



Konepulperin vuoraus

Hannu Pentinmäki

Opinnäytetyö
Elokuu 2013
Kone- ja tuotantotekniika
Modernit tuotantojärjestel-
mät

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniika
Modernit tuotantojärjestelmät

HANNU PENTINMÄKI:
Konepulperin vuoraus

Opinnäytetyö 35 sivua, joista liitteitä 0 sivua
Elokuu 2013

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää ja pyrkiä löytämään ratkaisuja, joilla voidaan parantaa vuorausprojektia kokonaisuutena. Tähän liittyy niin työmenetelmien, kuin myös koko vuorausprojektin etenemisen tarkastelu. Projektiin liittyy kokonaisuutena monia tekijöitä, osaan voidaan vaikuttaa suoraan omalla toiminnalla, mutta joihinkin osa-alueisiin on vaikeampaa vaikuttaa suoraan omalla toiminnalla. Näihin eri projektinvaiheisiin ja vaikuttaviin tekijöihin pyritään löytämään ratkaisuja.

Vuoraustyön kehittäminen ja oikeanlaisten työtapojen löytäminen on tärkeää, jotta projektit saadaan vietyä lävitse mahdollisimman nopealla aikataululla, sekä kustannustehokkaasti. Tehtaiden ikä ja niissä olevien säiliöiden kunto nykypäivänä alkaa huonontumaan, jolloin säiliöidenvuoraus on yksi tapa pidentää niiden elinikää. Erityisesti puhuttaessa betonirakenteisista säiliöistä, joissa on muu pinnoite kuin ruostumaton- tai haponkestäväteräs.

Valmisteltaessa projektia tulevaa työtä analysoitiin etukäteen, jotta osataan varautua tuleviin ongelmakohtiin. Ongelmakohtat haluttiin löytää ajoissa ennen projektin varsinaisen toteutuksen alkua. Näitä löydettiin ja niihin etsittiin ratkaisuja. Vaikka koko projektia ei saatu vietyä lävitse täysin ilman ongelmia, niin hyvä varautuminen ja asioiden tiedostaminen etukäteen auttoivat etenemistä kyseisissä projektin vaiheissa. Ongelmakohtadista suurin osa liittyi asioihin, joihin emme itse voineet vaikuttaa millään tapaa projektin edetessä. Näitä aiheutti esimerkiksi turvallisuusmääräykset, joiden takia työ täytyi keskeyttää ajoittain. Valmistautumisen ansioista olimme miettineet jo valmiiksi vaihtoehtoisia ratkaisuja miten työtä hetkellisesti vauhditetaan, mikäli työ keskeytettäisiin ja siitä tulisi menetettyä työaikaa projektille.

Asiasanat: vuoraus, hitsaus, levytys, naulaus

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Mechanical and production engineering
Modern production systems

HANNU PENTINMÄKI:
Lining of machine pulper

Bachelor's thesis 35 pages, appendices 0 pages
August 2013

The purpose of this thesis was to develop and try to find solutions that can improve the lining project as a whole. This is related to the working methods, as well as review the progress of the entire lining project. Project as a whole includes many variables, some of those we can affect directly by our own actions, but some parts of project are more difficult to affect by our own actions. For these state of project and variables of project we are trying to find solutions.

Developing of lining and finding right working methods is important, so projects could be finished as tight schedule as possible and also keep cost level low as possible. The age structure of the factories and the condition of the tanks today are getting more worse, then lining is one way to extend their lifespan. Especially when it comes to the concrete base tanks, when there are some other lining than stainless or acid proof steel.

In the preparation of the project, upcoming work were analyzed in advance, in order to know how to prepare for the problem areas . We wanted to find problem areas before start of the implementation of the project. These were found and we searched solutions for those. Although the project has not been carried through without any problems, so a good preparedness and awareness of problem areas helped us to get trough in those state of project. Most of the problems were caused by circumstances which we could not affect one way or another during the project . These caused for example safety standards, which is why the job had to interrupt for time to time. Because of good preparation we were already think alternative solutions for speed up the project momentarily if work is suspended and it would become a lost of working time for the project.

Key words: lining, welding, plating, nailing

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	Konepulperi	7
2.1	Säiliö	8
3	Projektointi	13
3.1	Projektin lähtökodat	13
3.2	Työaika	14
3.3	Ensimmäinen viikko	15
3.4	Toinen viikko	16
3.5	Työn jaksotus	16
3.6	SWOT – analyysi.....	17
3.6.1	Vahvuudet	18
3.6.2	Heikkoudet	19
3.6.3	Uhat	20
3.6.4	Mahdollisuudet.....	21
4	Työvaiheet	22
4.1	Tiilien poisto	22
4.2	Käytön irrottaminen	24
4.3	Vuoraus	25
4.3.1	Portaat	26
4.3.2	Levytys.....	27
4.3.3	Syöttökouru	28
4.3.4	Säiliön kulmat	29
4.4	Hitsaus	30
4.5	Laadun tarkastus	32
5	Naulaaminen.....	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
5.1	Naulausmenetelmän pääpiirteet	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
5.1.1	Niittäusmenetelmä.....	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
5.2	Naula	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
5.2.1	Uurteet ja kärkiosa	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
5.2.2	Naulain	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
6	Puikkohitsaus.....	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
7	TIG-hitsaus	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
8	Pohdinta.....	34
	LÄHTEET.....	36

ERITYISSANASTO tai LYHENTEET JA TERMIT (valitse jompikumpi)

AISI 316 L	American Iron and Steel Instituten standardien mukainen haponkestävä teräs.
Hylky	Hylky on paperia, joka on hylytetty joko paperintuotanto prosessissa tai paperin jälkikäsittelyssä
Sulppu	paperikuitujen vesiliete paperinvalmistuksessa.
Palko	Palko eli hitsipalko on hitsin eli hitsausliitoksen osa
Juuri	Hitsin juuri on alue, joka on toisella puolella kappaletta kuin hitsattu palko.
SWOT	Kaksiulotteinen nelikenttä projektityökalu, jolla arvioidaan vahvuuksia, heikkouksia, uhkia ja mahdollisuuksia
Tunkeumaneste	Pienipintajännitteinen neste, joka tunkeutuu voimakkaasti pieniin rakoihin
Tunkeumanestetarkastus	NDT – menetelmä, joka soveltuu erityisesti hitsausseamien tarkastamiseen.
Visuaalinen tarkastus	Visuaalinen NDT – menetelmä, jota voidaan käyttää tarkastettaessa hitsausseamoja
Tig - hitsaus	Kaasukaarihitsausprosessi, jossa valokaari palaa sulamattoman volframielektrodin ja työkappaleen välissä suojakaasun ympäröimänä.

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö on tehty EMB – Servicelle marraskuussa 2012, opinnäytetyön tarkoitus on havainnollistaa vuoraustyön etenemistä teollisuusprojektissa. Työssä tuodaan esille eri työmenetelmien etuja, sekä haittoja. Kerrotaan yksityiskohtaisesti tehdyn vuoraustyön vaiheista, siihen liittyneistä ongelmista ja kerrotaan niihin löytyneet ratkaisut. Työssä esitellään yleisesti se osa prosessista ja prosessiin kuuluvista laitteista, johon vuoraustyö kohdistuu ja miksi vuoraustyö on tarpeellinen tässä kohteessa. Prosessin kulkuun ei ole tarkoitus syventyä enempää, kuin saada käsitys niin tästä kohteesta kuin muistakin samanlaisista kohteista prosessiteollisuudessa. Vaikka kyseessä on toteutettu projekti teollisuudessa, ei taloudellisia asioita ole tarkoitus kuin sivuta joillain huomioilla työn edetessä.

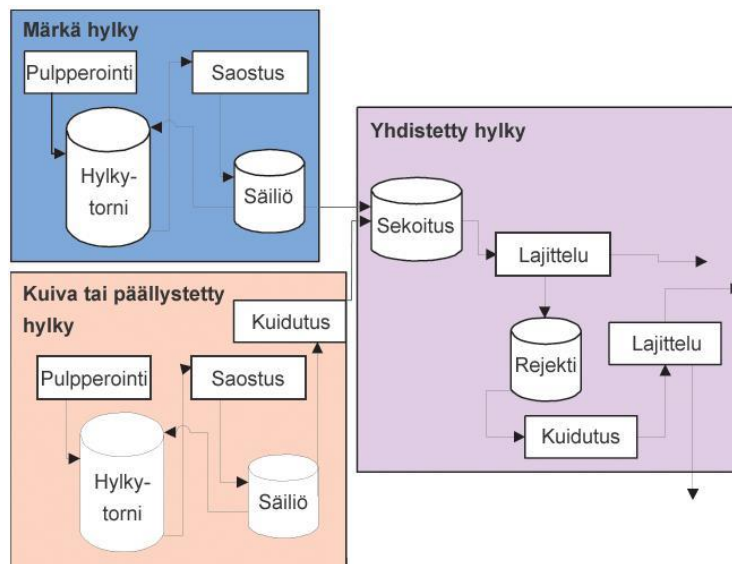
Tässä työssä pyritään löytää ratkaisuja, joita voidaan myöhemmin hyödyntää samankaltaisissa projekteissa. Vaikka projekti on luonteeltaan hyvin yksilöllinen, kuten vuoraustyöt yleisesti huomioiden ovat, tästä huolimatta samankaltaisuuksia on myös tulevilla vuoraustöissä. Työmenetelmät ja niiden välinen vaiheistus pyritään yksinkertaistamaan, jotta saavutetaan mahdollisimman yleiskäyttöisiä ratkaisuja. Eri työvaiheiden päällekkäisyyksiä lisätään ja työvaiheiden päällekkäisestä jaksotuksesta yritetään saada hyötyä projektin etenemiselle.

Työn projektointi ottaa kantaa arvioidusta työajasta, lähtökohdista projektin alkuvaiheessa, kertoo arvion ja toteuman työnjaksotuksesta ja analysoi projektia etukäteen käyttäen SWOT – analyysia. Tässä puretaan projekti pienempiin osiin, ottamatta kantaa teknisiin työmenetelmiin sen tarkemmin. Projektointivaiheessa mietitään työhön vaikuttavia ulkopuolisia tekijöitä, joista voi olla haittaa työnkululle.

Työvaiheissa esitellään työnkulun teknistä toteuttamista, sekä siinä ilmenneitä ongelmia ja ratkaisuja ongelmiin. Työssä kerrotaan, missä työvaiheessa käytettiin mitään työmenetelmää ja minkä takia kyseistä menetelmää käytettiin. Työssä kerrotaan myös työmenetelmien vaikutuksesta vuorausmateriaalin käyttäytymiseen ja kuinka niitä voitiin estää. Näistä asioista muodostuu kokonaisvaltainen kuva projektin teknisestä puolesta. Käytettyjä työmenetelmiä esitellään opinnäytetyön loppupuolella tarkemmin.

2 Konepulpperi

Konepulpperi on osa paperikoneella olevaa hylkyjärjestelmää. Hylkyjärjestelmää tarvitaan, jotta kerran hyllytetty materiaali voidaan uudelleen muokata ja siten ottaa uusiokäyttöön myöhemmin prosessissa. Hylkyjärjestelmän tavoite on saavuttaa tilanne, jossa paperin raaka-aineena käytetty hylky ei aiheuta paperikoneelle ajettavuusongelmia, eikä paperin laatuongelmia. Hylkyjärjestelmästä rejektinä otettavien kuitujen ja täyteaineiden määrä pyritään minimoimaan. Hylkyjärjestelmä voidaan jaotella kahteen pääosaan, jotka ovat pulpperijärjestelmä ja hyllyn käsittelyjärjestelmä. Pulpperijärjestelmä muokkaa paperikoneelta ja jälkikäsittelystä tulevan materiaalin sulpuksi. Sulppu pumpataan varastotornin kautta hyllyn käsittelyjärjestelmään (KnowPap 2005).



KUVIO 1. Prosessin kulku (KnowPap 2005)

Pulperin huomioon otettavat tekniset komponentit ja järjestelmät vaihtelevat hieman paperilaadun, prosessivaiheen ja teknisten ratkaisujen myötä. Yleisesti on hyvä tietää kuitenkin jokaisessa pulperissa olevan säiliö, roottori ja pumppu massaseoksen viemiseksi eteenpäin prosessissa (kuvio 1). Nämä pysyvät muuttumattomina, mutta erilaisia ratkaisuja näihin on. Erityisesti roottoreiden malli vaihtelee paljon riippuen siitä mitä paperi- tai kartonkilaatua ajetaan, sekä missä vaiheessa prosessia pulperi sijaitsee. Eteenpäin pumppauksessa vaihteluja syntyy myös prosessivaiheesta riippuen. Mikäli pulperi sijaitsee prosessin alkuvaiheessa kun jätekartonkia käsitellään siinä olla myös ruuvikuljetin, eikä varsinaista pumppua. Tämä siksi, että jätekartongista ei saada ensimmäisellä pulperoinnilla juoksevaa massa, jota sitten voitaisiin pumpulla pumpata.

Nämä vaihtelevat paljon tehtaasta, tuotettavasta ja käytettävästä materiaalista, teknisistä ratkaisuista ja tekniikan iästä riippuen.

Tämän työn kannalta merkittävimmät seikat pulpperissa keskittyvät erityisesti sen säiliöön ja säiliön materiaaleihin. Myös käytöllä ja roottorilla on merkitystä. Varsinaisella prosessin kululla pulpperista eteenpäin, eli uudelleen pumppauksella tai pulpperin syöttöjärjestelmällä ei ole varsinaista teknistä merkitystä, mutta ne täytyy kuitenkin ymmärtää ja osata ottaa huomioon. Säiliön vuoraus sisältää kuitenkin pumpun säiliössä olevan imureiän vuorauksen.

2.1 Säiliö

Säiliöiden tehtävät paperinvalmistusprosessissa jaetaan neljään ryhmään, jotka ovat massan määrävaihteluiden tasaaminen, massan laatuvaihtelujen tasaaminen, eri massojen ja lisäaineiden sekoittaminen sekä pumppaussäiliöinä toimiminen (Arjas, A. 1983). Tässä työssä säiliö toimii massojen sekoittamiseen tarkoitetussa tehtävässä. Yleisesti paperiteollisuudessa on käytössä teräs- ja betonirakenteisia säiliöitä. Alla olevasta kuvasta näkyy tämän työn säiliön olevan betonirakenteinen keraamisilla tiilillä vuorattu säiliö. Säiliö on muodoltaan kuutionmallinen, jonka pohja viettää alaspäin kohti roottoria.



KUVA 1. Yleiskuva säiliöstä

Säiliö kuuluu prosessiteollisuudessa kokoluokaltaan pieniin säiliöihin, sen tilavuus on 66 m^3 (kuva 1). Koko tilavuus ei kuitenkaan ole hyötykäytössä, sillä massaseoksen pidetään n. 0,4 m yläreunan alapuolella. Vuorattavaa pinta-alaa säiliössä on yhteensä n. 62 m^2 .

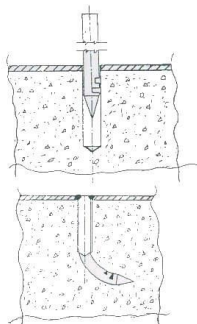
3 Naulaaminen

Vuoraamiseen tarkoitettut naulat ovat erikoisvalmisteisia, joiden avulla levyt saadaan kiinnitettyä betoniseen tukirakenteeseen tukevasti. Naulaamista käytetään vain betoniin rakenteisiin, eikä niitä voi käyttää säiliöissä, joissa tukirakenteet ovat terästä. Naula ammutaan seinään naulapistoolilla. Ennen naulan ampumista rakenteisiin, pitää levyihin ja seinään porata reiät naulaa varten. Levyyn reikä porataan läpi asti, mutta betonirakenteeseen porataan vain n. 20 mm syvä reikä. Porattavan reiän syvyys riippuu hieman myös naulan pituudesta, mutta 20 mm voi pitää hyvänä ohjesääntönä. Vuorausmateriaalin ollessa 0,5 mm paksua tai sitä ohuempaa, voidaan naulat ampua suoraan läpi levystä, näin ohuita vuorausmateriaaleja käytetään kuitenkin erittäin harvoin. Tällöin täytyy varmistua siitä, että naula uppoaa varmasti tarpeeksi syvälle ja levyt kiinnittyvät tukevasti (Vilkki, J. 2009).



KUVA 13. Naulain (Vilkki, J. 2009)

Naulaimessa käytetään räjähdepanosta, jolloin teho riittää naulojen ampumisessa kovaankin betonirakenteeseen (kuva 13). Naulaimessa voidaan säätää iskunpituutta ja siihen on eri voimakkuudella olevia räjähdepanoksia. Iskunpituutta säätämällä ja käyttämällä oikeaa räjähdepanosta naulat saadaan ammuttua oikeaan syvyyteen, betoninrakenteen kovuudesta riippumatta. Oikean naulaussyvyyden löytäminen saattaa vaatia muutamien koeammunnan, mikäli kohdetta ei tunneta tarpeeksi hyvin. (Vilkki, J. 2009)



KUVA 14. Naula ennen ja jälkeen ampumisen (Fredriksson, R. Pat. WO 90/05246.)

Naulapistoolilla ammuttaessa naula taipuu koukuksi seinämän sisään ja siten kiinnittyy seinämään (kuva 14). Vuoraukseen käytetyt levyt asennetaan ensin seinille nauhojen avulla ja tämän jälkeen levyjen väliset saumat hitsataan. Kuvassa näkyy naulan taipuminen betonin sisään. Kuvan alaosassa naulan kanta on katkaistu ja hitsattu kiinni levyyn. Näin menetellään jokaisen naulan kohdalla. Naulan kanta voidaan joko katkaista aivan levyn tasoon tai mahdollisesti jättää hieman koholle levyn pinnasta. Tämän jälkeen hitsausaumamat puhdistetaan tarvittavin menetelmin, esimerkiksi hiomalla tai peittaamalla. (Vilkki, J. 2009)

Naulassa olevia uurteita on siis yleensä kaksi, mutta on myös mahdollista käyttää kolmella uurteella olevia nauhoja. Uurteet voivat olla myös v-muotoisia. Ensimmäinen uurre eli lähimpänä naulan kärkeä oleva uurre on syvin. Uurteen syvyys täytyy kuitenkin olla vähemmän kuin puolet naulan halkaisijasta, muutoin naula heikkenee liian paljon. Uurteiden syvyys on merkityksellinen, koska ne antavat naulalle mahdollisuuden taipua sekä taipumisvaran. Yleensä käytetty naula on halkaisijaltaan 5 mm. Tässä tapauksessa syvimmän uurteenkin syvyys on hieman alle 2,5 mm. Ensimmäisen uurteen tulee sijaita aivan naulan kärkiosan tuntumassa ja sen syvyys on edellä mainittu vajaa 2,5 mm. Toisen uurteen syvyys on noin 1,5 mm. Naulassa olevien uurteiden leveys on 1,5 mm. Näiden uurteiden välinen etäisyys on yleisesti ottaen 1-3 kertaa uurteiden leveys eli 1,5–4,5 mm. Kovaan betoniin ammuttaessa uurteiden olisi hyvä olla 3 mm välein, koska tämä on käytännössä todettu hyväksi ja toimivaksi ratkaisuksi (Fredriksson, R., Pat. WO 90/05246.)

4 Puikkohitsaus

Puikkohitsaus on ensimmäinen kehitetty hitsausmenetelmä. Puikkohitsaus kehitettiin 1990-luvun alussa. Puikkohitsaus on käytössä usealla eri teollisuudenalalla mm. painestiahitsauksessa, putkistohitsauksessa, korjaushitsauksessa, erikoisterästen ja ruostumattomienterästen hitsauksessa (Esab, hitsaustietoa). Erityisesti teollisuudessa tapahtuvissa korjaustoissa puikkohitsaus on yleisin hitsausmenetelmä nykyäänkin.



KUVA 16. puikkohitsauslaitteisto (Esab, hitsaustietoa)

Puikkohitsauksen etuja on sen monipuolisuus ja nykyisten puikkohitsauslaitteistojen kompakti koko (kuva 16). Nämä ovat erittäin syitä joiden takia puikkohitsaus on suosittu hitsausmenetelmä, mikäli muilta määrityksiltään soveltuu hitsauskohteeseen. Hitsauslaitteistoja on helppo kuljettaa mukana ja käyttää, koska ne eivät paina paljoa. Monipuolisuutta hitsaukseen tulee laajasta valikoimasta hitsauspuikkoja. Hitsauspuikkoja on eri materiaaleille, sekä eri aineenpaksuuksille. Yleisimmin käytössä olevat hitsauspuikkojen halkaisijat ovat 2 mm, 2,5 mm, 3,2 mm ja 4 mm. Hitsauspuikkojen yleisimpiä pituuksia ovat 350 mm ja 450 mm, hitsauspuikkojen pituudet ovat standardoituja. Myös näitä paksumpia ja ohuempia puikkoja on käytössä mikäli aineenpaksuus vaatii, mutta se on jo harvinaisempaa.

Itse hitsausprosessissa valokaari palaa puikon ja hitsattavan materiaalin välillä. Tällöin puikon sydänlanka sulaa ja sula metalli lentää kuonan ympäröimänä pisaroina valokaaren läpi hitsisulaan. Sydänlangan ympärillä oleva päällyste kaasuuntuu sydänlangan palaessa ja muodostaa suojakaasun hitsausprosessille, jotta materiaali ei reagoi hapen kanssa. Kuonaa jähmettyy hitsipalon päälle hitsausprosessissa, kuona poistetaan jälkeensä saumasta (Esab, hitsaustietoa).

5 TIG-hitsaus

TIG-hitsaus on kaasukaarihitsausprosessi, jossa valokaari palaa sulamattoman volframi-elektrodin ja työkappaleen välissä suojakaasun ympäröimänä. Suojakaasu on aina inertti kaasu, jona käytetään yleensä argonia. Se suojaa samalla myös kuumaa elektrodia hapettumiselta. (Kemppe, hitsausaapinen)

TIG-hitsauksessa ei ole välttämätöntä käyttää lisäainelankaa ollenkaan, mikäli hitsattava kohde ei sitä vaadi. Hitsausprosessissa voidaan sulattaa materiaalit yhteen ilman lisäainetta. Yleisesti käytössä on kuitenkin aina lisäainelanka. Taasen putkistohitsauksia ei voida tehdä ilman lisäainelankaa, sillä putkissa on aina viiste tai väli, useasti molemmat kohteesta riippuen, joka täytyy täyttää lisäaineella hitsausprosessissa. Normaalisti TIG-hitsaus on käsin tehtävää hitsausta, jossa lisäainelanka syötetään käsin hitsauskohtaan. On olemassa myös automatisoituja hitsauslaitteistoja, jotka ovat suunniteltu putkienhitsaukseen ja näissä lisäaineensyöttö tapahtuu koneellisesti (Kemppe, hitsausaapinen).

TIG-hitsaus ei ole aivan yhtä kätevä hitsaustapa kuin puikkohitsaus, sillä siinä tarvitsee tuoda suojakaasu pullosta. Hitsausmenetelmänä kuitenkin yleinen erityisesti putkistojen hitsaamisessa, sekä ohuiden materiaalien hitsaamisessa. Tällä hitsausmenetelmällä on helppo hallita sulaa ja tunkeumaa, joka tekee siitä hyvän menetelmän erityisesti vaativissa hitsauskohteissa. Juuren suojaaminen on yleensä tarpeellista tehdessä vaativia hitsauksia suoritettaessa. Hitsin juuri suojataan käyttämällä samaa suojakaasua kuin hitsin pintapuolella tai sitten hitsin juuren suojaamiseen tarkoitettulla juuripastalla. Juuren suojaaminen on tärkeää, että se ei reagoi hapen kanssa, silloin saavutetaan hyvä hitsauslaatu. Mikäli juuri reagoi hapen kanssa, tällöin juuri hapettuu ja pääsee palamaan.

6 Projektointi

Kun projektin saanti oli varmistunut, lähdettiin sitä tarkastelemaan eri näkökulmista. Projektin alkuvaiheessa tiedettiin läpivientiin vaikuttavan negatiivisesti muut tehtaalla toteutettavat projektit, joihin ei voida itse suoranaisesti vaikuttaa. Siitä syystä yksityiskohtaiseen suunnitteluun panostettiin, jotta kokonaiskuva olisi tarpeeksi selkeä. Ennen varsinaisen työnteon alkua tuli olla selvillä tarvittava alihankintaverkosto, sillä erityisesti niistä riippui koko työnteon onnistuminen asiakastehtaalla. Lähtökohdat säiliön nykytilasta vuorauksen suunnittelun kannalta tuli olla mahdollisimman hyvin selvillä. Työvaiheiden jaksottaminen ja työvaiheet tuli miettiä tarkkaan, jotta osattiin varautua tarvittavalla työntekijöiden ja työhön tarvittavien materiaalien määrällä. SWOT – analyysia käytettiin, jotta hahmotettiin mahdollisimman tarkasti erityisesti uhat ja heikkoudet, jotta näitä pystyttäisiin välttämään projektin edetessä tiukalla aikataululla.

6.1 Projektin lähtökodit

Projekti oli osa suurempaa tuotannon tehostamiseen, sekä laadun parantamiseen liittyvää investointihanketta. Projektin toteuttamisen reunaehtojen määrittelemisen tuli asiakkaan taholta, jossa sovittiin vaadittavista materiaaleista, aikataulutuksesta, vastuualueista, työturvallisuudesta, teknisistä vaatimuksista ja käytettävistä työmenetelmistä.

Konepulperin modernisointi oli tarpeellinen, sillä vanhentuneen säiliön kaakelointi oli alkanut murenemaan. Vuoraustiiliä oli irronnut lattiasta ja erityisesti takaseinässä vuoraustiilet olivat erittäin heikosti kiinni. Tiilien ja betonivalun väliin oli ajansaatossa päässyt vettä ja kemikaaleja, joiden yhteisvaikutuksesta tiilet olivat suurelta osin irronneet valusta. Suuri osa takaseinän tiilistä oli kiinni vain toisissaan, eikä ollenkaan valussa. Sivu- ja etuseinien vuoraustiilet olivat vielä suurelta osin hyvin kiinni betonivalussa. Nämä eivät aiheuttaneet välitöntä riskiä prosessille.



KUVA 2. Säiliön takaseinä

Mikäli vuoraustiilet olisivat irronneet kesken ajotilanteen, olisi tämä aiheuttanut todennäköisen koneen seisauttamisen. Erityisesti mikäli koko takaseinä olisi murtunut kerralla ja tiilet olisivat tippuneet säiliön pohjalle (kuva 2). Säiliön pohjan muoto viettää viisostosi alaspäin takaseinästä kohti roottoria. Tällöin ainakin osa tiilistä olisi valunut kasalle roottorin alle ja aiheuttanut roottorin lapojen rikkoutumisen. Tämä olisi aiheuttanut tuotannon keskeyttämisen, josta olisi seurannut taloudellisia tappioita. Myös roottorin käyttö, eli moottorivaihte yhdistelmä olisi ollut vaarassa rikkoutua. Lapojen osuminen tiilikasaan olisi aiheuttanut käytölle voimakkaan mekaanisen vastuksen, jonka johdosta käyttö olisi vioittunut.

6.2 Työaika

Aikaa varsinaiseen tehtaalla tapahtuvaan työhön annettiin kaksi viikkoa. Tehtaalla oli samanaikaisesti menossa suurempiakin projekteja. Mikäli muihin toteutettuihin projekteihin olisi tullut viivästyksiä tai aikaistumisia, tuli muiden pysyä samassa aikataulussa. Mikäli tehtaalla käynnissä oleva investointihanke saadaan valmiiksi päivää tai kahta aikaisemmin, kuin on sovittu, tuottaa se suuria säästöjä tehtaalle. Tämän vuoksi tuli olla hyvinkin perillä myös koko hankkeen kulusta.

Työntekijöiden lukumäärää miettiessä täytyi ottaa huomioon, että suurin osa työstä oli säiliötyötä. Lähes koko ajan oli myös valmistelevaa työtä, jota pystyi tekemään yksi tai kaksi työntekijää. Säiliössä työskenneltäessä täytyy ottaa tarkasti huomioon työturvallisuus, joka rajaa työntekijöiden määrää. Työntekijöiden määrää kasvattamalla ei saada

aikaan projektin nopeampaa läpivientä, sillä työntekijöitä ei voi kerrallaan määräänsä enempää olla säiliön sisällä.

Varsinaiseksi työajaksi tuli 12 tunnin työpäivä. Työpäiviä pidentämällä vältetään viikonlopputyöt. Muutenkin on tavaksi muodostunut tällaisissa projekteissa niin kutsuttu normaali 12 tunnin työpäivä. Nämä täytyy ottaa tarkkaan huomioon sillä henkilöstökustannukset ovat viikonloppuisin huomattavasti suuremmat, kuin viikolla tehdyissä ylitöissä.

Asiakkaan kanssa tehdyn sopimuksen mukaan tuli toteuttaa toinen vuoraus myös paperikoneelle. Tämä ei varsinaisesti kuulunut säiliön vuoraukseen, mutta tuli se ottaa huomioon työn jaotusta tehdessä. Tämä laskettiin vain karkeasti, että siihen käytetään n. 70 työtuntia. Tätä pystyi yksi työntekijä valmistelemaan muun työn ohessa, joten siitä ei koitunut merkittävästi haittaa varsinaiselle vuoraustyölle.

6.3 Ensimmäinen viikko

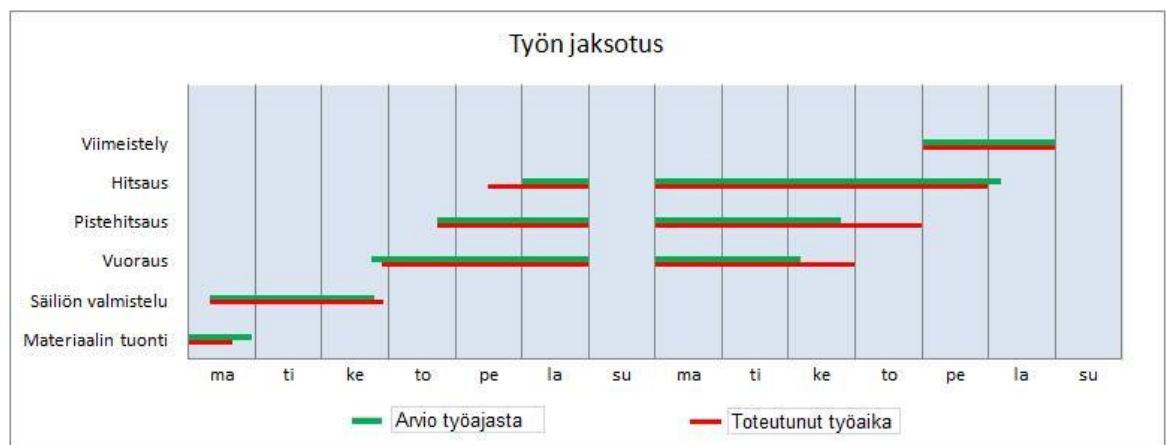
Ensimmäiselle viikolle otettiin viisi työntekijää tekemään vuorausta. Varsinainen vuoraus päästiin aloittamaan vasta muutaman päivän jälkeen töiden aloittamisesta, koska valmisteltavia töitä oli tehtävä ensin. Varsinaiset työt jotka suunniteltiin tehtäväksi ensimmäisellä viikolla oli käytön ja roottorin irrottaminen, säiliön vanhojen tiilien purkaminen, säiliön peseminen levytystä varten, levytyksen kulmien suunnittelu, levytyksen aloittaminen ja pistehitsaaminen. Myös varsinaista hitsaamista arvioitiin aloitettavaksi ensimmäisellä viikolla. Tällä viikolla arvioitiin myös olevan enemmän ongelmia, kuin toisella viikolla. Mahdolliset ongelmat saattaisivat toteutuessaan vaikuttaa toisen viikon työjaksotukseen. Tämän takia oli alustavasti sovittu työajan mahdollisesta pidentämisestä, mikäli se oli tarpeellista. Ensimmäisellä viikolla tuli saada ratkaistua kaikki projektin etenemää vaikeuttavat esteet, joihin pystyttiin omalla työllä tai työajan pidentämisellä vaikuttamaan. Mahdolliset ongelmat joita toisella viikolla tulisi, johtuisivat asioista joihin ei voi suoranaisesti vaikuttaa.

6.4 Toinen viikko

Toisella viikolla oli saattaa vuoraus ja hitsaus loppuun, sekä tehdä viimeistelyt säiliölle. Suurin työllistävä vaikutus oli hitsauksella, joka sitoi koko ajan vähintään kolme työntekijää. Toiselle viikolle otettiin yksi työntekijä lisää suorittamaan hitsaamista. Tätä oli alustavasti jo suunniteltu, mutta varsinaisesta tarpeesta ei tiedetty ennen kuin vasta ensimmäisen viikon lopulla. Työntekijöiden määrä nousi yhteensä kuuteen, tällä työntekijä määrällä pystyttiin vielä tehokkaasti tekemään työtä jaksotetusti. Mikäli työntekijöiden määrää olisi vielä tästä nostettu, olisi työn tuottavuus suhteessa kustannuksiin kärsinnyt liiaksi. Lievistä ongelmista huolimatta työ saatiin vietyä loppuun aikataulun mukaisesti toisella viikolla.

6.5 Työn jaksotus

Työn jaksotuksen arvioinnilla pyrittiin saamaan mahdollisimman tarkka arvio siitä kuinka työt etenevät. Vaikka tämä oli ensimmäinen vuorausprojekti missä hyödynnettiin nauлаusta pääasiallisena levyjen kiinnitysmuotona, voitiin siihen ottaa mallia muista samantyyppisistä projekteista, joita yritys on tehnyt.



KUVIO 2. Työn jaksotus

Arvioitu työn jaksotus piti lopulta tarpeeksi hyvin paikkansa. Luonnollisesti etenemä on vaikea tarkalleen arvioida, etenkin kun se on jaoteltu pieniin osa-alueisiin (kuvio 2). Etenemään vaikutti, kuten jo mainittu, muut tehtaalla tehtävät työt. Tietyissä vaiheissa projektia kulku työkohteeseen oli suljettuna useita tunteja, koska muut tehtaalla tehtävät työt aiheuttivat niin suurta työturvallisuusriskiä lähialueillensa. Tällaisten katkosten

tapahtuminen, joista ei etukäteen tiedetty, aiheuttaa myös poikkeamia työn jaksotukseen. Työvaiheiden etenemässä oli valmiiksi otettu huomioon mahdollinen pitkittyminen, mutta silti tietyt työvaiheet veivät arvioitua enemmän aikaa (kuvio 2). Erityisesti pistehitsaus ja vuoraaminen veivät enemmän aikaa mitä oli suunniteltu. Nämä olivatkin täysin kytköksissä toistensa etenemiseen, joka selittää työvaiheiden lähes yhtäsuuren poikkeaman arvioon.

Valmistelevia- ja tukitöitä lisäämällä projektin etenemä pysyy paremmin hallinnassa. Näihin kohtiin panostettiin aina kun työt muuten olivat välillä pysähdyksissä. Työvaiheiden välistä vuorottelua lisäämällä etenemään tuli selvää parannusta. Vuorottelulla tarkoitetaan erityisesti säiliössä tapahtuvaa työtä. Työkuorma saatiin pidettyä tasaisena kaikilla, eikä turhia monien tuntien odotteluja tullut. Nämä vaikuttivat siinä määrin kokonaisuuteen, että ei tullut tarvetta tehdä pidempää kuin 12h työpäivää.

6.6 SWOT – analyysi

SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) – analyysia päätettiin käyttää projektin suunnitteluun. Tämän projektityökalun avulla voidaan arvioida projektiin vaikuttavia tekijöitä. Projektityökalun avulla eri työvaiheisiin vaikuttavat tekijät arvioitiin vaihekeskeisesti. Mikäli jokin osa-alue pettäisi työvaiheessa, täytyi tähän löytää ratkaisumilla saataisiin kompensatiota, jotta projektin läpimenoaika ei kasvaisi. Projektin intensiivisen läpiviennin vuoksi täytyy olla hyvin perillä erityisesti työn kulkuun negatiivisesti vaikuttavista tekijöistä. Erityisesti vahvuuksien ja uhkien välille pyrittiin löytämään kompensatiota, joilla voidaan korvata mahdollisesti menetettyä työaika. Työvaiheisiin ei ollut mahdollista vaikuttaa tavalla, joka helpottaisi uhkien toteutuessa työnkulkua merkittävästi. Mikäli joku työvaihe olisi pysähtynyt moneksi päiväksi syystä riippumatta, silloin olisi ollut mahdotonta kompensoida tätä menetettyä aikaa muulla tapaa, kuin pidentämällä työaika merkittävästi heti työn uudelleen käynnistyttyä.

<p>Vahvuudet</p> <ul style="list-style-type: none"> Keskeinen sijainti alihankkijoista Luotettava suhde asiakkaaseen Työvaiheiden selkeys Motivoitunut ja osaava henkilökunta 	<p>Heikkoudet</p> <ul style="list-style-type: none"> Projektin ainutlaatuisuus Esitiedot säiliön kunnosta Rajattu tila ja miehitys 	<p>S I S Ä I S E T</p>
<p>Mahdollisuudet</p> <ul style="list-style-type: none"> Uudet projektit Asiakasluottamuksen parantaminen Työtapojen kehittäminen 	<p>Uhat</p> <ul style="list-style-type: none"> Alihankkijoiden toimitusvarmuus Muut toimijat tehtaalla Työturvallisuus 	

KUVIO 3. Swot - analyysin nelikenttä

6.6.1 Vahvuudet

Vahvuuksiksi havaittiin osaava ja motivoitunut henkilökunta, joilla on vuosien kokemus alalta. Henkilöstöllä on kokemusta projektiluonteisten töiden läpiviennistä, joka helpottaa työn tekemistä asiakastehtaalla. Kaikille oli selvää miten asiakkaiden hallinnoimissa tiloissa tulee työskennellä, huomioiden tehtaalla olevat säännöt. Myös sitoutuminen projektiluontoiseen aikataulutukseen on tärkeää, joka tässä tapauksessa tarkoitti, että työt tulee saada tehtyä tarkasti määritellyn aikakehyksen sisällä, jolloin tarvittaessa työaika pidennetään merkittävästi jopa kahdestatoista tunnista eteenpäin.

Asiakastehtaan keskeinen sijainti alihankkijoista tuotti etua. Erityisesti esivalmisteiden, kuten säiliöön laitettavien nurkkalevyjen valmistuksessa tästä oli suurta hyötyä. Sillä esivalmisteiden mallia ei pystytty tekemään ennen projektin aloitusta, joten nämä täytyi teettää alihankkijalla projektin edetessä. Alihankinta oli etukäteen sovittu tehtävän joustavasti projektin edetessä. Mikäli alihankintaa ei olisi saatu lähialueelta, silloin esivalmisteiden mallien toimittaminen asiakkaalle olisi venynyt, kuten myös esivalmisteiden saanti. Tästä olisi ollut merkittävää haittaa työn läpiviennille (kuvio 3).

Hyvä ja luotettava ammatillinen suhde asiakkaaseen ja työvaiheiden selkeys tuotti projektin kannalta tarpeellista joustavuutta työhön. Asiakkaan kanssa yhteistyö sujui mutkattomasti, joka helpotti työskentelyä tehtaalla. Työvaiheiden selkeys luettiin myös vahvuudeksi, vaikka siinä olikin selvät huonot puolensa. Vahvuudeksi tämä luettiin, koska hyvällä projektin valmistelulla tiedettiin etukäteen ongelmakohdat ja niitä pystyttiin välttämään. Erityinen vahvuus oli työn etenemän seuraaminen ja valvominen, sekä koko projektin selkeys työvaiheiden osalta. Näitä pystyttiin kontrolloimaan helposti koko projektin ajan, eikä siihen sitoutunut liiaksi työaikaa juuri työvaiheiden selkeyden vuoksi.

6.6.2 Heikkoudet

Tehtävän projektin ainutlaatuisuus, jolla tarkoitetaan säiliöiden yksilöllisyyttä, oli selvä haaste. Kuten aikaisemmin on todettu säiliöiden rakenteet, muodot ja käyttötarkoitukset poikkeavat suuresti toisistaan. Tämän takia on vaikea löytää yhtenäisiä vuorausmenetelmiä säiliöiden välille. Varsinaisen haasteen tuottaa reunakohtien, tulo- ja lähtöputkien, sekä muiden yksilöllisten piirteiden tekeminen. Näihin kuluu paljon aikaa, eikä niitä aina ole helppo toteuttaa tavalla, joka olisi ajallisesti tehokasta ja silti kohtaisi tekniset vaatimukset.

Esitiedot säiliön todellisesta kunnosta olisivat voineet olla paremmat. Projektia suunniteltaessa varauduttiin viivästyksiin johtuen säiliön kunnosta, tuotti tämä silti vaikeutta kokonaisajan arvioon ja työvaiheiden aikataulutukseen. Alustavasti oli varauduttu tarpeellisella työvälineistöllä ja miehityksellä siihen, että säiliöstä täytyy purkaa kaikki vanhat vuoraustiilet pois. Purkutyön laajuudesta ja kokonaiskestosta ei kuitenkaan voitu olla varmoja.

Työskentely rajatussa tilassa ja säiliön sisällä, arvioitiin olevan vaikeaa. Työn tekeminen täytyi suorittaa käyttäen rajattua määrää työntekijöitä, eikä projektia voitu nopeuttaa lisäämällä miehitystä. Lähes kaikki työ esivalmistelujen jälkeen tapahtui juuri säiliön sisäpuolella, jossa tarvitsi olla tarkkana miehityksen suhteen, jotta vaaratilanteita ei synny.

6.6.3 Uhat

Alihankkijoiden toimitusvarmuus oli selkeä ulkopuolinen uhkatekijä (kuvio 3). Vuorauslevyjen toimituksessa tiedettiin olevan vaikeuksia. Alihankkija ei pystynyt toimitamaan kaikkia tarvittavia vuorausmateriaaleja ennen projektin alkua. Heiltä loppuivat levyt kesken ja levyjen arvioitu toimitusaika oli projektin toisella viikolla. Tämä oli uhkana koko projektin valmistumiselle määräaikaan mennessä. Saman suuruisia ja samaa materiaalia olevia, levyjä yritettiin kysyä muilta alihankkijoilta ennen projektin alkua, mutta niitä ei ollut mahdollista saada muualtakaan. Alihankkija joutui tilaamaan puuttuvat levyt ulkomailta, joten siinäkin vielä lisäriskiä tuottava tekijä.

Levytyöyrityksen kanssa oli alustavasti sovittu, että he tarjoavat joustavasti palvelua liittyen levyjen taivuttamiseen projektin edetessä. Mitoittamisen jälkeen tiedettiin kuinka suuria ja millaisia taivutuksia levyihin pitää tehdä, oli mahdollista teettää levyt saman päivän aikana heidän yrityksessään. Uhkana olivat kuitenkin mahdolliset konerikot tai muut ongelmat alihankkijalla. Mikäli levytyöyrityksen tuotannolle olisi tullut konerikko tai muu este, olisi se vaikuttanut merkittävästi projektin aikatauluihin. Tällöin olisi jouduttu etsimään toinen alihankkija nopealla aikataululla, joka on lähes mahdotonta näin tarkoilla aikatauluilla ilman kulujen merkittävää nousua.

Tehtaalla olevien muiden projektien johdosta tapahtuvat seisautukset työnkulkuun ovat mahdollisia uhkatekijöitä (kuvio 3). Etukäteen ei voida tietää, kuinka pitkiä mahdolliset seisautukset ovat, eikä niiden tarkkaa ajankohtaa myöskään tiedetä. Mahdolliset työn seisautukset johtuvat työturvallisuudesta, kun tehdään työtä tehtaan kellarissa ja yläpuolella siirretään koneenosia, jotka painavat n. 80 t kg. Mikäli kaikki menee hyvin osia siirrettäessä, ei seisauksista aiheudu merkittävää haittaa. Mikäli siirtotöiden aikana kuitenkin ilmenee ongelmia ja niiden ratkaisussa kestää, voi tästä aiheutua merkittäväkin ajanhukkaa. Tämä on kuitenkin asia, johon ei ole mahdollista vaikuttaa omalla työnteolla, joten mahdollisista haittavaikutuksista ja lisäkustannuksista projektille tehdään uusi arvio asiakkaan kanssa tarvittaessa.

6.6.4 Mahdollisuudet

Yksi mahdollisuus on miettiä tapa jolla voidaan kehittää työtapoja tulevaisuudessa, jotta projektien läpivientiaikaa saadaan pienennettyä ja näistä tehtyä kustannussäästöjä. Kilpailulla alalla pienienkin kustannussäästöjen löytäminen, sekä koko ajan tehostettujen tuotantoprosessien huoltoseisokkien lyhentyessä on tärkeää löytää tarvittavaa tehokkuutta projektien läpiviennistä.

Asiaksluottamuksen saavuttaminen onnistuneen projektin myötä on selkeä mahdollisuus. Tämä on ensiarvoisen tärkeä asia, kun lähdetään tarjoamaan uusia projekteja tehtaalle tai sitten asiakaskyselyjen perusteella mahdollisiin muihin huoltotöihin asiakkaan tiloihin. Tämä oli ensimmäinen vuorausprojekti, joka tehtiin kyseessä olevalle tehtaalle pitkään aikaan. Samankaltaisia töitä on tulossa lisää lähitulevaisuudessa, joten tästä syystä on projektin onnistuminen tärkeää. Asiakkaalle on huomattavasti helpompaa tarjota uutta projektia onnistuneen jälkeen ja sen saaminen on todennäköisempää, kun työt on tehty hyvin ja projektin läpivienti on ollut mutkatonta asiakkaan näkökulmasta.

7 Työvaiheet

Työvaiheet kuvaavat kokonaisuutena työn jaksotuksen konkreettiset työt. Työvaiheisiin ei voitu suureltakaan osin vaikuttaa, sillä ne olivat ennalta määrättyjä. Joitain töitä voitiin tehdä päällekkäin, mutta rajoitetusti kuitenkin. Työturvallisuusohjeistus vaikutti paljon työvaiheiden etenemiseen. Enemmänkin päällekkäisyyksiä olisi saatu työvaiheiden välille, mikäli olisi toimittu täysin työturvallisuusohjeiden rajoilla mukaan, mutta tämä päätettiin välttää. Erityisesti säiliön sisäpuolella vuorauksen ja hitsauksen aikana olisi saatu enemmän päällekkäisyyksiä. Tiettyyn pisteeseen asti hitsausta ja vuoraamista tehtiin yhtäaikaaisesti, mutta vuorauksen puolivälissä niitä alettiin tehdä vuoroittain. Tämä siitä syystä, että hitsauksessa syntyvä valokaaren heijastuma ei aiheuta vaaraa vuorausta tekevien silmille. Valokaari heijastuu erittäin vahvana koko säiliö sisäpinnalle vuorauslevyistä.

7.1 Tiilien poisto

Vanhojen tiilien poistossa oli varauduttu pahimpaan, eli kaikki tiilet myös lattioista olisi pitänyt purkaa. Säiliön tarkemman tutkimisen myötä huomattiin, että ainoa seinä missä tiilet olivat kokonaan irti oli takaseinä. Muualla tiilet olivat vielä hyvin kiinni betonivalussa, pois lukien eräät kohdat säiliön pohjasta. Asiakkaan kanssa käydyn keskustelun jälkeen päädyttiin ratkaisuun, jossa osa takaseinästä puretaan kokonaan pois. Muualta missä tiilet olivat vielä hyvin kiinni, päätettiin uudet levyt ankkuroidaan tarpeeksi syväälle valuun, eikä tiiliä poisteta alta ollenkaan. Vanhat tiilet olivat vielä sivuseinillä hyvin kiinni, niin ei ollut järkevää tällaisella aikataululla lähteä niitä irrottamaan. Tämä säästi hyvin paljon työaikaa ja resursseja, eikä varsinaista teknistä syytä ollut minkä vuoksi näin ei olisi voinut tehdä.



KUVA 3. Takaseinästä poistetut tiilet

Vesi ja kemikaalit olivat vuosien aikana tunkeutuneet vuoraukseen ja syövyttänyt laastia (kuva 3). Tiilien poistossa tuli olla hyvin varovainen, sillä lähes kaikki tiilet täytyi irrottaa alhaalta päin. Näin ollen oli koko ajan vaara jäädä alle, mikäli koko takaseinä olisi lähtenyt irtoamaan kerralla tai suuremmissa osissa. Alkuun tiiliä poistettiin rautakangella, jolloin ne lähtivät helposti irti. Iskuporakoneen käyttöä pyrittiin välttämään mahdollisimman paljon, sillä säiliö täyttyi pölystä hyvin äkkiä.

Tiilien poistamisen jälkeen takaseinä tasoitettiin, jotta levytys onnistuisi helpommin. Mikäli seinää ja muita vuorattavia pintoja ei tasoiteta kunnolla on mahdollista, että uudet vuorauspellit murtuvat. Säiliön ollessa täysi kohdistuu pohjassa olevaa neliötä kohden noin 29000N voima. Tästä syystä tasoittaminen on erittäin tärkeä työvaihe. Tasoittamisella tässä kohtaa tarkoitetaan seinään, sekä säiliön pohjalle jääneen laastin poistoa, kolojen suoristamista ja tiilistä jääneiden palojen poistamista. Mitään varsinaisia tasoitainia ei käytetty, koska niiden käyttö tällaisessa kohteessa ja työssä ei ole mitenkään perusteltua. Lopuksi tiilien päähän ajettiin viiste, betoniseinän ja vuoraustiilien yläpään väliin, koska levytykseen haluttiin tehdä loivasti alaspäin viettävä reuna, jotta massaa ei jää makaamaa suoralle pinnalle.

7.2 Käytön irrottaminen

Käytön irrottaminen oli tässä kohteessa suhteellisen yksinkertainen toimenpide. Sillä sähkömoottorin voimansiirto oli vaihteessa kiinni suoralla akselilla kiilaliitoksella. Sähkömoottori ja vaihde olivat myös kiinnitetty toisiinsa ruuviliitoksella. Tämän ansiosta myöhempää akselin linjausta ei luonnollisesti tarvitse tehdä. Roottori oli myös kiinni akselilla suoraan vaihteen toisiopuolella kiilaliitoksella. Tässäkään ei myöhempää linjausta tarvita, koska kytkintä ei ole.

Käytössä oli kiertovoitelu rasvalla. Kiertovoitelun letkut poistettiin ennen käytön irrottamista. Kiertovoitelun letkut merkattiin ennen poistamista, kuten myös käytössä olevat rasvanipat. Osa letkuista jätettiin kiertovoitelun jakotukkiin kiinni, jotta irrallisia letkuja jäisi mahdollisimman vähän.

Roottorin lavat olivat kiinni akselilla ruviliitoksella. Liitos oli varmistettu lukkoaluslevyillä. Tällaisessa kohteessa tulee olla jonkinlainen lukitus, koska roottori tekee pyörivää ja hankaavaa työtä. Lavoissa oli yhdeksänportainen lapojen säätö. Tämä oli toteutettu ohjausnastalla lavan sisäpinnan liitoksessa. Sädöllä pystytään vaikuttamaan lapojen kulmaan. Lavat merkattiin oikeaan kulmaan ennen irrottamista.



KUVA 4. Lajojen kiinnitys

Lajojen (kuva 4), kierovoitelun ja sähkömoottorin sähköjen irtikytkemisen jälkeen voitiin irrottaa koko käyttö yhtenä kokonaisuutena. Käyttö oli säiliön ulkoseinässä kiinni kohtisuorassa etuseinää vasten. Vaihdelaatikon toisiopuolella oleva kiinnityslaippa oli ruviliitoksella säiliön etuseinässä kiinni. Laippa piti ruuvien avulla koko käytön painoa

kiinni seinässä. Molemmat, eli toisiopuolella oleva laippa, kuin myös seinässä oleva kiinnityslevy ovat koneistettuja. Laipan pintaan oli tehty ura, joka upposi seinässä olevaan koneistettuun levyyn. Tämä linjasi akselin keskikohdan oikeaan korkoon automaattisesti, suhteessa akselille tehtyyn läpimenoreikään säiliön seinässä.

7.3 Vuoraus

Vuorauslevyksi valittiin 2000 mm x 1000 mm x 2,5 mm suuruinen levy, jonka materiaali on 316L haponkestävä teräs. Levyn valintaan vaikuttivat säiliössä käytettävät kemikaalit, joiden takia materiaaliksi valittiin haponkestävä teräs, eikä hieman halvempi ruostumaton teräs. Todennäköisesti ruostumaton teräs olisi myös kestänyt hyvin tarkoituksen, mutta asiakkaan kanssa yhteispäätöksellä valittiin kuitenkin haponkestävä teräs. Levyn leveyden ja pituuden valinta olivat itsestään selviä, kun levyt suhteutetaan säiliön mittoihin. Säiliö oli n. 4000 mm pitkä, matalapää n. 2500 mm syvä ja syväpää n. 3300 mm syvä. Pohja oli vinoudestaan johtuen hieman seiniä pidempi, eli n. 4300 mm pitkä. Levyn paksuuteen vaikutti niin hitsattavuus, käsiteltävyys, saatavuus, hinta ja levyn jäykkyys. Tässä jouduttiin hakemaan mahdollisimman hyvä vaihtoehto kaikkien kannalta. Mikäli levy olisi ollut paksumpi, silloin hitsattavuus ja jäykkyys olisi parantunut ja erityisesti lämmöstä aiheutunut taipuma olisi pienentynyt. Samalla käsiteltävyys, saatavuus ja hinta olisivat kärsineet.

Vuoraus aloitettiin seinien oikaisemisen, pesun ja käytön irrottamisen jälkeen. Alustavasti oli tiedossa, että nurkkaukset tulevat olemaan toteutuksen kannalta hankalimmat. Nurkkauksien astekulmien vaihtelu, tiiliin tehdyt reunaviisteet ja erityisesti pohjan viettäminen ja samalla nurkan astekulman vaihtelu olivat hankalia. Ei välttämättä niinkään etteikö niitä olisi ollut mahdollista tehdä, mutta hyvän lopputuloksen saavuttaminen oli haasteellista. Myös säiliön yläreunan ja portaikon tiedettiin vievän aikaa ja tuottavan ongelmia. Erityisesti säiliön yläreunan kanssa ilmeni lieviä ongelmia hitsatessa. Hitsauksen tuoma lämpö taivutti vuorauspellit joistain kohtaa pahasti. Sillä joissain kohtia ei ollut mahdollista laittaa levyä kiinni naulaamalla tai ankkuroimalla riittävän ylhäältä. Kiinnityskohdan ja levyn yläreunan väliin jäi liian suuri ero. Tällöin lämpö pääsi taivuttamaan reunoja liiksi. Ongelma ratkaistiin tekemällä joihinkin kohtiin kulmapalat, niiden avulla reuna vedätettiin kiinni, tämän jälkeen kulmapala ankkuroitiin säiliön yläpuolelle kiinni.

7.3.1 Portaat

Säiliöön laskevat portaat olivat aikoinaan laitettu valuun kiinni, eikä niitä siis voinut irrottaa järkevästi. Tämän vuoksi levyihin jouduttiin tekemään useita 40cm x 5cm syviä uria. Nämä urat täytyi luonnollisesti paikata tekemällä niihin saman levyiset paikkauslevyt. Vaikka paikalleen hitsaus tehtiin 2,5 mm puikkohitsauksella ja mahdollisimman pienellä tehontuonnilla, oli levyn osittainen taipuminen väistämätöntä. Onneksi portaikon kohdalla oli mahdollista käyttää naulaamista, jolloin pystyttiin taipumaa pienentämään. Pientä taipumaa joihinkin kohtiin jäi, mutta ei kuitenkaan niin paljoa, että taipumia olisi täytynyt korjata. Suurin osa pienistä taipumista oli aivan ylhäällä, eikä sinne pääse muodostumaan suurta painetta levyille.

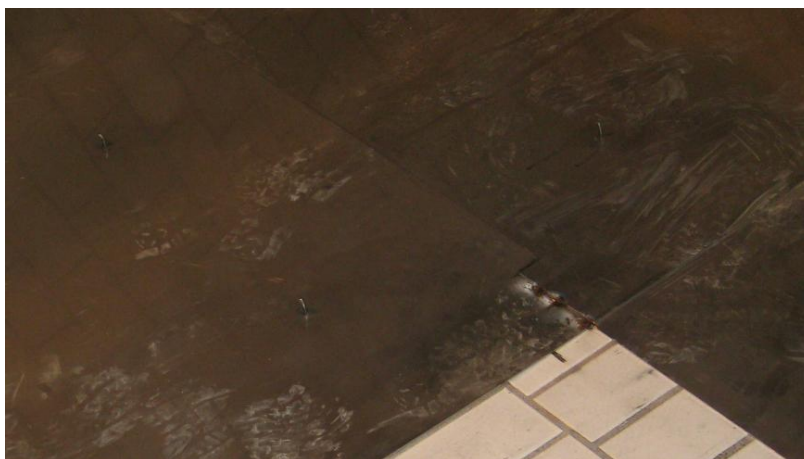


KUVA 5. Osa portaikosta

Lämmöntuonti ollut suurta pienille alueille, erityisesti kun otetaan huomioon levyn paksuus, joka oli 2,5 mm (kuva 5). Erityisesti niissä paikoissa joissa on osunut vielä levyjen hitsattavat reunat samalle puolelle on lämmöntuonti ollut erityisen suurta. Kuvasta huomataan, ettei millään tapaa teknisesti ongelmallisia taipumia ole levyssä. Nämä saatiin pois käyttämällä, niin edellä, kuin myöhemminkin esiteltäviä oikeita työmenetelmiä. Muutoin taipuma olisi tullut olemaan silmin nähtävän suuri ja tällä olisi ollut myös teknisiä vaikutuksia levyyn. Mikäli taipuma olisi ollut merkittävä suuri, olisi vaikuttanut levyn kestoikään. Tällöin murtumat levyissä ja hitsausaumoissa olisivat olleet erittäin todennäköisiä, sillä säiliössä tapahtuva nesteen liike on osittain pumppaavaa.

7.3.2 Levytys

Varsinainen levytys päätettiin aloittaa pohjasta. Tämä siitä syystä, että pohjalla oleviin levyihin oli mahdollista hitsata pieniä tukia, jotka auttavat levytyksen edetessä kohti säiliön yläreunaa. Levyjen kiinnittämiseen säiliöön käytettiin kahta menetelmää ankkurointia ja naulaamista, sekä näiden jälkeen säiliöstä tehtiin tiivis hitsaamalla. Levyjen asettelu toisiinsa nähden päätettiin tehdä siten, että kaikki levyt ovat reunoistaan osittain toistensa päällä. Suora päittäisliitosta päätettiin välttää, sillä lämmöntuonti hitsausprosessin aikana taivuttaa levyjä. Taipumaa saadaan pienenevästi silloin, kun lämmöntuonti ei kohdistu suoraan molempien levyjen reunoille. Tämä siitä syystä, että päällä olevan levyn reuna pyrkii taittumaan ylöspäin, mutta samalla painaa alimman levyn reunaa alas. Tämä kompensoi taittumaa huomattavasti, kun vertailukohdaksi otetaan suora päittäisliitos. Jokaisessa levyssä oli myös kahdeksan reikää, joista se kiinnitettiin naulaamalla tai ankkuroimalla.



KUVA 6. Naulatut ja päällekkäin asetellut levyt

Levyt aseteltiin ja naulattiin ennen hitsaamisen aloittamista (kuva 6). Kaikki levyjen reunat hitsattiin kiinni pienillä pisteillä, ennen varsinaisen vuoraus hitsauksen aloittamista. Näin pystyttiin varmistumaan siitä että levyn reuna ei taivu niin paljoa vuoraus hitsauksen edetessä, vaan pysyy kiinnittyneenä alempaan levyyn. Tämä on tärkeää niin hitsausliitoksen laadun, kuin taipuman estämisenkin kannalta. Kuvasta näkee myös kuinka pieniä pisteliitoksia tehtiin. Samalla tavalla tehtiin kaikki levyjen reunat. Pisteliitoksia tehtiin n. 50-70 mm:n välein, tällöin levy ei vielä alkanut taipumaan. Mikäli väli oli suurempi huomattiin, että joissain kohdissa lämmöstä aiheutuva taipuma taittoi levyä. Tämä myös aiheutti sen, että pisteliitokset saattoivat murtua. Pistehitsiliitokset teh-

tiin ilman lisäainetta. Pistehitsien väli oli n. 50-70mm, leveämpi väli hitseissä oli aiheuttanut isomman taipuman levyyn ja murtanut hitsin.

7.3.3 Syöttökouru

Säiliöstä eteenpäin lähtevän syöttöpumpun putken ja sille säiliöön tehdyn syöttökourun kanssa tuli lieviä ongelmia. Tämä aiheutti niin projektin etenemän, kuin myös teknisiä ongelmia. Ongelmia tuotti niin tilan ahtaus, kuin myös tehtävien pintojen muodot. Tilan ahtauden vuoksi hitsaaminen tuotti suuria hankaluuksia joissain kohtaa. Erityisesti hitsattaessa syöttökourun ja putken yhtymäkohtaa. Silloin tila kävi erittäin ahtaaksi. Varsinainen kourun kohta ei muuten ollut ongelmallinen, mutta pienelle levypinta-alalle lämmön vaikutukset olivat suuria. Taipumat pystyttiin kuitenkin hallitsemaan, kuten aikaisemmin esitetty, oikeilla työmenetelmillä.



KUVA 7. Kouru ja yhtymäkohta

Kourun pohjalla käytettiin pakattua levyä (kuva 7). Levy oli taivutettu hieman yli sen mitä pohjan muoto oli. Yli taivutettu levy naulattiin molemmista päistä kiinni lattiaan ennen hitsauksen aloittamista. Silloin kun ylitaiivutettu levy pakotetaan muotoon, saadaan pohjan muotoja vastaavat taivutuskulmat. Tällöin levyn ja betonipohjan väliin ei jää rakoa ja levy asettuu hyvin pohjalle. Tämä on erityisen tärkeää silloin kun levytetään aivan pohjaa, sillä siellä levyihin vaikuttava paine on suurin. Mikäli levyjä ei saa-

taisi vastaamaan täysin pohjan muotoja, olisi ajan kuluessa levyjen murtuminen väistämätöntä.

Kuten aikaisemmin on osoitettu, oli yhtymäkohta hitsausteknisesti erittäin haastava (kuva 7). Ahtauden takia hitsaajien oli lähes mahdotonta löytää hitsausasentoa. Ahtaus aiheutti myös sen, ettei hitsauspuikkoa tai tig - lisäainelankaa meinannut saada mahtumaan hitsattavaan kohteeseen. Vaikka paikka oli hankala, oli se saatava tehtyä ja työjäljen oli vastattava sovittuja hitsausstandardeja. Sovimme kuitenkin asiakkaan kanssa, että kyseisen kohdan voi tehdä kahden eri hitsausmenetelmän yhdistelmällä. Puikkohitsausta käytettiin, kun hitsattiin yhtymäkohdan alapuolta ja tig-hitsausta, kun hitsattiin yläpuolta. Näin saimme yhtymäkohdasta hitsattua vaatimuksia vastaavan.

7.3.4 Säiliön kulmat

Säiliön kulmien vuoraamisessa tuli samanlaisia ongelmia, kuin syöttökourun pohjan kanssa. Oli mahdotonta saada taivutettua ja tehtyä sopivia esivalmisteita. Tämän takia käytettiin kahden metrin mittaisia ylitaivutettuja esivalmisteita. Nämä sitten myöhemässä vaiheessa pakotettiin vastaamaan säiliönreunojen muotoja.



KUVA 8. Reunan muodot

Selvästi voidaan havainnoida, miten vaikeat säiliön kulmien muodot pahimmillaan olivat (kuva 8). Aivan säiliönpohjan rajassa näkyy kohta mistä pohja lähtee suoristumaan. Tässä kohtaa oli vielä laitettu kaksi vuorauskaakelia osittain päällekkäin. Hankaluutta

tuotti nimenomaan se, että esivalmistetut levyt olivat saatava vastaamaan täysin pohjan muotoja. Niin tässä kuin muissakin vastaavissa kohdissa tuli reunat tasoittaa. Pelkkä tasoittaminen ei riitä reunalevyjen paikalleen saamiseksi, koska säiliön pohja kaareutuu. Tätä varten ei haluttu teettää tarkasti mitoitettuja reunalevyjä, koska se ei olisi ollut järkevää kustannusten, eikä ajanhallinnan kannalta. Reunalevyt avattiin kulmahiomakoneella pystysuunnassa melkein auki kahdesta kohtaa, jonka jälkeen ne pakotettiin muotoon ennen hitsaamista.



KUVA 9. Muotoon pakotettu reunalevy.

Lopuksi reunalevyt saatiin pakotettua muotoon erittäin hyvin, siten ettei levyn ja säiliön seinämän väliin jäänyt rakoja (kuva 9). Kulmahiomakoneella tehdyt urat näkyvät hyvin kuvassa. Urat olivat malliltaan V:n muotoisia, jotta levyä taitettaessa reunat osuisivat päittäin yhteen, eivätkä menisi päällekkäin. Lopuksi urat luonnollisesti hitsattiin umppeen vuoraushitsauksen yhteydessä.

7.4 Hitsaus

Hitsausmenetelminä käytettiin puikkohitsausta, sekä tig-hitsausta. Hitsattavaa säiliössä oli erittäin paljon. Hitsattavaa saumaa tuli yhteensä n. 150 m. Hitsaaminen aloitettiin tig-hitsauksella, tällä menetelmällä tehtiin pieniä hitsauspisteitä levyihin ilman lisäainelankaa. Lisäainelankaa ei haluttu käyttää, jotta ei jäisi turhan isoja hitsipisteitä puikkohitsauksen eteen. Kaikki levyt hitsattiin kiinni toisiinsa ensin tätä menetelmää käyttäen.



KUVA 10. Levyt tig-hitsauksella, naulauksella ja ankkuroinneilla.

Tig-hitsauksella hitsattiin levyjen reunojen lisäksi naulojen ja ankkureiden kannat kiinni levyihin (kuva 10). Kantojen hitsaamiseen oli tiiveyden takaamisen lisäksi toinen syy, se ettei naulojen ja ankkureiden kannat jäisi seiniin pystyyn, joka aiheuttaisi vaaraa säiliössä työskenneltäessä niin jatkossa, kuin projektin aikana. Kannat sulatettiin kiinni levyihin pieniksi sileiksi napeiksi. Juuren suojausta ei ollut tarpeen tehdä tässä työvaiheessa, sillä sulatus tehtiin pienellä virralla, siten ettei materiaali sulanut läpi asti. Kannat sulatettiin ensin ja vasta sen jälkeen sula vietiin levyihin nopeasti, jottei materiaali sula läpi. Levyjen reunoissa käytettiin niin pientä virtaa, ettei läpikulamisen vaaraa ollut.

Puikkohitsausta käytettiin vuoraushitsaamiseen. Hitsaaminen aloitettiin säiliönpohjasta, josta edettiin kohti reunoja. Hitsaaminen pystyttiin tekemään siten, ettei lämmöntuonti kasvanut liian suureksi levyjen ollessa 2,5 mm paksuja, sekä vielä haponkestäviä. Hitsausvirtana oli 70 ampeeria ja hitsauspuikon paksuus oli 2,5 mm. Siten sula pystyttiin hallitsemaan hyvin, eikä levyihin tullut reunahalkeamia tai muita hitsivirheitä. Haponkestävällä teräksellä on taipumus vääntyä huomattavasti silloin, kun siihen kohdistuu hitsauksessa syntyvää lämmöntuontia, mutta nämä pystyttiin estämään tehokkaasti aikaisemmin mainituilla levytystekniikoilla ja pistehitsaamisella. Säiliön seinämät hitsattiin käyttämällä CromaRod 316LV puikkoa, joka on tarkoitettu käytettäväksi hitsattaessa ylhäältä alaspäin. Näitä käytettiin vain pystysaumojen hitsaamiseen. Säiliönpohja ja muut muodot, jotka eivät olleet suoria pystysaumoja hitsattiin käyttäen Esab 63.20 hitsauspuikkoja. Nämä ovat hyviä yleispuikkoja, joilla voidaan hitsata monessa asennossa ja silti saada hyvä laatu aikaiseksi.

7.5 Laadun tarkastus

Lähtökohtana ennen töiden aloittamista pidettiin luonnollisesti moitteetonta työpöytä. Oli sitten kyse työtekniikoista tai työvaiheista, niin näissä ei sallittu virheitä. Erityisesti kun kyseessä oli säiliön vuoraaminen, oli hitsauksen laadulla suuri merkitys. Vaikka työt suoritettiin tiukalla aikataululla, ei tämä sallinut rakennusteollisuudesta tuttuja virheitä hohumisen takia. Hitsaajina käytettiin ainoastaan luokkahitsaajia, joilla oli pätevydet suorittaa kyseisten materiaalien hitsaus, oli sitten kyseessä aineen paksuus, hitsausasento tai materiaaliluokka. Tämä oli vaatimus, josta ei tietenkään joustettu yhtään. Muiden töiden osalta varmistettiin, että työntekijöille on työmenetelmät hyvin tuttuja, eli osaavat käyttää tarvittavia työkaluja oikein ja turvallisesti. Erityisesti naulaamiseen ja ankkurointiin kiinnitettiin erityistä huomiota, jotta levyt saataisiin täysin suoraan.



KUVA 11. Valmis säiliö tarkastuksessa

Laadun tarkastaminen tehtiin yhteistyössä asiakkaan edustajien, sekä asiakkaan tilaamien tarkastajien kanssa (kuva 11). Asiakas oli tilannut hitsaustarkastajan tekemään kontrollin säiliöön. Kaikille säiliön saumoille, jotka ovat veden alla tehtiin 90 %:n visuaalinen tarkistus, sekä 10 %:n tunkeumanestetarkistus. Hitsausteknisesti haastavimpiin kohteisiin, kuten syöttökourun ja putken liitoskohtaan tehtiin 100 %:n tunkeumanestetarkistus. Muuten säiliö tarkastettiin visuaalisesti asiakkaan edustajien puolelta. Erityisesti vaativiin kohtiin, kuten yläreunojen levytykseen, sekä säiliön kulmien tarkastamiseen kiinnitettiin huomiota.



KUVA 12. Yläreunojen tukeminen laadunvarmistamiseksi

Laadusta ei löytynyt huomautettavaa, joka olisi mahdollisesti vaatinut jatkotoimenpiteitä. Tavoitteisiin päästiin, ennen kaikkea huolehtimalla työntekijöiden tarvittavasta pätevydestä hoitaa annetut tehtävät ja perehdyttämällä työtapoihin joita vaaditaan tehdessä töitä säiliössä. Yrityksen sisäinen jatkuva laatukontrolli projektin edetessä auttoi puuttamaan ja ennaltaehkäisemään mahdollisia virheitä laadussa, jo ennen tarkastamista (kuva 12). Alustavasti tiedettiin, ettei virheisiin ole varaa, joten tämän takia päätettiin kerran päivässä tarkistaa tehty työ niin levytyksessä, kuin hitsaamisessa. Ennen kuin työvaiheessa mentiin eteenpäin, työ tarkastettiin ettei jäisi edes mahdollisia piilossa olevia laatuvirheitä.

8 Pohdinta

Vuorausmenetelmien parantaminen ja nopeuttaminen on paljon kiinni vuorattavasta kohteesta, sekä vuorattavasta materiaalista. Säiliöiden vuorausprosessi on huomattavasti erilainen, kuin rakenteiden mitkä eivät sijaitse suljetussa ympäristössä. Vaikkakin näissä voitaisiin käyttää samoja työmenetelmiä, silti on suljetussa tilassa työskentely aina haastavampaa. Vuorattavat kohteet ovat hyvin yksilöllisiä ja vaihtelua tulee jo paljon pelkästään säiliövuorauksien välillä. Näin ollen on erittäin haastavaa pyrkiä löytämään työtapoja ja tekniikoita, joita voitaisiin yleisesti hyödyntää monessa kohteessa. Toki yhtäläisyyksiäkin löytyy mm. hitsauksesta. Yleisesti ottaen yhtäläisyydet löytyvät juuri niistä työmenetelmistä, joita on vaikea nopeuttaa.

Tulevissa projekteissa, joissa vuorataan säiliötä tai muita koneen rakenteita, voidaan pyrkiä käyttämään samoja menetelmiä, kuin tässä työssä. Tietenkin täytyy huomioida vuorattava materiaali ja voidaanko ankkurointia tai naulaamista käyttää ollenkaan. Vuoraukseen käytettäviä menetelmiä on olemassa muitakin, kuin tässä työssä käytössä olleet. Kuitenkin parhaiten betonivaluun tehdyn säiliön vuoraamiseen soveltuvat käyttämämme työmenetelmät. Teräsrakenteisissa ei voida käyttää samoja vuoraustapoja. Eri-tyisesti naulaaminen nopeutti vuorauslevyjen asennusta huomattavasti verrattuna siihen, jos kaikki levyt olisi laitettu ankkureilla kiinni ennen hitsaamista. Varsinaiseen hitsaukseen on hankalaa löytää keinoja, joilla saataisiin nopeutettua hitsausprosesseja. Hitsausnopeus on hyvin vakio, jota on vaikea nopeuttaa.

Ensiarvoisen tärkeäksi nouseekin niin tässä työssä, kuin tulevissa projekteissa hyvä organisointi ja esivalmistelut työnteolle. Jokainen kohde tulee arvioida erikseen, koska vaihtelu on niin suurta. Vaikka pinta-alallisesti vuorattaisiin samankokoisia kohteita, ei se tarkoita samanlaista läpimenoaikaa projekteille. Vuorattavien kohteiden vaihtelun lisäksi on otettava huomioon kohteen yleinen kunto. Läpimenoaikaan vaikuttaa kohteen hyvä tuntemus ja työntekijöiden pätevyys tehtävään työhön ovat avainasemassa, kun töitä tehdään tiukalla aikataululla.

Työn tuloksista voidaan vetää yhteen, että betonirakenteisten säiliöiden uudelleen vuorauksessa naulaaminen on nopein tapa vauhdittaa projektin kulkua. Hitsausnopeutta ei voi vauhdittaa laadun kärsimättä. Ankkurointiin verrattuna naulaamisessa pitää porata pienempiä reikiä, eikä nauvoja tarvitse kiristää. Silloin saadaan isolla pinta-alalla no-

peutettua työntekoa. Levyjen pistehitsaus on työlästä, koska hitsien välin tulee olla tarpeeksi pieni. Tätä työvaihetta ei kuitenkaan voida välttää, muutoin levyjen reunat taipuvat liikaa ja hitsaamisesta tulee mahdotonta. Esivalmisteltujen levyjen tilaaminen nopeuttaa levytysprosessia, niitä tuleekin käyttää aina kun siihen on mahdollisuus. Kaikkia levyjä ei voida aina esivalmistella ennen projektin alkua, joten tarpeellinen alihankinta-verkosto tai muu suunnitelma tuleekin olla valmiina projektiin lähettäessä. Hitsaaminen ja naulaaminen ovat ajallisesti helpommin ennustettavaa, kuin mahdolliset ongelmakohdat levytyksen kulussa.

LÄHTEET

Knowpap, Paperitekniikan ja tehtaan automaation oppimisympäristö. Luettu 3.5.2013
http://www.knowpap.com/www_demo/suomi/paper_technology/general/4_water_stock_systems/frame.htm

Arjas, A. 1983. Paperin valmistus: Suomen Paperi-insinöörien Yhdistyksen oppi- ja käsikirja III Osa 1. 2. painos. Turku, Oy Turun Sanomat. Luettu 11.2.2013

Vilkki, J. 2009. Massasäiliönvuoraaminen haponkestävällä teräslevyllä naulausmenetelmää käyttäen. Tampereen teknillinen yliopisto. Automaatio-, kone- ja materiaalitekniikan tiedekunta. Diplomityö. Luettu 24.3.2013

Kemppi, hitsausaapinen. Luettu 10.5.2013. <http://www.kemppi.com>

Esab, hitsaustietoa. Luettu 13.5.2013. <http://www.esab.fi/fi/fi/education/index.cfm>