

Kristian Leppäniemi

Outotecin telojen tuotekehitys ja varaston optimointi

LAB-ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Konetekniikan koulutusohjelma
Tuotanto

Opinnäytetyö 2020

Tiivistelmä

Kristian Leppäniemi

Outotecin telojen tuotekehitys ja varaston optimointi, 30 sivua

LAB-ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Konetekniikan koulutusohjelma

Tuotanto

Opinnäytetyö 2020

Ohjaajat: Simo Sinkko, lehtori, LAB-ammattikorkeakoulu; Veli-Matti Korhonen, tekninen myyntipäällikkö, Power Tech Group Oy

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä tuotekehitystä Outotecin teloille siten, että ne menevät tuotannossa tehokkaammin läpi sekä optimoida Power Tech Group Oy:n tiloissa varastoitavat telat.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käytiin läpi tuotekehityksen oleellisimpia periaatteita, käytännön työn eri vaiheita ja ongelmia, varaston optimointia ja tulosten tarkastelua. Teoriaosuuden sisällön aineistona materiaali hankittiin muun muassa Outotecilta, Power Tech Groupilta, eri verkkosivuilta ja Lappeenrannan tiedekirjastosta.

Opinnäytetyön työosuudessa tehtiin suunnitelmat telojen kehityksestä. Suunnittelun jälkeen telojen piirustuksia lähdettiin päivittämään ja uutta mallia valmistamaan. Uudelle mallille tehtiin kokeita sen kestävyuden testaamiseksi. Telojen kehityksessä apua saatiin tuotannon työnjohtajilta ja suunnittelijoilta. Varastoitavat telat valittiin viime vuosien menekkien perusteella.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin aikaiseksi kustannus- ja valmistustehokkaampi tuote. Pääpaino opinnäytetyössä keskittyi valmistuspiirustusten päivittämiseen ja uuden telarakenteen prototyypin testaamiseen. Testauksesta saatujen tulosten perusteella opinnäytetyössä käytettyä ideaa voidaan soveltaa myös muihin samankaltaisiin tuotteisiin.

Asiasanat: tela, varastointi, testaus

Abstract

Kristian Leppäniemi

Product development and storage optimization for Outotec rolls, 30 pages

LAB University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Mechanical Engineering

Production

Bachelor's Thesis 2020

Instructors: Mr Simo Sinkko, Senior Lecturer, LAB University of Applied Sciences; Mr Veli-Matti Korhonen, Technical Sales Manager, Power Tech Group Oy

The purpose of the thesis was to make product development for Outotec's rolls so that they go through production more efficiently and to optimize the rolls stored at Power Tech Group Oy's premises.

In the theory part of the thesis, we investigated the most crucial part of product development, different stages and problems of the actual work, optimization of storage and inspection of the results. Material for this thesis was gathered from Outotec, Power Tech Group, different web sites and from the Academic library of Lappeenranta.

In the work part of the thesis plans were made of how we want to develop the rolls. After the planning, new manufacturing drawings were made, and new model put under production. Tests were made for the new roll model to ensure mechanical strengths of the roll. Knowledge and help were gained from supervisors and engineers of Power Tech Group to make the new model. New storage rolls and items were decided by the usage of previous years.

As a result of the thesis, a more cost- and manufacturing-efficient product was achieved. The main emphasis in the thesis was on updating the manufacturing drawings and testing a prototype of the new roll structure. Based on the results obtained from the testing, the idea used in the thesis can also be applied to other similar products.

Keywords: roll, storage, testing

Sisällys

1	Johdanto	6
2	Yritys.....	7
3	Tuotekehitys	8
3.1	Tuotekehitystoiminta	8
3.2	Tuotekehitysprojektin käynnistäminen	9
4	Tuotekehityksen työvaiheet	10
4.1	Luonnostelu	10
4.2	Kehittely	10
4.3	Viimeistely.....	11
4	Suunnittelu.....	13
5	Toteutus.....	15
5.1	Laskut	18
5.2	Koekuormitus.....	23
6	Fyysinen varastointi	25
6.1	Tavaroiden säilytysvaatimuksia	25
6.2	Varaston suunnittelu	27
6.3	Telojen varastointi Power Techillä	27
6.4	Esivalmisteet.....	28
7	Yhteenveto ja pohdinta	29
	Lähteet.....	30

Käsitteet

CNC	Computerized Numerical Control
EN 10025-2 S355	Rakenneteräs, jonka myötölujuus on 355 MPa
EN 1.4404	Haponkestävä teräs, soveltuu kohteisiin, joissa ollaan tekemisissä liuottavien ja syövyttävien kemikaalien kanssa.
EN 1.4301	Ruostumaton teräs, käytetään muun muassa prosessiteollisuuden putkistoihin ja säiliöihin sekä elintarvike- ja kuljetusteollisuuden koneisiin ja laitteisiin.
EN 1.4462	Duplex-teräs, soveltuu erityisesti selluteollisuuden tarpeisiin.

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö tehdään Power Tech Group Oy:n toimeksiantona ja se toteutetaan yhteistyössä Outotec Oy:n kanssa. Opinnäytetyön aiheena on tehdä tuotekehitystä Outotecin teloille ja optimoida telojen varastointi Power Tech Groupin tiloissa.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tehdä uudet ja toimivat komponentti- ja kokoonpanopiirustukset SolidWorks-ohjelmalla, sekä tehdä varastotunnukset niin uusien telojen yksittäisille komponenteille, kuin komponenttien kokoonpanoille. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on helpottaa ja nopeuttaa tuotteen läpimenoaika tuotannossa.

Tämän opinnäytetyön teoriaosuus rajataan koskemaan ainoastaan yhden telatyyppin tuotekehitystä, sekä tarkastamaan varastoitavien tuotteiden valintakriteereitä. Opinnäytetyössä tarkasteltavan telan periaatetta voidaan soveltaa useisiin eri kohteisiin. Työssä tehdyt uudet yksityiskohtaiset piirustukset ja menetelmät jäävät Power Tech Groupin omaan käyttöön, eikä niitä julkaista tässä opinnäytetyössä.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa sisältö saatiin Lappeenrannan tiedekirjastosta, Power Tech Groupin työnjohtajilta ja työnsuunnittelijoilta, Outotecilta sekä verkkosivuilta.

2 Yritys

Power Tech Group Oy on noin 150 henkeä työllistävä, vuonna 1983 perustettu tilauskonepaja. Yrityksellä on neljä toimipistettä. Päätoimipaikka sijaitsee Kotkan Kaarniemessä, muut yksiköt Kotkan Hietasessa, Savonlinnassa sekä Tohmajärvellä. Tohmajärven yksikkö valmistaa kappaleet lähinnä sarjatyönä ja kaikki alle metrin pituiset kappaleet ovat optimaalisia Tohmajärvelle, Savonlinnan yksikössä pystytään muun muassa jyrsimään 14 m pitkiä ja 4,5 m korkeita kappaleita. (Power Tech Group 2020.)

Konepajalla on moderni ja laaja konekanta, sisältäen mm. useita CNC-karuselli-keskuksia (kappaleen max. mitat $\varnothing 5000$ mm x 2450 mm), vaakasorveja, jyrsin-keskuksia ym. (Power Tech Group 2020).

Power Tech Group tarjoaa muun muassa seuraavanlaisia palveluita:

- hitsaus- ja levytyö
- CNC- koneistus
- hammastus
- konepajamittaukset
- kokoonpanot
- pintakäsittelyt
- testaus
- varastointi (Power Tech Group 2020).

Power Tech Group Oy on tilauskonepaja, joka tekee kappaleet asiakkaan toimit-
tamien piirustuksien mukaisesti. Asiakkaita löytyy useilta eri teollisuudenaloilta
muun muassa marine/offshore, paperi- ja prosessiteollisuus, energiateollisuus ja
kaivosteollisuus. Pääpainopiste on suurissa haponkestävissä levyrakenteisissa
pyörähdyskappaleissa. Asiakkaiden tilaamien töiden työmäärät vaihtelevat pa-
rista tunnista useiden kuukausien projekteihin. (Power Tech Group Oy 2020.)

3 Tuotekehitys

3.1 Tuotekehitystoiminta

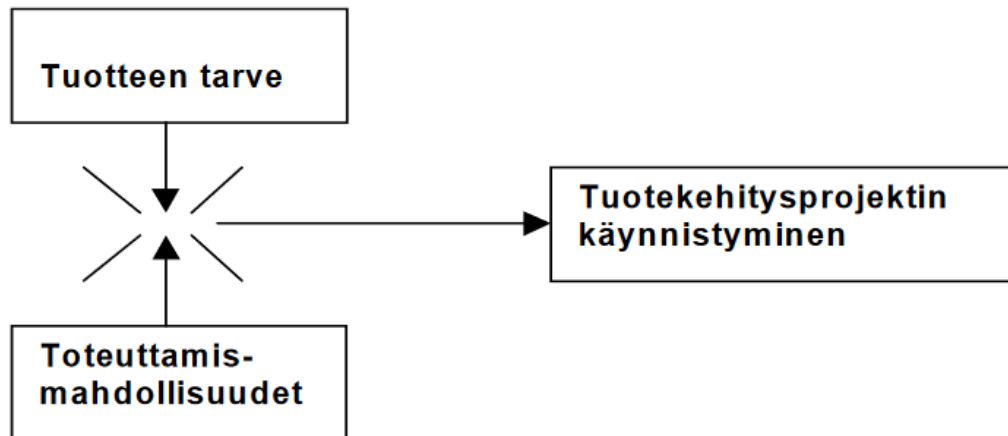
Tuotekehitystoiminta on yrityksen kannalta yksi tärkeimmistä edellytyksistä. Yrityksen on pyrittävä tuotteen jatkuvaan kehittämiseen ja parantamiseen, sillä kilpailu markkinoilla voi olla kovaa. Jos kilpailija lähtee tekemään tuotekehitystä, niin he mahdollisesti saavat tuotteesta kustannustehokkaamman ja helpommin valmistettavissa olevan, mikä voi omassa yrityksessä näkyä myynnin vähenemisenä tai suorana myynnin loppumisena. (Jokinen 2010, 9)

Tuotekehityksellä ymmärretään toimintaa, jonka tavoitteena on kehittää uusi tai parannettu tuote (Jokinen 2010, 9). Tuotekehitykseen liittyy monta eri vaihetta, muun muassa tuoteidean etsiminen, kehitysnäkymien, markkinoiden ym. tuotekehityshankkeen käynnistämiseen vaadittavien tietojen selvittäminen, itse tuotteen luonnostelun, yksityiskohtaisen suunnittelun, työpiirustusten tekemisen, käyttöohjeiden laatimisen sekä tuotantomenetelmien kehittämisen. (Jokinen 2010, 9)

Tuotekehityksessä on kyse uuden tuotteen suunnittelemisesta tai vanhan tuotteen päivittämisestä, tarkoituksena on saada tuotteen valmistuskustannuksia pienimmäksi, joko materiaalisäästöinä tai tuotteen valmistamisen helpottamisena ja nopeuttamisena. Tuotekehityksessä voidaan muuttaa isompaa kokonaisuutta tai vain yhtä komponenttia voidaan lähteä päivittämään, tällöin ratkaisuperiaate säilyy ennallaan eikä tarvitse suunnitella kokonaan uutta tuotetta. (Jokinen 2010, 10)

3.2 Tuotekehitysprojektin käynnistäminen

Perusedellytyksenä tuotekehitysprojektin käynnistämiseksi on, että tuotekehitykselle löytyy tuotteen tarve ja toteuttamismahdollisuudet (kuva 1). Molemmat ovat välttämättömiä tuotekehityksen aloittamiselle. Esimerkiksi, jos on hyvä kehitys-idea, ei sitä saada toteutettua ilman rahallisia resursseja. (Jokinen 2010, 17)



Kuva 1. Tuotekehitysprojektin käynnistymisen edellytyksenä on tarve ja idea sen toteuttamismahdollisuudesta (Jokinen 2010)

Tarpeen ja toteuttamismahdollisuuksien havaitseminen voi tapahtua sattumalta tai systemaattisen hakutoiminnan tuloksena (Jokinen 2010, 18).

Usein tuotekehityksen matkalla tapahtuu odottamattomia asioita, mitä ei voitu etukäteen ennustaa. Tästä syystä projektin kulku voi muuttua ja tuotteen lopputulos poiketa hieman suunnitellusta lopputuloksesta. Minkä takia:

- Erityistä huomiota on kiinnitettävä odottamattomiin tapahtumiin ja kokeiden tuloksien raportointiin.
- Tuotekehityksen tulisi olla joustavaa. Matkan varrella voi tulla uusia ideoita tai odottamattomia esteitä ja haasteita, minkä takia tuotetta pitää lähteä muokkaamaan. (Jokinen 2010, 17–18.)

Tuoteideoita voi saada myös sattumien kautta. Tuotekehitysideaa ei silti voida perustaa yksinomaan sattumiin, vaan tulee tuotteiden hakeminen olla systemaattista ja organisoitua. Uusien tuoteideoiden löytämiseksi tarvitaan tietoa yrityksen ulkopuolelta ja itse yrityksestä. Tietoa yrityksen ulkopuolelta ja sen tuotteiden asemasta saa muun muassa asiakkaiden kyselyistä ja tarjouspyynnöistä, messuilla heränneistä vaikutelmista ja kilpailijoiden tuotteiden analysoinnilla. Yrityksen sisällä pitää selvittää onko käytettävissä tarpeelliset resurssit, valmistamismahdollisuudet, omat ja kilpailijoiden patentit ja lisenssit, henkilöstön tiedontaso, asiakassuhteet ja markkinointihenkilökunnan kokemus. (Jokinen 2010, 19.)

4 Tuotekehityksen työvaiheet

Tuotekehityksen oleellimmat työvaiheet ovat Jokisen mukaan luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely. Seuraavissa kappaleissa paneudutaan jokaiseen työvaiheeseen tarkemmin.

4.1 Luonnostelu

Luonnosteluvaiheessa kehitettävälle tuotteelle etsitään erilaisia toteuttamismahdollisuuksia, erilaisia ideointimenetelmiä hyväksi käyttäen. Luonnosteluvaiheessa paperille hahmotellaan käsivaraisesti erilaisia luonnoksia eikä tarkoitus ole tehdä yksityiskohtaista mittakaavassa olevaa piirustusta. Eri luonnoksista valitaan parhaat ja eri luonnoksien hyviä ominaisuuksia yhdistelemällä saadaan aikaan paras mahdollinen rakenne. (Jokinen 2010, 21.)

4.2 Kehittäminen

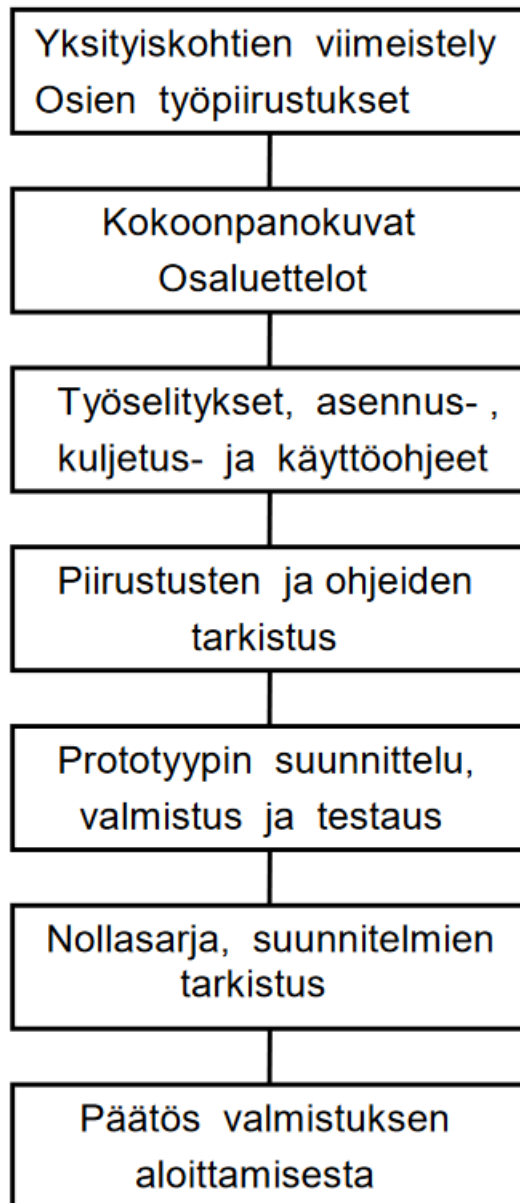
Kehittelyvaiheessa on tarkoitus suunnitella tuotteen yksityiskohdat teknistaloudellisten näkökohtien mukaan siten, että osaluettelot, työpiirustukset ym. ovat yksiselitteiset tehdä viimeistelyvaiheessa. Lisäksi kehittämissä vaiheissa poistetaan rakenteen heikot kohdat, tehdään luotettavuus- ja häiriöalttiusanalyysi. Kehittämissä vaihe päättyy kehitetyn konstruktion vahvistuspäätökseen. (Jokinen 2010, 89–91.)

4.3 Viimeistely

Viimeistelyvaiheessa konstruktiosta tehdään työpiirustukset, työselitykset, asennusohjeet, päätetään lopullinen käytettävä raaka-aine, toleranssit, valmistustavat ja pintakäsittelyt. Halvoista osista ja laitteista tehdään prototyyppi ja nollasarja, kalliista kappaleista tehdään pienoismallit ja kriittisimmistä osista täysmittakaavaisia koekappaleita. (Jokinen 2010, 96.)

Nollasarjan tarkoituksena on tutkia valmistusmenetelmiä, joilla tuote on tarkoitus tehdä. Nollasarjalla saadaan arvokasta tietoa muun muassa valmistuskustannuksista ja tuotteen teknisistä ominaisuuksista. Tuotannon alkaminen ei merkitse kehitystyön päättymistä, tuotetta pitää kehittää jatkuvasti, jotta tuote pysyy kilpailukykyisenä. (Jokinen 2010, 98–99.)

Osista voidaan koota rakenneryhmät, joita varten laaditaan kokoonpanokuvat ja niitä vastaavat osaluettelot. Rakenneryhmien muodostuminen riippuu tuotteesta, valmistusjärjestyksestä, -aikataulusta, asennus- ja kuljetuskysymyksistä. Kirjalliset työselostukset täydentävät kokoonpanopiirustuksia. Työselityksessä voi käydä ilmi esimerkiksi asennusjärjestys, korroosionsuojaus, pintakäsittely jne. Viimeistelyvaiheessa tehdään myös asennus-, kuljetus- ja käyttöohjeet. Ennen kuin valmistus aloitetaan, pitää tarkistaa piirustusten ja osaluetteloiden olevan standardien mukaisia ja yksiselitteisiä. (Jokinen 2010, 96–97.)



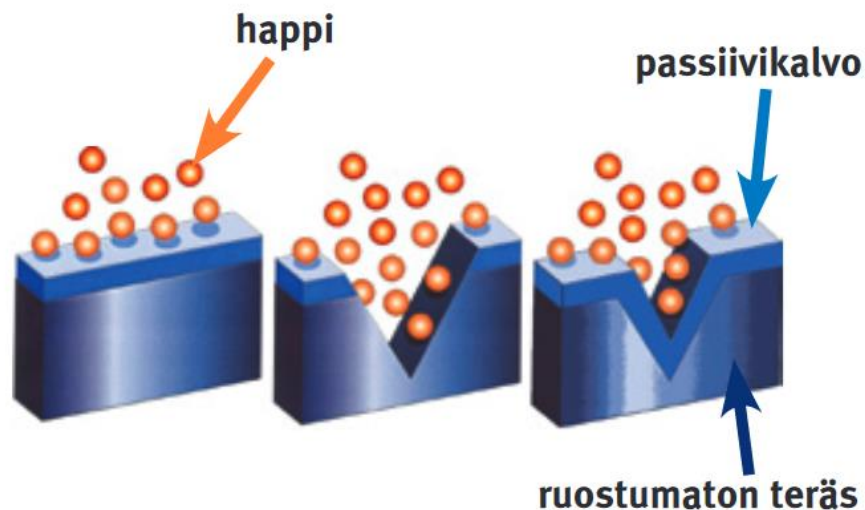
Kuva 2. Viimeistelyn työvaiheet (Jokinen 2010)

Jos tuotteesta tehdään prototyyppi, niin kuvan 2 vaiheita ei tehdä täydellisesti, vaan työvaiheet tarkistetaan ja täydennetään prototyypin testauksessa saatujen tietojen perusteella. Prototyyppi tehdään sekä hinnan että tuotteen teknisten ominaisuuksien selvittämiseksi, saatujen tulosten perusteella voidaan keksiä joko halvempi vaihtoehto tai kestävämpi rakenne. (Jokinen 2010, 98.)

4 Suunnittelu

Ennen kuin valmistuspiirustuksia voidaan päivittää, pitää miettiä miten tuotetta halutaan lähteä kehittämään. Telat koostuvat pääsäännöllisesti kahdesta materiaalista, rakenneteräksestä (EN 10025-2 S355) ja haponkestävästä teräksestä (EN 1.4404). Muita materiaaleja kuten ruostumatonta terästä (EN 1.4301) tai duplex-terästä (EN 1.4462) käytetään myös, mutta paljon harvemmin.

Ruostumaton teräs on rautaseosta, johon on seostettu enemmän kuin 10,5 % kromia ja vähemmän kuin 1,2 % hiiltä. Seostuksen ansiosta teräkselle muodostuu korroosiolta suojaava passiivikalvo (kuva 3). Ruostumattomien terästen tärkeimpiä ominaisuuksia on korroosionkestävyys, alhaiset elinkaarikustannukset, kierrätettävyys, hyvä valmistettavuus ja puhdistettavuus sekä erinomainen lujuus-paino-suhde. (Euro inox, 2020.)



Kuva 3. Ruostumatonta terästä suojaava passiivikalvo. (Euro inox)

Rakenneteräs on tärkeä käyttömetalli, sen suuren lujuutensa ansiosta teräs poikkeaa muista rakennusaineista kuten tiilestä, betonista ja puusta. Teräksen ominaisuuksia on helppo muokata seostuksen ja valmistusprosessin avulla. Teräslajeja on olemassa tuhansia ja suurin osa on kehitetty viimeisen 20 vuoden ai-

kana. Teräksen etuja on muun muassa koneistettavuus, hitsattavuus, lujuus-painosuhte ja hyvä kulutuksen kestävyys. Haittoja vastaavasti on pinnan korroosio-ongelmat ja työmaalla työstämisen vaikeus, suunnitelmamuutosten ilmetessä. (Väisänen 2007, 27–28.)

Telan runkoputki valmistetaan S355 materiaalista ja telanpäädyt 1.4404. Telan runko suojataan joko pinnoittamalla tai vuoraamalla. Pinnoitteena käytetään useimmiten kumipinnoitetta kuten SBR, EPDM tai PU.

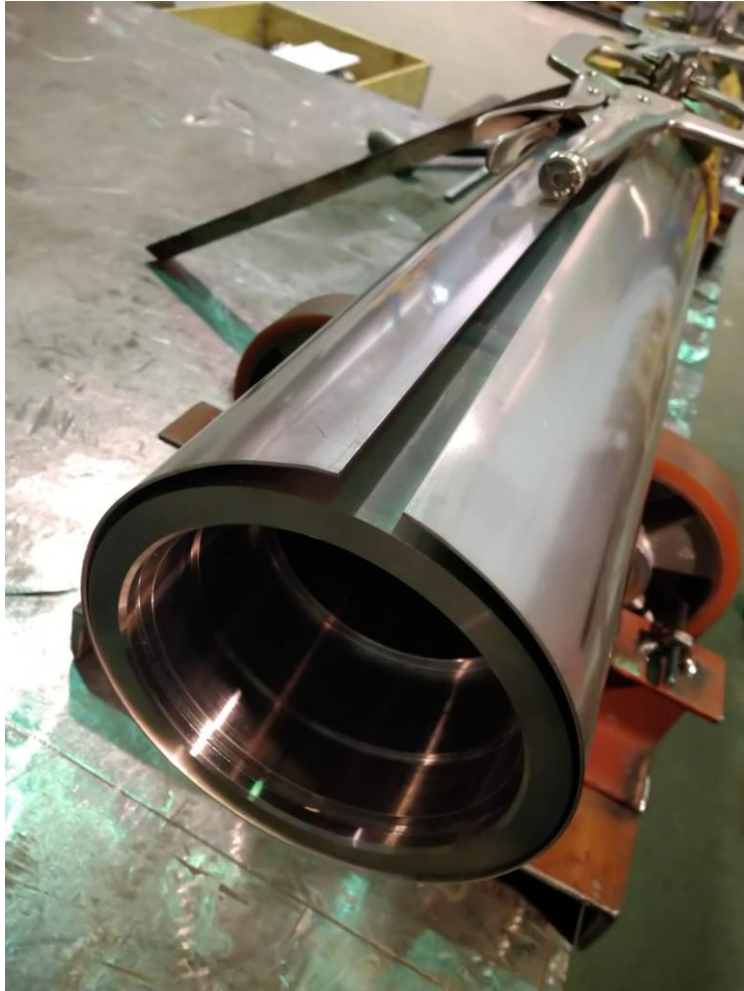
SBR-kumi eli styreenibutadieenikumi on yleiskumi mikä on kehitetty korvaamaan luonnonkumi. Hintansa, saatavuuden ja ominaisuuksiensa takia SBR-kumi onkin yksi suosituimmista ja laajimmin käytetyistä kumeista. SBR-kumin huonoja puolia on muun muassa huono sään, otsonin ja öljyn kesto. (Ravelast 2020.)

EPDM-kumi eli eteeni-propeenikumi kestää erinomaisesti säätä, otsonia, heikkoja happoja ja emäksiä. Lisäksi EPDM-kumilla on laaja käyttölämpötila mikä on -50...+150 C-astetta. EPDM-kumin käyttökohteita on hyvää lämmönkestoa vaativat kohteet. (Ravelast 2020.)

PU eli polyuretaanikumeilla on hyvä kulutuksenkesto sekä kaasujen ja öljyjen kesto. PU-kumien rajoittajana on lämpötila, korkea kosteus ja lämpötila yhdessä lyhentävät PU-kumien käyttöikä. On kuitenkin olemassa PU-kumeja, jotka kestävät korkeampia lämpötiloja paremmin. PU-kumi on kuitenkin paras vaihtoehto perinteisiin kumilaatuihin verrattuna, jos lämpötila ja kosteus eivät ole ongelmana. (Finn-Valve 2020.)

Telarunko voidaan myös vuorata ohuella haponkestävällä pellillä (kuva 4). Pinnoitus ja vuoraus eristävät telarungon ympäristön haittatekijöiltä ja näin suojaa telarunkoa korroosiolta.

Telarunkoa ei valmisteta haponkestävästä teräksestä, sillä haponkestävä teräs on kallista. Telojen kehittämisessä pyrittiinkin minimoimaan haponkestävän päädyn osuus ja helpottamaan kokonaisuuden valmistusta, näin saadaan tuote nopeammin ja tehokkaammin läpi tuotannossa.

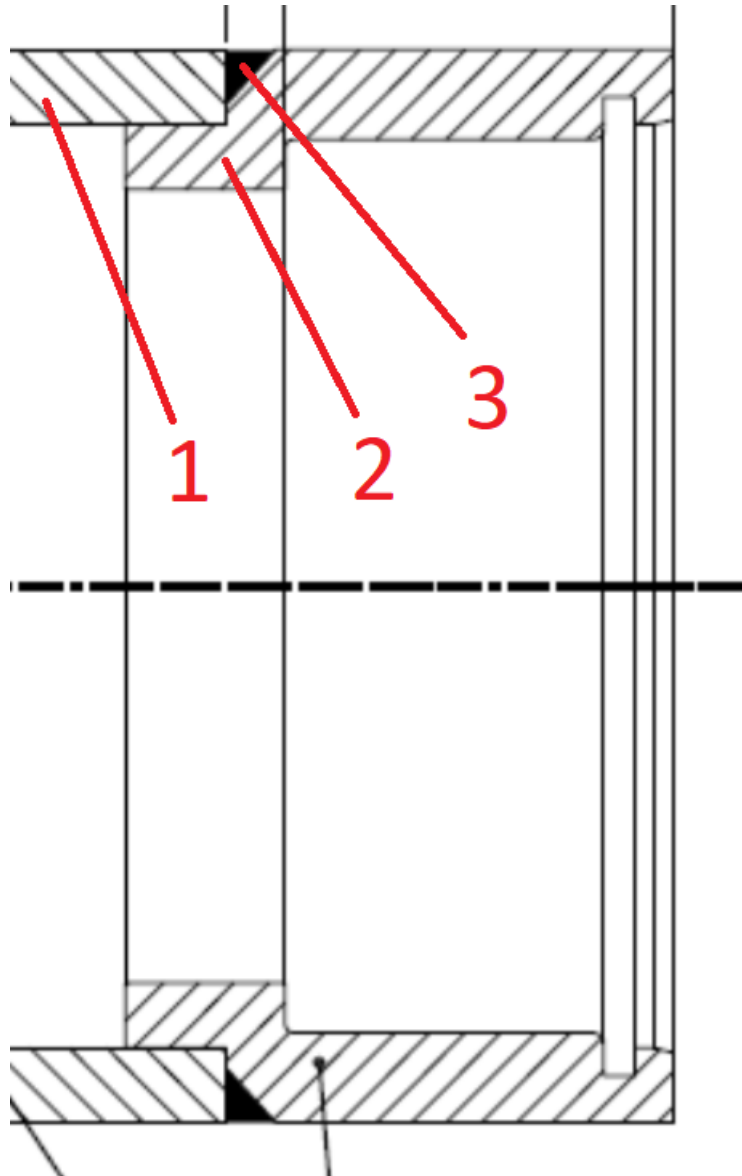


Kuva 4. Telan vuoraus haponkestävällä pellillä.

5 Toteutus

Tämän opinnäytetyön teoriaosuudessa perehdytään tarkemmin yhden telamallin kehitykseen. Päivitettäviä nimikkeitä on opinnäytetyössä yhteensä noin 20 kappaletta, mutta tässä työssä tutkittavan telamallin ideaa voidaan soveltaa useaan eri kohteeseen.

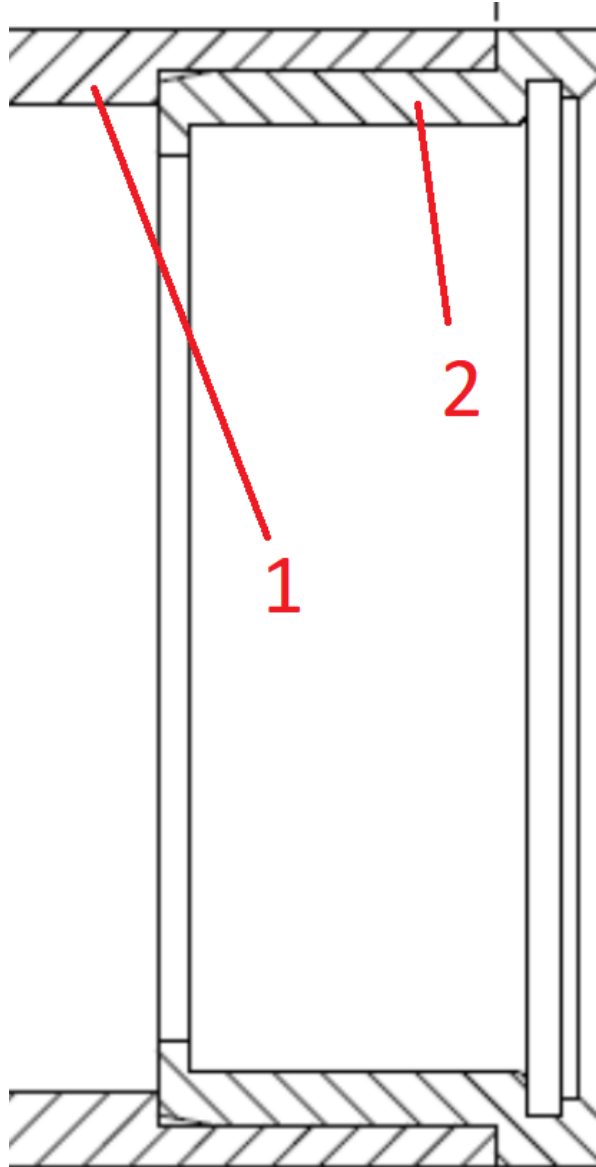
Vanhassa telamallissa telaputki sahattiin ensin valmiiseen mittaan ja sen päätyihin hitsattiin esikoneistetut haponkestävät päädyt (kuva 5). Hitsauksen jälkeen tela käytettiin työstökoneella, missä tasattiin otsapinnat ja ajettiin päädyn sisään vaadittavat toleranssipinnat ja olakkeet.



Kuva 5. Vanha rakenne, missä päädyt hitsattiin telarunkoon. Nro.1 telan runkoputki, nro. 2 telan päädyt ja nro. 3 hitsisauma.

Uusi telamalli (kuva 6) päätettiin valmistaa siten, että haponkestävät päädyt tehdään kokonaan valmiiksi ja putken päätyihin ajetaan tarkka sovite. Kun päädyt

koneistetaan valmiiksi, pääsemme eroon yhdestä hitsausvaiheesta, mutta vastaavasti joudumme nyt esikoneistamaan telaputken.



Kuva 6. Uusi rakenne, missä päädyt ovat telarungossa kiinni ahdistussoviteella. Nro. 1 telan runkoputki, nro. 2 telan pääty

Päädyt liitetään putkeen ahdistussoviteella, missä putken reikä on päätyä pienempi. Päädyt laitetaan pakkaseen, jolloin ne kutistuvat ja samalla putkea voi-

daan vastaavasti lämmittää, jolloin putken reikä suurenee. Tällöin saadaan riittävä välys putken ja päädyn välille ja päädyt menevät putken sisälle ongelmitta. Tätä valmistusmenetelmää käyttäen tuli ottaa huomioon päädyn toleranssi. Pääty piti ajaa koneistusvaiheessa hieman yli sallitun toleranssin, sillä puristusliitoksen jälkeen pääty hieman kutistui. Siksi teimmekin kolme kappaletta putkia ja päätyjä, kaikki putket olivat identtisiä ja ajamalla jokaisen päädyn hieman eri mittaam, pystyimme selvittämään mikä mitta olisi paras vaihtoehto, jotta päädyn ja rungon yhdistämisen jälkeen päädyt kutistuisivat niille annetulle toleranssialueelle.

5.1 Laskut

Päädylle oli annettu toleranssi $\varnothing 100n6$ (+0,023/+0,045 mm) ja putkelle $\varnothing 100$ (0/-0,025mm), päädyn ja putken välille tuleva keskimääräinen ahdistus δ_k voidaan laskea kaavalla 1 (Sopanen, 11).

δ_{\max} = putken suurin halkaisija – päädyn minimi halkaisija

δ_{\min} = putken minimi halkaisija – päädyn suurin halkaisija

$$\delta_k = \frac{\delta_{\max} - \delta_{\min}}{2} \quad (1)$$

$$\delta_{\max} = 100 \text{ mm} - 100,023 \text{ mm} = -0,023 \text{ mm}$$

$$\delta_{\min} = 99,975 \text{ mm} - 100,045 \text{ mm} = -0,07 \text{ mm}$$

$$\delta_k = \frac{(-0,023 \text{ mm}) + (-0,07 \text{ mm})}{2} = -0,0465 \text{ mm}$$

Vaikka putken ja päädyn välillä olisi suurin mahdollinen välys, olisi se silti tiukasti paikoillaan. Ahdistusovite ei saa myöskään olla liian tiukka, muussa tapauksessa tulee ongelmia asennuksessa ja liiallisen ahdistuksen myötä pääty tai putki voi myös hajota. Putkelle tarvittava lämpö väljemmän sovitteen saamiseksi voidaan laskea kaavalla 2.

$$\Delta T = \frac{\Delta D}{\alpha \cdot D} \quad (2)$$

jossa,

ΔD	Putken halkaisijan muutos
α	Pituuden lämpötilakerroin rakenneteräkselle (EN-10025 S355)
ΔT	Lämpötilan muutos
D	Alkuperäinen halkaisija

$$\Delta T = \frac{0,023 \text{ mm}}{12 \cdot \frac{10^{-6}}{K} \cdot 100 \text{ mm}} = 19,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Vastaavasti tiukemmalle sovitteelle tarvitaan.

$$\Delta T = \frac{0,07 \text{ mm}}{12 \cdot \frac{10^{-6}}{K} \cdot 100 \text{ mm}} = 58,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Molemmat lasketut arvot olisivat tilanteille, missä putken ja päädyn halkaisijat ovat identtiset. Asennusvaiheessa on kuitenkin hyvä lämmittää putkea kunnolla, jotta saadaan vähintään 0,1 mm välitys putken ja päädyn välille, tällöin osat menevät paikoilleen vaivattomammin ja vältetään riskiltä missä pääty jää putkeen kiinni puoliväliin.

Telan päädyn aksiaalivoiman siirtokyky voidaan laskea kaavalla 3 (Björk ym. 2014, 260).

$$F_{ax} = \pi D_f l_f v_{rl} \frac{p}{s_r} \quad (3)$$

jossa,

D_f	liitospinnan halkaisija (nimellismitta)
l_f	liitoksen pituus
v_{rl}	tartuntakerroin liukumiseen nähden aksiaalisuunnassa (0,14)
S_r	varmuusluku liukumiseen nähden
p	pintapaine

Pintapaine voidaan laskea kaavasta 4 (Björk ym. 2014, 263).

$$p = \frac{\xi_w E_A}{K} \quad (4)$$

jossa,

E_A	putken kimmomoduuli (EN-10025 S355)
K	apusuure
ξ_w	suhteellinen tehollinen ahdistus

Määritellään apusuure K kaavalla 5 (Björk ym. 2014, 262).

$$K = \frac{E_A}{E_I} \left(\frac{1+Q_I^2}{1-Q_I^2} - \mu_I \right) + \frac{1+Q_A^2}{1-Q_A^2} + \mu_A \quad (5)$$

jossa,

E_I	päädyn kimmomoduuli (EN 1.4404)
μ_A	päädyn suppeumaluku
μ_I	putken suppeumaluku
Q_A	putken halkaisijasuhde
Q_I	päädyn halkaisijasuhde

Päädyn ja putken suppeumalukuna käytetään lukua 0,3 (Lujuusoppi. 2018, 14).

$$Q_A = \frac{D_f}{D_{aA}} , \quad Q_I = \frac{D_{iI}}{D_f} \quad (6)$$

jossa,

D_{aA} putken ulkohalkaisija

D_{iI} päädyn sisähalkaisija

$$Q_a = \frac{100\text{mm}}{108\text{mm}} = 0,93 , \quad Q_I = \frac{90\text{mm}}{100\text{mm}} = 0,9$$

$$K = \frac{210000\text{MPa}}{200000\text{MPa}} \left(\frac{1 + 0,9^2}{1 - 0,9^2} - 0,3 \right) + \frac{1 + 0,93^2}{1 - 0,93^2} + 0,3 = 23,79$$

Haluttu varmuus navalle pysyvään muodonmuutokseen nähden voidaan laskea kaavalla 7 (Björk ym. 2014, 263).

$$\xi_w \leq K \frac{1 - Q_a^2}{\sqrt{3} S_{pa}} \cdot \frac{R_{eA}}{E_A} \quad (7)$$

jossa,

S_{pa} varmuus pysyvään muodonmuutokseen nähden

R_{eA} putken myötölujuus (355MPa)

$$\xi_w \leq 23,79 \cdot \frac{1 - 0,93^2}{\sqrt{3} \cdot 2} \cdot \frac{355\text{MPa}}{210000\text{MPa}} = 1,57 \cdot 10^{-3}$$

Ratkaistaan pintapaine kaavalla 4.

$$p = \frac{1,57 \cdot 10^{-3} \cdot 210000 \text{MPa}}{23,79} = 13,86 \text{ N/mm}^2$$

Ratkaistaan aksiaalivoima kaavalla 1.

$$F_{ax} = \pi \cdot 100 \text{mm} \cdot 29 \text{mm} \cdot 0,14 \cdot \frac{13,86 \text{ N/mm}^2}{2} = 8839 \text{N}$$

Vääntömomentin siirtokyky vain momenttikuormituksella ja pintapaineella voidaan laskea kaavalla 8 (Björk ym. 2014, 260).

$$T = \frac{\pi}{2} D_f^2 l_f v_{ru} \frac{p}{S_r} \quad (8)$$

jossa,

v_{ru} tartuntakerroin liukumiseen nähden tangentiaalisuunnassa (0,14)

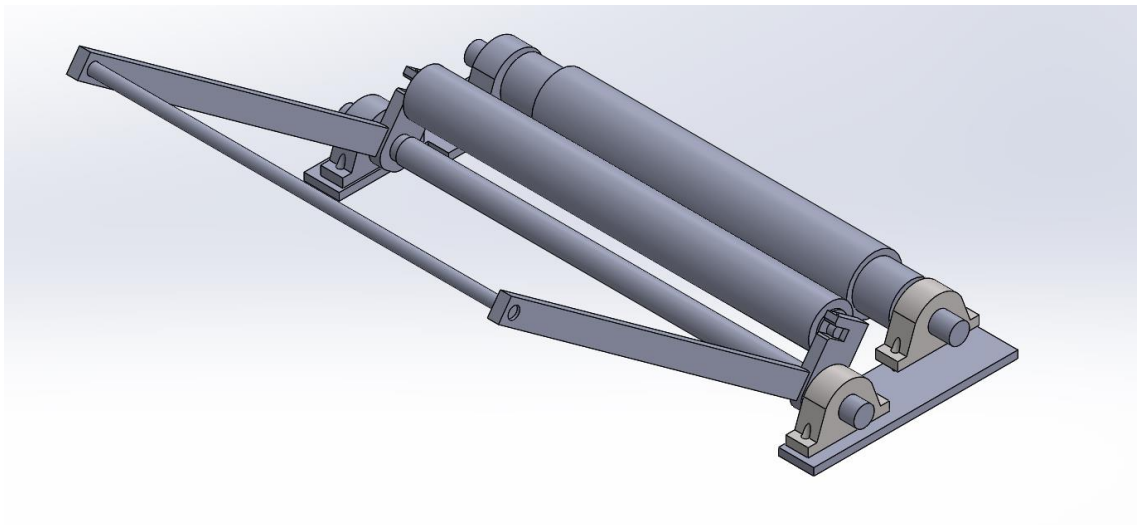
S_r varmuusluku liukumiseen nähden

Tartuntakertoimet niin tangentiaalisuunnassa kuin aksiaalisuunnassa on otettu Björk ym. kirjoittamasta kirjasta taulukosta 4.2-16.

$$T = \frac{\pi}{2} \cdot 100 \text{mm}^2 \cdot 29 \text{mm} \cdot 0,14 \cdot \frac{13,86 \text{ N/mm}^2}{2} = 442 \text{ Nm}$$

5.2 Koekuormitus

Kun uudesta rakenteesta oli valmistettu ensimmäinen prototyyppi, oli se koekuormitettava. Koekuormitusta varten suunniteltiin testipenkki (kuva 7), jossa tela voidaan laittaa rasituksen alaiseksi. Testipenkin suunnittelussa käytettiin apuna SolidWorks-ohjelmistoa. Koekuormitettava tela piti saada pyörimään ja rasituksen alaiseksi samalla kerralla. Telan pyörimiseen käytettiin apuna pyörityspöytää ja kardaania. Telat yhdistettiin toisiinsa hihnoilla ja tankoon pystyimme ripustamaan painoja, jolla voima saatiin välitettyä telalle (kuva 8).



Kuva 7. Testipenkin valmis suunnitelma SolidWorks-ohjelmalla.

Testipenkin komponentit valmistettiin Power Tech Groupin tiloissa, levyleikkeistä tehtiin polttokuvat ja valmistuksessa käytettiin apuna polttokonetta, jysintä ja sorvia. Laakeripukit, hihnat ja ruuvitavara tilattiin muualta.



Kuva 8. Testipenkki käytössä

Testausta saapui Outotecilta seuraamaan kolme henkilöä, keskustelun aiheeksi nousi kolme pääasiaa. Telan päädyssä olevan haponkestävän osuuden pituus arvioitiin olevan liian lyhyt, ripustettu kuorma oli noin 5 kertaa liian pieni sekä telan pyörimisnopeus oli liian pieni. Haponkestävän osuuden piti Outotecin mukaan olla vähintään 30 mm, jolloin varmistettaisiin riittävä suojaus korroosiota vastaan, kun telat pinnoitetaan. Jatkotutkimuksien jälkeen selvisi, että nykyinen 10 mm on riittävä. Outotecilta oli tiedusteltu millainen kuorma telalle pitäisi laittaa, mutta se oli myös heille hieman epäselvä ja ensimmäinen testaus tehtiin puhtaan arvion perusteella. Myöhemmin kuitenkin Outotecin dokumenteista selvisi, että tarvittiin 5 kertaa enemmän painoja.

Kun asiakkaalta kaikki oleelliset tiedot oli saatu, niin jouduttiin testipenkkiä vahvistamaan lisäämällä tukirautoja ja tekemällä urat toiseen telaan, jotta hihnat pysyisivät paikoillaan paremmin. Riittävän pyörimisnopeuden saavuttamiseksi käytettiin apuna isoa porakonetta.

Uudella kuormalla kokeiltiin ensin vanhojen hihnojen kanssa, mutta hihnat eivät kestäneet. Telalle tilattiin uusi vahvempi hihna ja telaa pyöritettiin yhtäjaksoisesti 2 tuntia, uuden liitoksen kestävyuden testaamiseksi (kuva 9). Kun uusi malli oli testattu, voitiin tuotantoon laittaa koesarja ja alkaa soveltamaan ideaa myös muihin telamalleihin. On kuitenkin huomioitavaa, että kahden tunnin testi ei varmista tuotteen lopullista kestämistä ja lisäkokeita olisi syytä tehdä ennen tuotteen ottamista käyttöön. Uuden telan tarkemmat lisälaskelmat eivät kuitenkaan sisälly tähän opinnäytetyöhön.



Kuva 9. Uusi malli testissä oikealla kuormituksella ja uudella hihnalla.

6 Fyysinen varastointi

6.1 Tavaroiden säilytysvaatimuksia

Varastokustannuksiin vaikuttaa suoraan varastojen lämpimyyden, siksi varastorakennuksen ominaisuuksien täytyy vastata varastoitavien tuotteiden asettamia

vaatimuksia. Lämpösäädellyt varastot voivat olla jopa 2,5 kertaa kalliimpia kuin lämpimät varastot, tähän sisältyy muun muassa lämpösäädellyn varaston käyttö ja rakennuttaminen. Kustannustehokkainta olisi varastoida tuotteet ulkoalueella, sillä silloin varastointikustannukset koostuisivat ainoastaan maa-alueen vuok-rasta tai maa-alueen pääomakustannuksista. (Bagh 1988, 1.)

Tuotteiden virheellinen säilytys voi aiheuttaa laadun heikkenemistä tai tavaran pilaantumista. Varastosuunnittelussa ja varastojen käytössä tulisi ottaa huomi-oon, että varastoitavien tuotteiden säilytystavat ovat sopivia käytössä oleviin tiloi-hin. (Bagh 1988, 1.)

Useimmiten tuotteiden säilyvyys on mikä määrittelee varaston tarpeet. Varaston tarpeita voidaan alentaa, jos varastoitavat tuotteet pakataan asianmukaisesti. (Bagh 1988, 1.)

Varastointitapoihin vaikuttaa muun muassa hättatekijöiden lukumäärä ja vaiku-tusaste. Hättatekijöitä ovat muun muassa:

- tuhoeläimet, pieneliöt
- auringonvalo
- pöly
- haju
- kosteus
- lämpötila (Bagh 1988, 1).

Useimpia näistä voidaan torjuta asianmukaisella pakkauksella. Suurimpia häitta-tekijöitä ovat kosteus ja lämpötila. Ilmankosteudella on suuri merkitys tavaran säi-lymisen kannalta, siksi onkin katsottu varastojen suhteelliseksi ilmankosteuden kriittiseksi arvoksi 50 %. Myös lämpötilalla on vaikutus tavaroiden pilaantumi-seen. Lämpötila, kuten kosteus, kiihdyttävät korroosiota. Useimmiten varastojen lämpötilat ovat kuitenkin niin alhaiset, ettei lämpötilan vaikutusta tarvitse ottaa huomioon. Lämpötilan laskiessa -20 C:een, teräksen ruostuminen loppuu lähes kokonaan. Tästä ei kuitenkaan voida tehdä johtopäätöstä, että korrosio olisi tal-vella pienempää. Itseasiassa talvella korrosio on suurempaa, sillä ilman suh-teellinen kosteus ja rikkipitoisuus ovat korkeammat kuin kesällä. (Bagh 1988, 2–3.)

6.2 Varaston suunnittelu

Vain harvoin on yrityksillä mahdollisuus suunnitella täysin uusi varasto. Usein pyritään optimoimaan olemassa olevat tilat ja mahdollisesti tehostaa tiloja pienillä lisärakenteilla. (Bagh 1988, 7.)

Varaston suunnittelussa kannattaa miettiä itse varaston tarve ja hyöty. Kannattaako rakentaa oma varasto vai käyttää olemassa olevia varastohotellipalveluja. Jos käytössä on omaa varastotilaa, kannattaa miettiä siitä luopumista ja saatavan tilan käyttämistä tuottavammin. Pitää kuitenkin pystyä laskemaan mitä uuden varaston rakentaminen ja oman varaston ylläpitäminen tulisi maksamaa, jotta voidaan tehdä tarvittavat päätökset. (Bagh 1988, 7.)

6.3 Telojen varastointi Power Techillä

Sujuvan ja nopean toimitusajan varmistamiseksi on tärkeää tehdä varastopaikat itse telalle kuin myös telan päädyille ja telan putkelle. Varastossa voi olla valmiita teloja, kun asiakkaalta saadaan tilaus, voidaan tela ottaa suoraan varastosta ja lähettää se asiakkaalle. Kun valmiit telat ovat loppumassa, saadaan niitä nopeasti lisää laittamalla työn alle varastosarja. Varastossa olevat valmiit päädyt ja putket takaavat varastosarjan nopean läpimenoajan.

Varaston valvonnassa käytetään apuna C9000-tuotannonohjausjärjestelmää, johon tuotteille on määritelty omat varastopaikat. C9000-järjestelmään on kaikille tuotteille määritelty hälytysrajat. Kun varastosarja kuitataan valmiiksi, vähentää C9000 käytetyt päädyt pois saldoista. Kun komponentit saavuttavat hälytysrajan, antaa C9000 siitä ilmoituksen, jolloin on päätyjä tai putkia laitettava lisää tuotantoon.

Tässä opinnäytetyössä katselmoitavalle telalle pitää tehdä yhteensä kolme varastotunnusta. Varastotunnukset ovat V0755, V0756 ja V0752. V0755 on telan päädyille, V0756 telan putkelle ja V0752 itse kokonaisuudelle, kun päädyt ja putki on liitetty yhteen.

Osana opinnäytetyötä oli myös käydä läpi Outotecin varastoitavat tuotteet. Pysytymme seuraamaan C9000-järjestelmästä mitä tuotteita Power Tech Groupilla on

jo varastossa ja mistä tuotteista pitäisi tehdä varastotuotteet. Varaston läpikäynnin yhteydessä poistetaan kaikki vanhat ei kiertävät tuotteet. Uusien varastotunnusten perusteena piti olla niiden tasainen menekki vuosien varrella. Historiatiedoista saimme selvitettyä, kuinka paljon tuotetta oli myyty vuosien varrella. Jos tuotetta oli esimerkiksi mennyt 10 kappaletta vuodessa viimeisen 3 vuoden aikana. Olisi siitä silloin järkevää tehdä varastotunnus.

6.4 Esivalmisteet

Esivalmisteilla tarkoitetaan tiettyyn pisteeseen asti valmistettua tuotetta, joka voidaan asiakkaan toiveiden mukaisesti valmistaa loppuun asti. Esivalmisteiden suurin etu on toimitusajan nopeutuminen (Ballard & Arbulu. 2004, 1). Esimerkiksi tela V0752 tehdään varastoon ilman pinnoitusta, sillä samalla telalla voi olla monta eri kumipinnoitusta kuten SBR-, EPDM- tai PU-pinnoitus. Asiakas määrittelee tilauksessa minkälaisella pinnoituksella tuote pitää toimittaa ja sen mukaan tela lähetetään suoraan varastosta pinnoittajalle.

7 Yhteenveto ja pohdinta

Opinnäytetyön työosuus vei ehdottomasti eniten aikaa. Uusien valmistuspiirustusten tekeminen ja testipenkin suunnittelu, valmistaminen ja itse telan testaus veivät todella paljon aikaa, mikä ei saata heijastua itse opinnäytetyön teoriaosuuteen. Opinnäytetyötä oli kuitenkin mielenkiintoista tehdä, sillä pääsin olemaan mukana ja vaikuttamaan tuotekehitystoimintaan, mikä oli minulle ihan uutta.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin suunniteltua kustannus- ja valmistustehokas tuote. Uudesta mallista on tämän yhteenvedon kirjoitushetkellä tehty vain laskennalliset kustannussäästöt ja telasta on tekeillä myös 50 kappaleen ns. 0-sarja, jonka valmistumisen jälkeen voidaan vasta todentaa todellinen kustannussäästö. Laskennallisten lukemien perusteella, kustannussäästö vuositasolla on kuitenkin merkittävä.

Tämä opinnäytetyö käsittelee vain yhtä telaa, mutta käsiteltäviä tuotteita on yhteensä yli 20 kappaletta. Niissä voidaan kuitenkin soveltaa tässä opinnäytetyössä käsiteltyjä asioita. Opinnäytetyön tulosten perusteella voi todeta, kun kaikki tuotteet ovat läpikäytyjä, tulee se helpottamaan merkittävästi tuotteiden käsittelyä sekä tuomaan kustannussäästöjä niin Power Tech Group Oy:lle kuin Outotecille.

Lähteet

Ballard, G. & Arbulu, R. 2004. Making Prefabrication Lean. <https://iglcstorage.blob.core.windows.net/papers/iglc-0cfb9404-5783-4b1a-917e-81b68bb9326c.pdf>. Luettu 28.04.2020.

Bagh, A. 1988. Fyysinen varastointi. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu. Lappeenranta.

Björk, T., Hautala, P., Huhtala, K., Kivioja, S., Kleimola, M., Lavi, M., Martikka, H., Miettinen, J., Ranta, A., Rinkinen, J., Salonen, P. 2014. Koneenosien suunnittelu. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Euro inox. Mitä on ruostumaton teräs?. https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/What_is_Stainless_Steel_FI.pdf. Luettu 8.4.2020.

Finn-Valve Oy: Tuotteet ja palvelut. <https://www.finn-valve.com/content/fi/1/20072/Polyuretaanielastomeerit%2C%20ominaisuudet.html>. Luettu 07.04.2020.

Jokinen, T. 2010. Tuotekehitys. <http://lib.tkk.fi/Reports/2010/isbn9789526033204.pdf>. Luettu 7.3.2020.

Lujuusoppi 2018. <http://www.oamk.fi/~kaik/opiskelijat/LUJU/LUJU-L1.pdf>. Luettu 4.5.2020

Power Tech Group Oy. <https://www.powertech-group.fi/>. Luettu 8.4.2020.

Ravelast. Tutkimus ja kehitys. <http://www.ravelast.com/tutkimus-ja-kehitys/kumi-elastomeerit/sbr.html>. Luettu 20.03.2020.

Ravelast: Tutkimus ja kehitys. <http://www.ravelast.com/tutkimus-ja-kehitys/kumi-elastomeerit/epdm.html>. Luettu 20.03.2020.

Sopanen, J. Toleranssit ja sovitteet. <https://moodle.saimia.fi/amk/course/view.php?id=6129>. Luettu 15.4.2020.

Väisänen, P. 2007. Teräs. http://www.terasrakenneyhdistys.fi/document/1/40/66e53a5/Teras_web.pdf. Luettu 8.4.2020.