITSAUSSOLUN KÄYTTÖ

Hitsaussolun käyttämisessä on monia vaiheita, jotka täytyy tehdä oikeassa järjestyksessä, jotta solun käyttö on turvallista ja laitteet pysyvät kunnossa. Tässä osiossa on kerrottu hitsaussolun vaiheista aina putken tuomisesta hitsauspisteelle ja siitä valmiin putken pois vientiin.

### Vaihe 1

Asetellaan hitsauskoneille putken WPS:n mukaiset langat ja hitsausjauheet. Varmistetaan, että imuri on tyhjennetty edellisestä jauheesta ja putket ovat puhtaat.

### Vaihe 2

Tarkistetaan, että hitsausoperaattoreiden tasot on laskettu alas ja ajettu sivuun. Asetetaan putken pyöritysrullat sopivalle etäisyydelle kiskoilla. Pyöritysrullien etäisyys toisistaan niin, että putki tulee molemmista päistä rullia noin 2 m yli. Asetetaan puomihitsauskone, joko sivuun tai keskellä. Tämä valinta tehdään hitsattavan putken halkaisijan perusteella. Pienillä putkilla puomi siirretään sivuun. Varmistetaan, että ulkopuolen hitsauskone on ajettu yläasentoon.

### Vaihe 3

Tuodaan putki rullille. Liikutetaan operaattorintaso sopivalle korkeudelle putkea vasten. Ajetaan hitsauspää putken tasolle ja asetetaan hitsauslanka keskelle seeviä. Asetetaan hitsausvirrat- ja nopeudet putken WPS: n mukaisesti.

### Vaihe 4

Hitsataan putken ulkopuolen sauma. Jos putkeen on tehty X-railo, hitsataan se myös sisäpuolelta. Käännetään putkea pyöritysrullilla 180 astetta niin, että sauma osoittaa suoran alaspäin. Ajetaan sisäpuolen hitsauskoneenpuomi putken sisälle, putken toiseen päähän. Toistetaan vaihe 3.

## **Vaihe 5**

Valmiiksi hitsatusta putkesta poistetaan päistä aloitus- ja lopetuspalat. Viimeistellään saumat poistamalla epätasaisuudet, aloitus- ja lopetuskohdat sekä tarvittaessa hiotaan sauma pinnantasoon.

## **Vaihe 6**

Ajetaan ulkopuolen sauman hitsauskone yläasentoon. Ajetaan putki kokonaan pois sisäpuolen sauman hitsauskoneelta niin että puomi ei ole enää putken sisällä. Siirretään operaattoreiden tasot sivuun ja suljetaan jauhe sekä imurilaitteistot.

## **Vaihe 7**

Valmis putki nostetaan pois rullilta ja viedään pois hitsaussolusta. Paikat siistitään aina ennen seuraavan putken tuontia hitsaussoluun.

## 6 YHTEENVETO

Insinööriyössä suunniteltiin 3D-malli jauhekaarihitsausasemasta. Työn tavoitteena oli, että suunnittelussa huomioitaisiin kaikki tarvittavat laitteet, sijoitettaisiin ne järkevästi sekä suunniteltaisiin laitteiden toiminnoista yksinkertaiset ja toimintavarmat.

Haasteena suunnittelussa oli saada mahtumaan kaikki tarvittavat laitteet tilaan, joka tuotantotiloissa oli käytettävissä hitsaussolulle. Alkuvaiheessa suunnittelua kaikki laitteet ja apulaitteet oli sijoitettu lattialle. Suunnittelun edetessä huomattiin kuitenkin käyttää sisäpuolisen sauman hitsauskoneen yläpuolista ylimääräistä tilaa hyväksi ja suunniteltiin tavarataso kolmen metrin korkeuteen hitsauskoneen päälle.

Kokonaisuudessaan suunnittelutyö on onnistunut ja antaa hyvän pohjan yksityiskohtaiselle suunnittelulle. Toimeksiantajalla on nyt selvä käsitys siitä, millainen solusta tulee tehdä ja minkälaisen tilan se tulee tarvitsemaan tuotantotiloista.

Toimeksiantaja kysyi mallin perusteella tarjouksia valmiista hitsaussolusta eri laite toimittajilta. Todettiin kuitenkin, että on järkevämpää suunnitella ja valmistaa laite itse. Lopputyön työosuuden jälkeen sain ruveta suunnittelemaan hitsaussolun itse yksityiskohtaisesti loppuun ja laitteiden valmistus aloitetaan mahdollisimman nopealla aikataululla.

## LÄHTEET

1. Tietoa yrityksestä. Ap-Tela Oy. Saatavissa: <https://www.aptela.fi/tietoa-yrityksesta/>. Hakupäivä 20.7.2020.
2. Jauhekaarihitsaus. 2002. Esab Oy. Saatavissa: <https://www.esab.fi/fi/fi/education/blog/jauhekaarihitsaus.cfm>. Hakupäivä 7.7.2020.
3. Tuotteet ja ratkaisut. Pemamek Oy. Saatavissa: <https://pemamek.com/fi/ratkaisut/>. Hakupäivä 7.7.2020.
4. Projektinhallinnan 5 tärkeintä vaihetta. Taimer Oy. Saatavissa: <https://taimer.com/fi/projektinhallinta/projektinhallinnan-5-tarkeinta-vaihetta>. Hakupäivä 8.8.2020