

# MODULAARISEN VIILUKULJETTIMEN SUUNNITTELU JA MALLINNUS

Raute Oyj

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Kone- ja tuotantotekniikan  
koulutusohjelma  
Mekatroniikka  
Opinnäytetyö  
Syksy 2017  
Jyri Federley

Lahden ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

FEDERLEY, JYRI: Modulaarisen viilukuljettimen  
suunnittelu ja mallinnus  
Raute Oyj

Mekatroniikan opinnäytetyö, 23 sivua

Syksy 2017

TIIVISTELMÄ

---

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella tuotekehitysprojektina uusi monikäyttöinen viilukuljetin käytettäväksi osana suurinta osaa Raute Oyj:n valmistamista tuotantolinjoista. Nykytilanteessa kuljetinratkaisuja on useampia erilaisia. Opinnäytetyössä suunnitellun kuljettimen on tarkoitus pienentää kuljetinratkaisusta syntyviä kuluja ja helpottaa suunnittelijoiden työtä.

Toimeksiannossa määriteltiin vaatimuksia suunniteltavalle kuljettimelle monikäyttöisyyden mahdollistamiseksi. Monikäyttöisyydestä johtuen kuljettimen suunnittelu vaatii monen eri tuotealueen asiantuntijoiden tarkastelua, joten aikataulullisista syistä opinnäytetyö rajattiin kuljettimen perusrakenteen ja mekaanisten ratkaisuiden suunnitteluun.

Työn toimeksiantaja Raute Oyj on suomalainen puuteollisuuden koneita ja teknologiapalveluita tuottava yritys. Raute Oyj on alallaan maailmanlaajuinen markkinajohtaja ja sillä on tuotantolaitoksia eri puolilla maailmaa.

Työn lopputuloksena saatiin suunniteltua vaatimukset täyttävä viilukuljetin, josta tehdään myöhemmin testikappaleet. Kuljettimen ominaisuudet tulee tarkentumaan tulevaisuudessa ensimmäisistä koekappaleista saatavien kokemusten perusteella.

Avainsanat: viilukuljetin, tuotekehitys, suunnittelu

Lahti University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

FEDERLEY, JYRI: Designing and modeling a modular  
veneer conveyor  
Raute Oyj

Bachelor's thesis in mechatronics, 23 pages

Autumn 2017

ABSTRACT

---

The objective of this thesis was to design a new type of a modular veneer conveyor that would be used as a part on almost every production line that Raute Corporation provides. The company currently uses several different conveyor solutions. The conveyor designed in this thesis is supposed to reduce the expenses coming from all these solutions and to make production line designing easier in the future.

Demands for the conveyor to be designed were listed in the assignment to ensure the product would meet all the requirements in order to work in every situation. Because of the versatile nature of the product, its design requires attention from experts of multiple fields. For this reason, to stay in schedule, the thesis was limited to designing the basic structure and the mechanics of the conveyor.

Raute Oyj is a Finnish corporation that provides machines and technology services for the wood industry. Raute is the global market leader both in the plywood and LVL industry and has production plants in different parts of the world.

As a result, a conveyor that fills the requirements was designed. Prototypes of the conveyor will be made in the future, and the model will be adjusted based on how the prototypes perform.

Key words: veneer conveyor, product development, designing

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	RAUTE OYJ	2
2.1	Historia	2
2.2	Tuotteet ja palvelut	2
2.3	Arvot	3
2.4	Talous	3
3	TUOTEKEHITYS	4
3.1	Tuotekehitystoiminta	4
3.2	Systemaattinen etsiminen	4
4	SYSTEMAATTINEN KONEENSUUNNITTELUPROSESSI	6
4.1	Systemaattinen suunnitteluprosessi	6
4.2	Tehtävän selvittely	7
4.3	Luonnostelu	7
4.4	Kehittely	8
4.5	Viimeistely	8
4.6	Systemaattisen suunnittelumetodin käyttö opinnäytetyössä	9
5	3D-MALLINNUS KONESUUNNITTELUSSA	10
5.1	3D-mallit verrattuna 2D-piirustuksiin	10
5.2	3D-mallinnuksen ongelmat	10
6	MODULAARISEN KULJETTIMEN SUUNNITTELU	12
6.1	Nykytilanne	12
6.2	Vaatimukset ja tavoite	13
6.3	Luonnokset	14
6.4	Mallin tarkentaminen	16
6.5	Lisäosat	18
6.6	Mekaniikka	19
6.7	Taloudelliset ratkaisut	21
7	YHTEENVETO	22
	LÄHTEET	23

## SANASTO

LAYOUT	Tasokuva. Esimerkiksi tehtaan pohjapiirros
LVL / VIILUPALKKI	Laatta tai palkki, joka on valmistettu liimaamalla päällekkäin samaan syysuuntaan olevia viiluja
MODULAARINEN	Moduuleista koottava kokonaisuus
MODUULI	Itsenäinen vakiorakenneos
PVZ-MALLI	Katselumalli, jota voi pyöritellä, mutta ei muokata
TIPPELI	Kuljettimen päähän tuleva lyhyt kuljettimen pätkä, jonka kulmaa voidaan muuttaa.
VANERI	Levy, joka on valmistettu liimaamalla viiluja ristiin päällekkäin
VIILU	Tukista sorvaamalla tai höyläämällä saatu ohut matto

## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö toteutettiin Raute Oyj:lle kesän 2017 aikana. Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja mallintaa uusi modulaarinen viilukuljetin, jota voitaisiin käyttää sellaisenaan tai pieniä muutoksia tekemällä lähes kaikissa Rauten tuotantolinjoissa. Opinnäytetyö rajattiin aikataulullisista syistä kuljettimen mekaniikan suunnitteluun ja jotkin kuljettimen perusrakenteen kannalta vähemmän merkitykselliset yksityiskohdat, kuten hihnalaatujen ja joidenkin materiaalivahvuuksien tarkentaminen, jätettiin myöhemmälle syksyyn.

Uuden monikäyttöisen kuljettimen tarkoituksena on ensisijaisesti vähentää tulevaisuudessa projekteille aiheutuvia kustannuksia sekä kuljettimessa käytettyjen ratkaisujen avulla edistää asiakastytyvääisyyttä. Toisena päätavoitteena opinnäytetyössä suunnitellulla kuljettimella on tehdaslayoutien laatimisen sekä suunnittelijoiden työn helpottaminen.

Opinnäytetyön laatijan tehtävänä oli toteuttaa 3D-mallinnus kokonaisuudessaan käyttämällä siihen tarkoitettua Creo Parametric 2.0 -ohjelmistoa. Projekti tehtiin yhteistyössä teknologiapäällikkö Markku Pärssisen kanssa. Suunnittelutyö on tehty käyttämällä opinnäytetyössä esiteltyä systemaattisen suunnittelun metodia.

Opinnäytetyö on tehty tuotekehitysprojektina, joten kaikki työssä esitetyt kuvat ovat luonnosvaiheesta eivätkä vastaa täysin viimeisimpiä malleja. Kuvista selviää kuitenkin kulloisessakin kohdassa esitellyn mekaniikan perusidea.

## 2 RAUTE OYJ

### 2.1 Historia

Rauten historia ulottuu vuoteen 1908, jolloin kaksi vuotta aiemmin Lahteen perustetussa konepajassa alettiin valmistaa sisävesilaivoja, höyrykattiloita sekä –koneita. Puuteollisuuteen Raute lähti mukaan 1930- luvulla, jolloin se alkoi valmistaa kehäsahoja, vanerikoneita sekä vaakoja (Wikipedia 2017). Sota-aikana Raute valmisti ammuksia ja sodan jälkeen sotakorvaustuotteita sekä niiden valmistamiseen tarvittavia laitteita aina vuoteen 1952 asti. Tuolloin vielä Lahden Rautateollisuus Oy nimellä kulkenut yritys loi hyvät suhteet Neuvostoliittoon, minkä ansiosta yritykselle avautui hyvät mahdollisuudet muuhunkin vientiin (Lahden kaupunginmuseo 2017.)

Kasvavan liiketoiminnan vaatimuksesta yrityksen oli laajennuttava, mutta pienten tilojen takia se ei enää ollut Lahdessa mahdollista, joten yrityksen oli etsittävä uusia tiloja muualta. Silloin Lahden Rautateollisuus Oy osti tontin Nastolasta ja perusti sinne ensimmäisen tuotantolaitoksensa. Nimensä yritys muutti Raute Oy:ksi vuonna 1983 (Lahden kaupunginmuseo 2017.)

### 2.2 Tuotteet ja palvelut

Raute Oyj valmistaa koneita ja laitteita puuteollisuuden tarpeisiin. Rauten tuotantolaitokset sijaitsevat Suomessa Nastolassa, Kanadassa Vancouverissa ja Kiinassa Shanghaissa. Rauten asiakaskuntaan kuuluvat yritykset tuottavat viilua, vaneria ja viilupalkkia, joita käytetään pääasiallisesti huonekalujen valmistuksessa, rakentamisessa sekä kuljetus- ja pakkausteollisuudessa. Raute pystyy tarjoamaan asiakkailleen koko vanerin, viilun ja LVL:n tuotantoprosessien vaatimat laitteet. Asiakastoimialallaan Raute on vaneriteollisuudessa maailmanlaajuinen markkinajohtaja 15 - 20 prosentin markkinaosuudella ja LVL-teollisuudessa yritys on vielä merkittävämmässä asemassa, sillä yli 50 % maailman LVL:stä tuotetaan Rauten koneilla. Raute tarjoaa myös

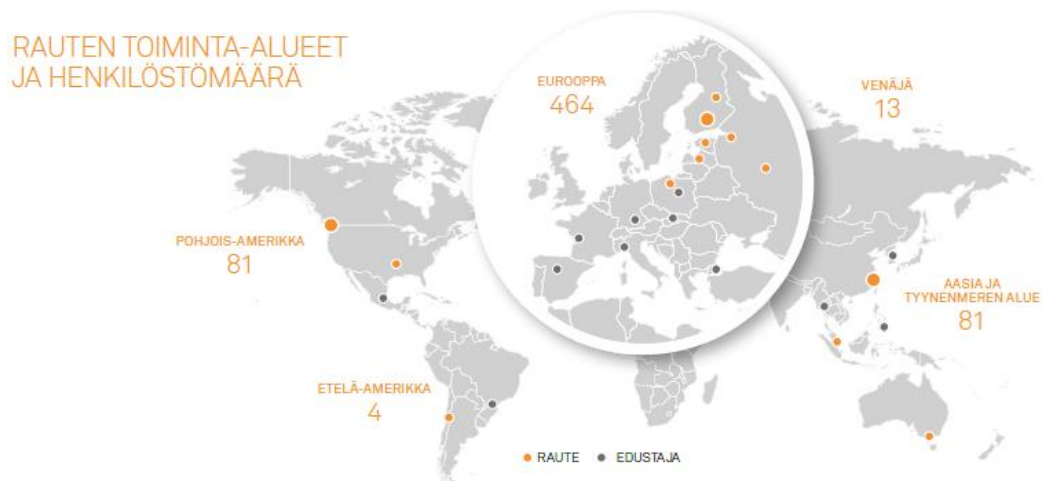
teknologiapalveluita, joihin kuuluvat muun muassa vanhojen koneiden modernisoinnit, varastotoimitukset sekä kunnossapitopalvelut (Raute 2017.)

### 2.3 Arvot

Raute pyrkii laitteillaan ja palveluillaan mahdollisimman turvallisiin, ympäristöystävällisiin, energiatehokkaisiin ja raaka-aineita säästäviin ratkaisuihin. Rauten laitteet ovat pitkälle automatisoituja, ja kehittyneen teknologian ansiosta ne pystyvät minimoimaan tuotteen valmistuksessa syntyvän hävikin sekä kasvattamaan työturvallisuutta merkittävästi. Rauten tarjoamiin teknologiapalveluihin kuuluu myös muun muassa vanhojen tuotantolinjojen modernisointi sähkökäyttöisillä ratkaisulla, joilla parannetaan energiatehokkuutta (Raute 2017.)

### 2.4 Talous

Rauten liikevaihto vuonna 2016 oli 113,1 M€ ja liiketulos 8,6 M€. Työntekijöitä yrityksessä vuonna 2016 oli 643. Työntekijöiden jakautuminen on esitetty kuvassa 1 (Raute 2017.)



Kuva 1. Rauten toiminta-alueet ja henkilöstömäärä (Raute 2017)



### 3 TUOTEKEHITYS

#### 3.1 Tuotekehitystoiminta

Tuotekehitys on toimintaa, jossa kehitetään joko täysin uusi tai vanhasta paranneltu tuote. Tuotekehitys on yritysten toiminnan kannalta yksi tärkeimmistä menestyksen edellytyksistä, sillä nimenomaan tuotekehityksellä tuotteet pidetään ajan tasalla ja kilpailukykyisinä. Vanhentunut tuote johtaa vääjäämättä myynnin laskuun tai loppumiseen (Jokinen 2010, 9.)

Tuotekehitys ei aina ole uuden kehittelemistä tai vanhan tuotteen teknisten ominaisuuksien parantamista, vaan se voi olla myös vanhan tuotteen kehittelemistä niin, että valmistuskustannuksia saadaan pienennettyä. Tuotekehitys voi olla myös toimintaa, jolla muokataan vanhan tuotteen rakennetta siten, että sitä voi soveltaa uusiin käyttötarkoituksiin (Jokinen 2010, 9 - 10.)

Tuotekehitysprojektin käynnistämisen edellytyksinä ovat jonkin uuden tuotteen tarve ja idea toteuttamismahdollisuudesta. Ideat tai toteuttamismahdollisuudet saattavat syntyä sattumalta, mutta yleensä kuitenkin systemaattisen etsimisen seurauksena (Jokinen 2010, 17 - 18.)

#### 3.2 Systemaattinen etsiminen

Uusien tuoteideoiden keksimiseen tarvitaan tietoa yhtä lailla yrityksen sisältä kuin sen ulkopuoleltakin. Yrityksen ulkopuolelta tarvittavia tietoja ovat muun muassa

- tekniikan kehitysnäkymät
- kilpailijoiden tuotteet
- markkina-analyysit
- asiakkailta saadut kyselyt.

Yrityksen sisältä vaadittavia tietoja ovat esimerkiksi

- käytettävissä oleva henkilökunta
- henkilökunnan ammattitaito
- käytettävissä olevat resurssit
- omat ja kilpailijoiden patentit ja lisenssit
- valmistusmahdollisuudet.

Edellä mainitut kohdat ovat osa niistä asioista, jotka muodostavat yrityspotentiaalin. Yrityspotentiaalilla tarkoitetaan niitä voimavaroja, jotka yrityksellä itsellään on käytettävissä. Mikäli yrityspotentiaali ei ole riittävä, on sitä vahvistettava tai etsittävä yhteistyökumppaneita (Jokinen 2010, 19 – 20.)

Systemaattisessa etsimisessä kartoitetaan ensin ne tuotealueet, joilla yrityksen omat voimavarat riittävät. Yleensä yrityksen tuotealueet ovat kohtalaisen vakiintuneita, joten uusia ideoita keksitään niiden sisältä. Tuotealueille ominaisia asioita on esimerkiksi tietty asiakaskunta, tai se, että ne valmistetaan tietyistä raaka-aineista (Jokinen 2010, 20.)

Sen jälkeen, kun etsimisen tuloksena on löydetty mahdollisimman paljon erilaisia tuoteideoita, ne arvioidaan ja niistä valitaan yksi tai useampi, jonka jälkeen tehdään kehitysehdotus. Kehitysehdotuksessa esitetään

- aikataulu
- tekniset vaatimukset
- taloudelliset vaatimukset
- käytettävissä olevat resurssit.

Kehitysehdotuksesta tehdään edelleen yrityksen- tai tuotekehitysosaston johdon toimesta kehityspäätös. Myönteisen kehityspäätöksen jälkeen aloitetaan varsinainen tuotekehitysprosessi, joka noudattaa yleensä tekniikan alalla seuraavassa luvussa esitettyä kaavaa (Jokinen 2010, 20 – 21.)

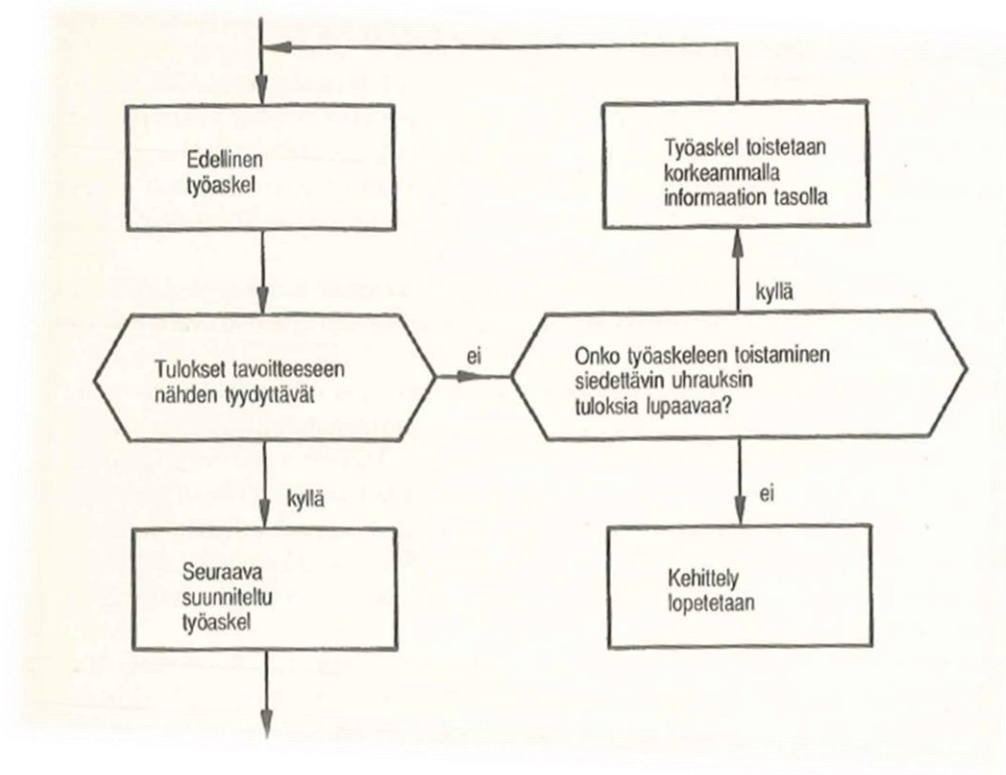
## 4 SYSTEMAATTINEN KONEENSUUNNITTELUPROSESSI

### 4.1 Systemaattinen suunnitteluprosessi

Karkeasti ottaen systemaattisessa suunnitteluprosessissa on neljä vaihetta, joita ovat

- tehtävän selvittely
- luonnostelu
- kehittäminen
- viimeistely.

Prosessi harvoin etenee työvaiheesta toiseen ensimmäisellä kerralla, vaan se kulkee eteenpäin käyttämällä kuvan 2 mukaista kaavaa (Pahl & Beitz 1990, 47 - 48.)



Kuva 2. Yleinen päätöksentekoprosessi (Pahl & Beitz 1990, 46)

## 4.2 Tehtävän selvittely

Tehtävän selvittely on suunnitteluprojektin ensimmäinen kohta, ja se tarkoittaa käytännössä projektin vaatimusten ja tavoitteiden kartoittamista. Tässä vaiheessa tehdään vaatimuslista, jonka perusteella projektia aletaan toteuttaa. Vaatimuslistaa päivitetään projektin edetessä, sillä prosessin aikana informaatiota saadaan jatkuvasti lisää. Tätä tapahtumaa on kuvattu kuvan 2 kaaviossa (Pahl & Beitz 1990, 48.)

## 4.3 Luonnostelu

Luonnostelu on projektin toinen vaihe. Luonnosteluvaiheessa pyritään löytämään keinot vastata tehtävän selvittelyvaiheessa luodun vaatimuslistan kohtiin. Luonnostelun tavoitteena on siis periaatteellisen ratkaisun luominen ja sen edelleen vahvistaminen. Etenkin tekniikan alalla periaatteellisen ratkaisun arvioiminen kuitenkin vaatii yleensä ensin konkreettista luonnostelua (Pahl & Beitz 1990, 48.)

Konkreettinen luonnostelu tarkoittaa konesuunnittelun osalta yleensä käytännössä havainnollistavien 2D-piirosten tai 3D-mallien luomista. Luonnosteluvaihe on tärkeää hoitaa huolella, sillä tässä projektin vaiheessa on suurimmat virheet saatava karsittua pois. Mikäli luonnosteluvaiheessa on tapahtunut vakavia virheitä, voivat ne osoittautua ylitsepääsemättömiksi projektin myöhemmässä vaiheessa (Pahl & Beitz 1990, 49.)

Ensimmäiset hahmotelmat ovat harvoin lopullisia, joten jokainen hahmotelma tulee arvioida ja tehdä arvioinnilla saatavan informaation perusteella tarvittavia muutoksia tai hylätä hahmotelma kokonaan. Toisinaan päädytään tilanteeseen, jossa kaksi luonnosta ovat keskenään yhtä hyviä, jolloin päätöstä näiden välillä ei välttämättä voi vielä tässä työvaiheessa tehdä (Pahl & Beitz 1990, 49.)

Jo luonnosvaiheessa on hyvä ottaa huomioon taloudelliset näkökohdat, sillä ne voivat osaltaan toimia kriteereinä sille, mitä ratkaisuluonnosta lähdetään toteuttamaan. Kun luonnostelu on saatu siihen vaiheeseen, että

jokin periaatteellinen ratkaisu on hyväksyttävällä tasolla, se vahvistetaan ja siirrytään seuraavaan työvaiheeseen (Pahl & Beitz 1990, 49.)

#### 4.4 Kehittely

Kehittely on se suunnitteluprosessin työvaihe, jonka tavoitteena on tarkentaa luonnosvaiheessa saatuja ratkaisuperiaatteita ja kehittää tuotteen tekninen rakenne. Kehittelyvaiheessa tehdään usein monia erilaisia alustavia ehdotuksia, jotta eri variaatioiden eduista ja haitoista saadaan lisää informaatiota. Informaation perusteella ehdotuksia voidaan muokata tai käyttää eri variaatioista saatavia ideoita ristiin optimaalisen tuloksen saavuttamiseksi (Pahl & Beitz 1990, 49.)

Kehittelyvaiheen viimeinen osa on teknis-taloudellinen arvostelu. Teknisesti parhaat ratkaisut arvioidaan taloudellisesta näkökulmasta, jolloin saadaan tarkempi kuva kustannuksista. Kustannusarvion perusteella on jälleen mahdollista yhdistellä eri vaihtoehtojen tarjoamia ratkaisuja, jotta paras rakenne myös taloudellisesta näkökulmasta saavutetaan (Pahl & Beitz 1990, 49.)

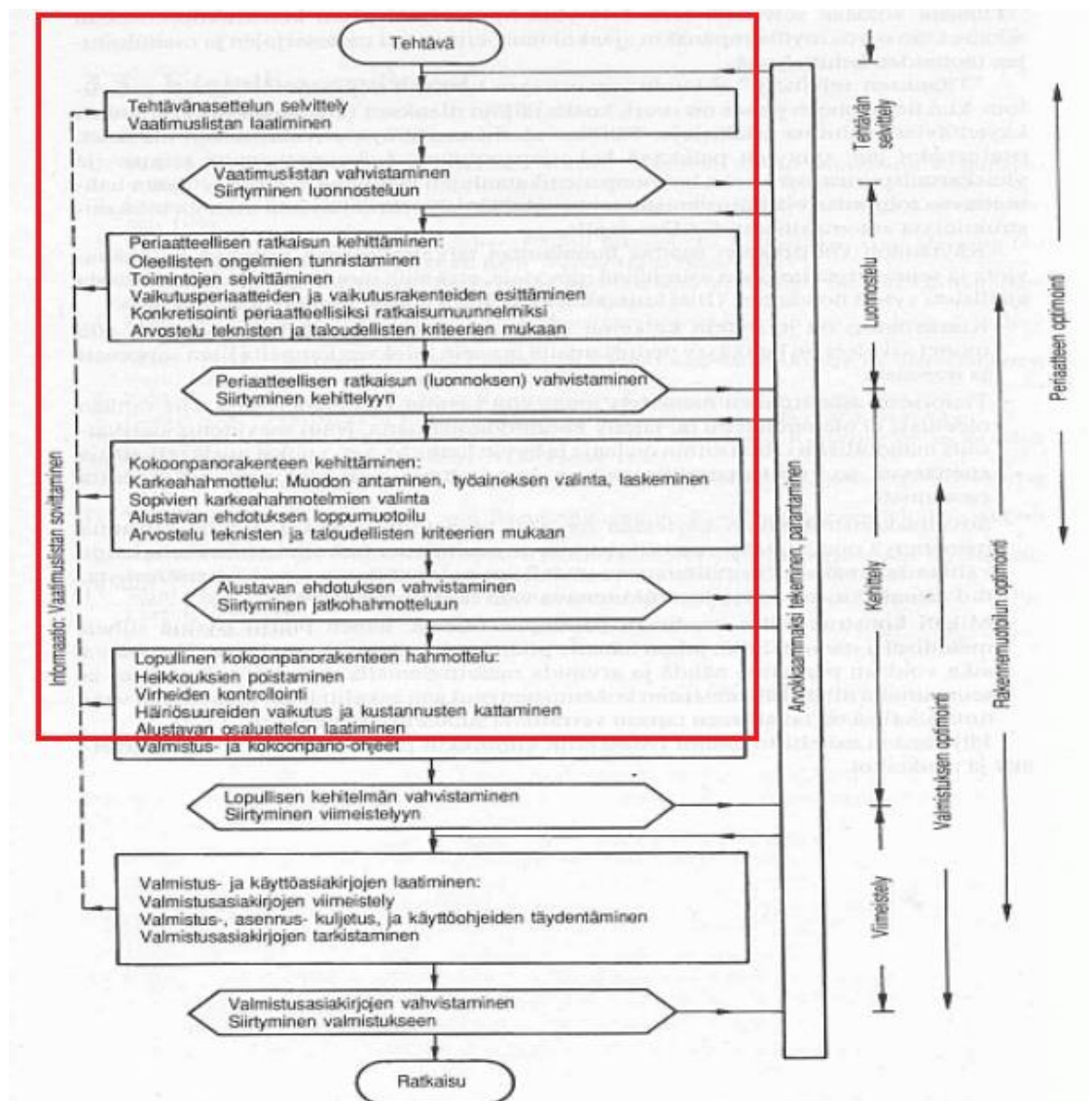
Kehittelyvaiheen lopussa on varmistettu, että kaikki suunnitteluprosessin alkuvaiheessa tehdyn ja myöhemmin päivitetyn vaatimuslistan kohdat täyttyvät. Vasta kun kaikki vaatimukset on täytetty, voidaan siirtyä prosessin viimeiseen vaiheeseen, eli viimeistelyyn (Pahl & Beitz 1990, 49.)

#### 4.5 Viimeistely

Viimeistely on työvaihe, jossa tavoitteena on laitteen valmistustekninen määrittäminen. Viimeistelyvaiheessa tarkennetaan esimerkiksi kaikki puuttuvat ainevahvuudet, pinnankarheudet, materiaalit ja osien valmistettavuus. Viimeistelyvaiheen lopuksi tehdään lopulliset valmistuskuvat, käyttöohjeet ja kulloinkin tarvittavat dokumentoinnit (Pahl & Beitz 1990, 50.)

#### 4.6 Systemaattisen suunnittelumetodin käyttö opinnäytetyössä

Opinnäytetyönä tehty kuljettimen suunnittelu seurasi melko tarkasti yllä käytyjä kohtia. Opinnäytetyön rajauksen vuoksi viimeistelyvaihe jätettiin myöhempään ajankohtaan, sillä viimeistelyyn vaadittavien tietojen saaminen vaatii vielä usean eri tahon tekemiä päätöksiä. Kuvassa 3 on esitettyä suunnitteluprosessin kulku kaaviona. Opinnäytetyössä käytiin läpi punaisella rajattu alue.



Kuva 3. Konstruoimisen työaskeleet (Pahl & Beitz 1990, 51)

## 5 3D-MALLINNUS KONESUUNNITTELUSSA

### 5.1 3D-mallit verrattuna 2D-piirustuksiin

3D-mallinnus on nykypäivänä, etenkin tekniikan alalla, jatkuvasti yleistyvää tapa suunnittelutyön toteuttamiselle. Osaltaan tämä johtuu siitä, että 3D-mallit ovat huomattavasti informatiivisempia kuin 2D-viivapiirokset. Koska 3D-mallia voidaan pyöritellä ja katsoa eri suunnista, saadaan siitä hyvä kokonaiskuva, jolloin 2D-kuvien aiheuttamat hahmotusvirheet saadaan karsittua pois.

3D-malleista on myös helppo nähdä suunnitteluvirheet, kuten kappaleiden päällekkäisyydet tai reikien osuminen kohdalleen. Mikäli virheitä ilmenee, voidaan ne korjata suhteellisen helposti muokkaamalla tiettyä osaa joko kokonaisuudesta irrallaan tai pitämällä ne edelleen kiinni kokoonpanossa, jolloin muutoksen vaikutukset näkyvät heti muutoksia tehtäessä.

3D-mallinnus ei poista 2D-piirrosten tarvetta, sillä valmistuskuvia varten tarvitaan 2D-piirroksia, joihin on merkitty esimerkiksi koneistettavien osien mitat. Nykyiset 3D-mallinnusohjelmat osaavat kuitenkin muuttaa 3D-mallit automaattisesti 2D-piirustuksiksi valmistus- ja kokoonpanokuvia varten, joten viivapiirrosten itse tekeminen on usein tarpeetonta.

### 5.2 3D-mallinnuksen ongelmat

3D-mallinnuksessa on myös omat haasteensa, jotka tulee suunnittelutyötä tehdessä ottaa huomioon. Tästä hyvänä esimerkkinä on osien liittäminen toisiinsa. Virtuaalimaailmassa esimerkiksi pultit on helppo saada läpi useammasta peräkkäin olevasta reiästä, jotka ovat mitoitettu tiukasti pultin halkaisijan mukaan. Todellisuudessa toleranssit on kuitenkin otettava huomioon, sillä harvoin esimerkiksi laitekokoonpanossa päästään millien, saatikka millien kymmenysten tarkkuuteen. Ilman toleransseja pienikin heitto osan valmistuksessa tai kokoonpanovaiheessa johtaa ongelmiin.

Toinen tärkeä seikka liittyen osien liittämiseen on ottaa huomioon laitteen kasattavuus ja huoltotoimenpiteet. Monesti laitetta kasattaessa tai huollettaessa törmää tilanteeseen, jossa käsille tai työkaluille ei ole tarvittavaa tilaa. Tämä johtuu osaltaan siitä, että 3D-mallia tehdessä osat liitetään toisiinsa liittämällä vapaasti pintoja, tasoja tai akseleita toisiinsa, jolloin esimerkiksi työkalun vaatimaa tilaa ei välttämättä tule huomioitua.



## 6 MODULAARISEN KULJETTIMEN SUUNNITTELU

### 6.1 Nykytilanne

Tällä hetkellä Rautella suunnitellaan jatkuvasti uusia kuljettimia eri linjaratkaisuja varten, eikä varsinaista pohjamallia kuljettimen suunnitteluun ole. Projekteissa, joissa tehtaille toimitetaan useampi linjasto, ei välttämättä suunnitella uudestaan eri linjojen sisältämiä kuljettimia. Tällöin samalle tehtaalle samaan kokonaisuuteen voidaan toimittaa monia erilaisia kuljetinratkaisuja, vaikka kaikilla kuljettimilla kulkisi sama tuote. Nämä tekijät johtavat väistämättä turhiin kustannuksiin (Pärssinen 2017.)

Kuljetinratkaisujen määrän ollessa suuri, on kuljettimissa käytettävien osien volyyymi pieni. Standardiratkaisun puutteen takia erilaisia osia suunnitellaan ja valmistetaan suuri määrä, jolloin yksittäisen osan hinta kasvaa kohtuuttoman suureksi. Osia varten on aina ostettava materiaalit, joista saadaan hyödynnettyä vain osa, jolloin syntyy hävikkiä (Pärssinen 2017.)

Osaltaan kuluja kasvattaa myös itse suunnittelutyön hinta. Koska jokaista linjaa varten suunnitellaan uusia kuljettimia, menee kuljettimen suunnitteluun turhaa aikaa. Ylimääräistä haastetta suunnittelutyöstä syntyy myös layout-suunnittelijalle. Useiden erilaisten kuljetinratkaisujen takia kuljettimien pituudet ja esimerkiksi jalkojen lukumäärät vaihtelevat, jolloin positioiden määrittäminen on hitaampaa (Pärssinen 2017.)

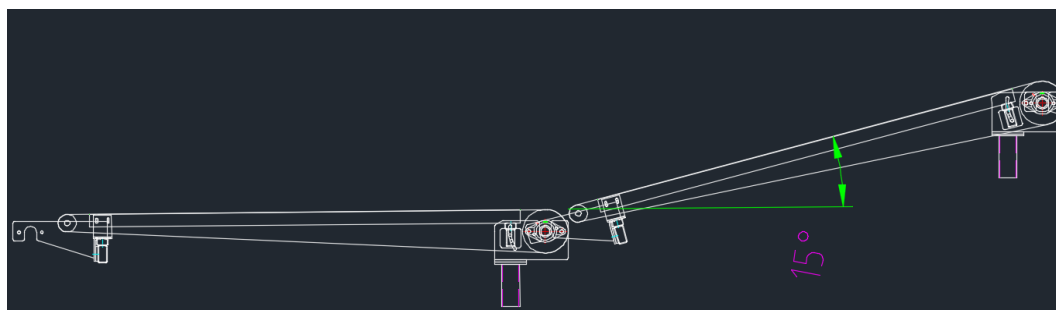
Standardiratkaisun puute aiheuttaa ongelmia myös tarjouksia tehdessä, sillä kuljettimien hinnan määrittäminen ennen sen suunnittelua on todella vaikeaa. Usein kustannusarviot ja budjetoinnit lasketaan aikaisemmin toteutuneiden projektien perusteella, mutta lopputulos voi toisinaan heittää merkittävästi arvioidusta (Pärssinen 2017.)

## 6.2 Vaatimukset ja tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella viilukuljetin, jonka avulla voidaan korvata nykyinen toimintamalli, jossa käytetään suurta määrää erilaisia kuljettimia. Uuden kuljettimen on siis pystyttävä toimimaan osana lähes jokaista Rauten linjaratkaisua. Opinnäytetyössä suunnitellun modulaarisen kuljettimen on tarkoitus laskea huomattavasti kuljettimista syntyviä kustannuksia niin osien, kuin suunnittelutyönkin osalta. Kuljettimesta tuli suunnitella myös helposti kasattava.

Modulaarisesta kuljettimesta tuli suunnitella sellainen, että sen pituutta ja leveyttä voitaisiin vaihdella vain muutamien osien, kuten hihnajohteiden lukumäärää ja pituutta muuttamalla. Tällöin kuljettimien osien määrä pysyisi mahdollisimman pienenä ja niistä syntyvien kustannusten määrä mahdollisemman alhaisena. Kuljettimen mitoille on säädetty vakiomitat, jolloin myös muuttuvien osien lukumäärä saadaan pidettyä aisoissa. Vakiomitat helpottavat huomattavasti layout-suunnittelijan työtä.

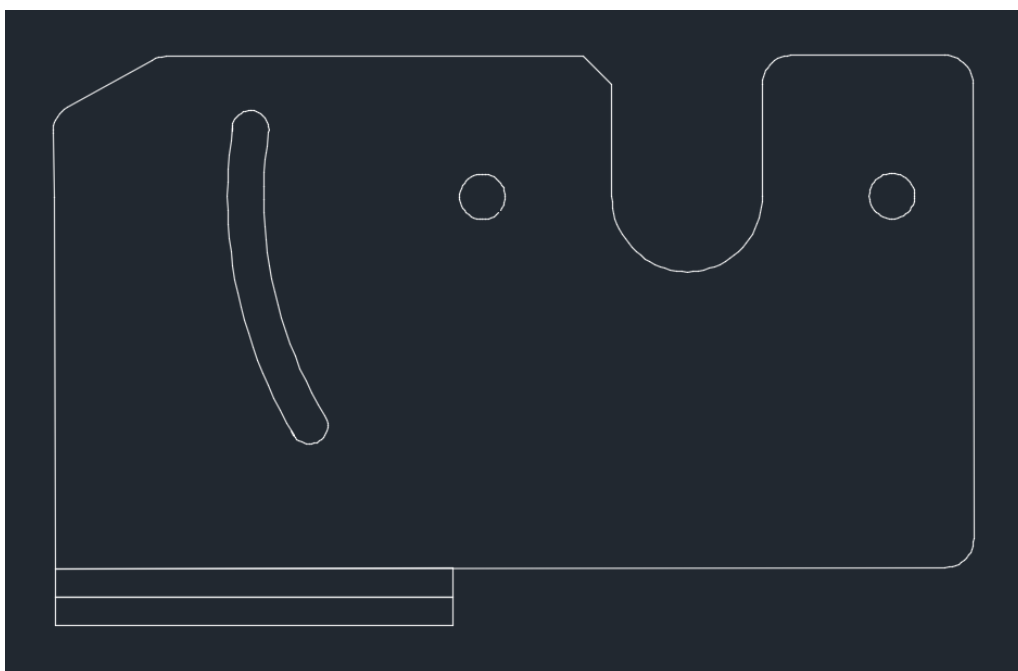
Saman kuljettimen on pystyttävä kuljettamaan sekä märkää, että kuivaa viilua ja viilun on voitava kulkea vapaasti pituus- tai leveyssuunnassa. Kuljettimelle asetettiin vaatimukseksi myös, ettei siinä saa olla jalat kuin yhdessä kohdassa, jolloin kuljettimen toinen pää kiinnittyy edelliseen kuljettimeen tai suoraan johonkin koneeseen. Kuljetin on myös voitava asettaa toimimaan erilaisissa kulmissa tietyllä välillä. Kuvassa 4 on ensimmäisessä palaverissa esitelty ideatasoinen hahmotelma, josta ilmenee kuljettimen vaatimukset.



Kuva 4. Hahmotelma uudesta kuljettimesta (Pärssinen 2017)

### 6.3 Luonnokset

Työn toimeksiantajalla, teknologiapäällikkö Markku Pärssisellä oli projektin alkaessa jo hahmoteltuna muutamia viivapiirroksia, joiden pohjalta aloin tehdä ensimmäisiä 3D-hahmotelmia. Tekemäni hahmotelmat poikkesivat melko paljon Pärssisen luonnoksista, sillä ne eivät toimineet 3D-mallissa sellaisenaan, mutta idea pysyi osissa paljolti samana. Oheisissa kuvissa 5 ja 6 Pärssisen tekemä luonnos eräästä komponentista verrattuna itse mallintamaani vastaavaan komponenttiin.



Kuva 5. Hahmotelma kääntömekanismin kappaleesta (Pärssinen 2017)



Kuva 6. Ensimmäinen 3D- luonnos kääntömekanismin kappaleesta

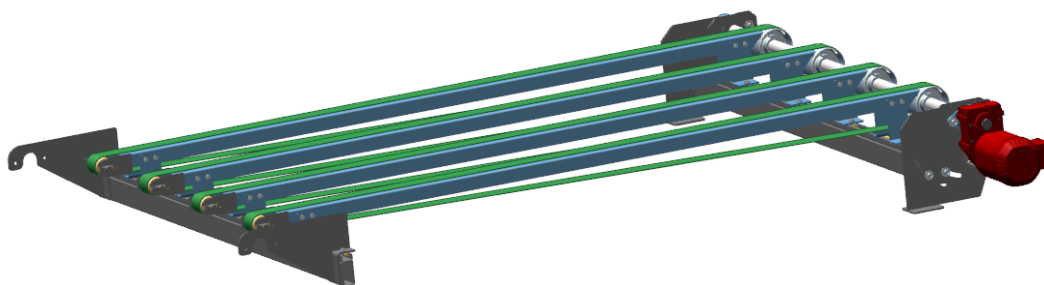
Valmiiden hahmotelmien ja selkeän tehtävänannon ansiosta luonnosteluvaihe lähti käyntiin todella nopeasti. Tein jo luonnosvaiheessa osat käyttämällä niissä materiaalikirjastosta löytyviä materiaaleja, jotta kuljettimen rakentuessa pysyisi tiedot sen painosta kokoajan mukana ja ajantasalla. Kuvassa 7 on esimerkki kuvan 6 kappaleen materiaalitiedoista ja painosta.

Technical specification	
Technical column (BOM)	S355J2C+N s=12 390x410 SFS-EN 10029, SFS-EN**
Weight	
Weight	11,721873 <input type="button" value="Compute model weight"/>

Kuva 7. Materiaalitiedot (Kuvankaappaus ohjelmasta Creo Parametric 2.0)

Saatuani kaikki kuljettimen perusrakenteeseen kuuluvat komponentit luonnosteltua kasasin niistä ensimmäisen kokonaisuuden. Ensimmäisessä kokonaisuudessa oli jonkin verran virheitä, sillä toisinaan reiät eivät

osuneet täysin kohdalleen ja esimerkiksi kuvan 4 komponentissa olevat urat eivät olleet täysin oikeassa kohdassa eivätkä mahdollistaneet vaadittua  $\pm 15$  asteen kääntymistä. Korjasin ensin itse ensimmäisestä kokoonpanosta havaitsemani virheet ja päivitin komponentit. Tämän jälkeen loin kokonaisuudesta PVZ-mallin, jonka lähetin arvioitavaksi. Kuvassa 8 on esitettyä ensimmäinen kokonaisuus.

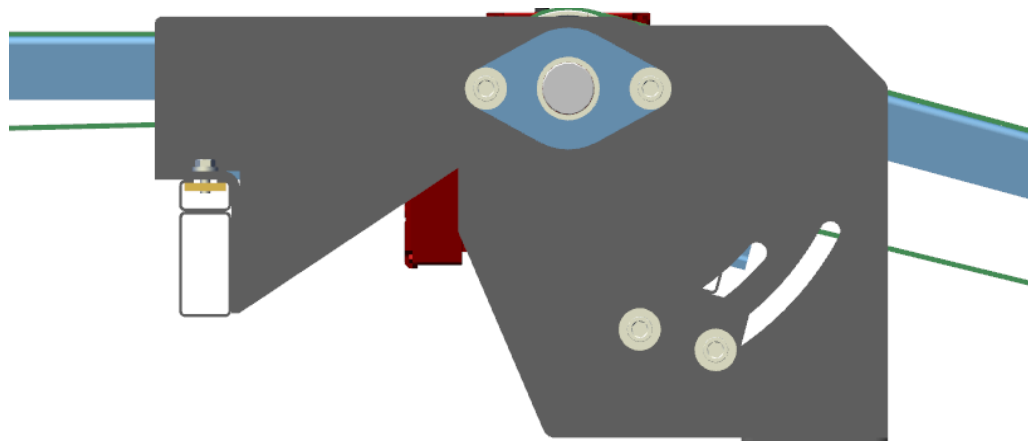


Kuva 8. Ensimmäinen kokonaisuus

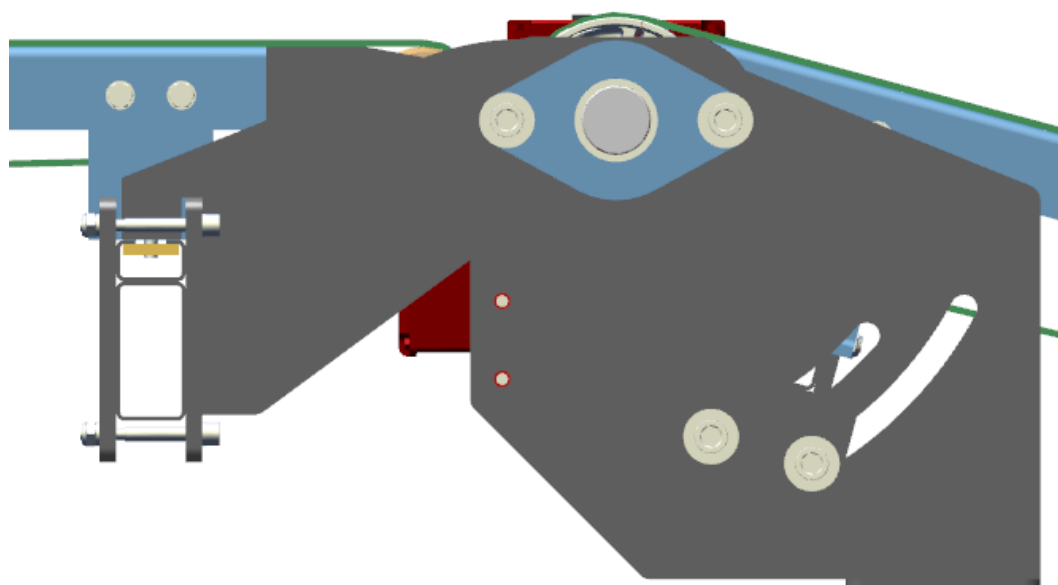
#### 6.4 Mallin tarkentaminen

Tutkimme kuljettimen ensimmäistä versiota yhdessä työn toimeksiantajan kanssa. Kuljettimen perusrakenteen todettiin olevan kunnossa, ja nyt oli aika alkaa tarkentamaan vaatimuksia. Tässä vaiheessa ehkä oleellisin muutostarve oli muokata kuljettimen sivulla olevia kiinnityksiä sekä jalkoja varten olevia komponentteja siten, että ne eivät missään vaiheessa ole hihnapinnan yläpuolella. Tämä on tärkeää siksi, että eliminoidaan erikoistilanteista, joissa viilu tulee kuljettimelle esimerkiksi vinossa, aiheutuvat ongelmat.

Enemmän mallia tutkiessamme, muutostarpeita ensimmäiseen versioon löytyi muutamia muitakin. Esimerkiksi kuljettimen taittopäässä olevan kannattimen tuenta oli muutettava siten, että se kestää paremmin ylöspäin suuntautuvaa momenttia. Kuvissa 9 ja 10 on esitettyä alkutilanne ja muutos.



Kuva 9. Lähikuva alkuperäisestä kuljettimien liitoskohdasta

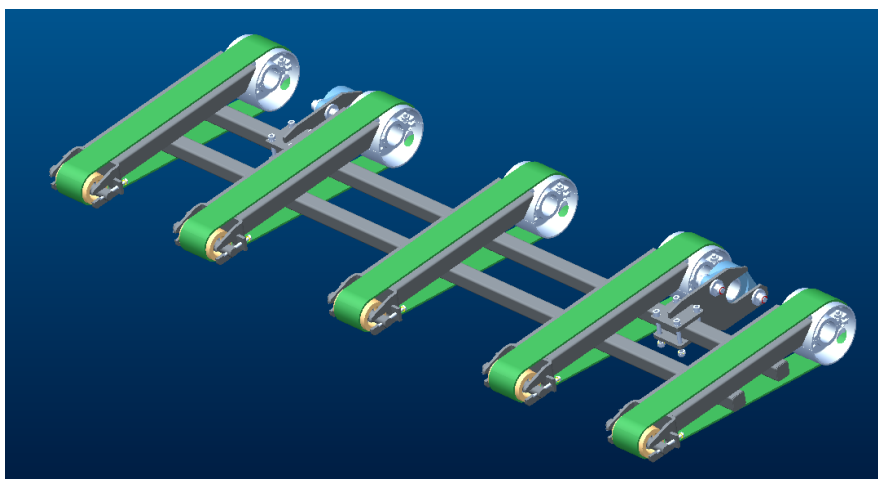


Kuva 10. Lähikuva muokatusta kuljettimien liitoskohdasta

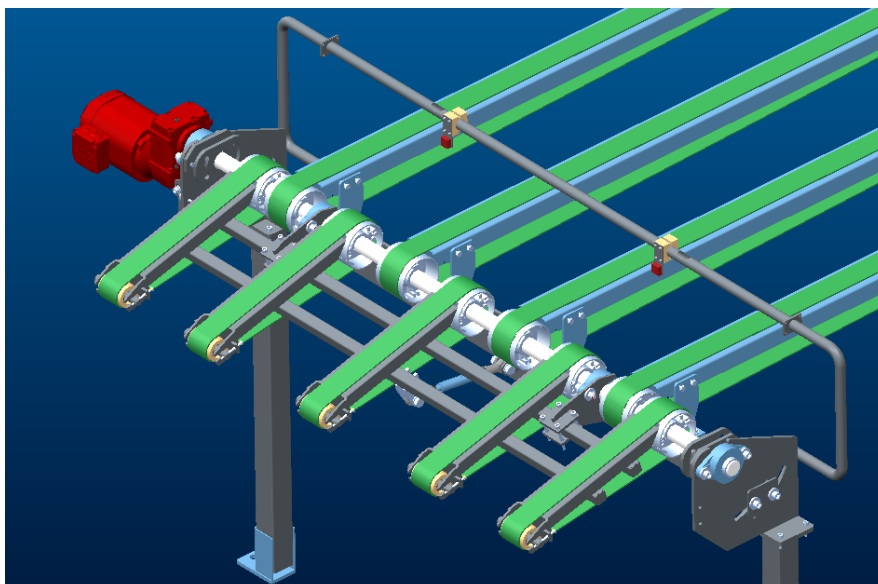
Kun kaikki selvät virheet rakenteessa oli korjattu, oli aika alkaa kehittää hieman tarkempia yksityiskohtia, kuten tukilaakeroiteja leveälle kuljettimelle, viiluhjureita ja osien tarkempaa geometriaa. Minulla ei ennen opinnäytetyön tekemistä ollut lainkaan kokemusta viilukuljettimista, joten tässä vaiheessa jouduin tutkimaan paljon Rauten aiempia kuljettimia ja niissä tehtyjä ratkaisuja. Näiden ratkaisujen ja Pärssisen ehdotusten pohjalta suunnittelin ja mallinsin komponentteja, jotka pienten muutosten jälkeen päätyivät lopulliseen kokoonpanoon.

## 6.5 Lisäosat

Kuljettimeen tuli perusrakenteen lisäksi suunnitella muutamia lisäosia. Näitä ovat esimerkiksi tippeli ja anturien kiinnikeraudat. Tippelin pääasiallinen tarkoitus on ohjata tai saattaa viiluja, kun ne poistuvat kuljettimelta. Ohjaus tapahtuu muuttamalla tippelin kulmaa. Tippeli kiinnitetään vetopään akselille, jolloin se toimii tavallaan kuljettimen jatkeena. Kuvassa 11 ensimmäinen versio suunnittelemastani tippelistä.



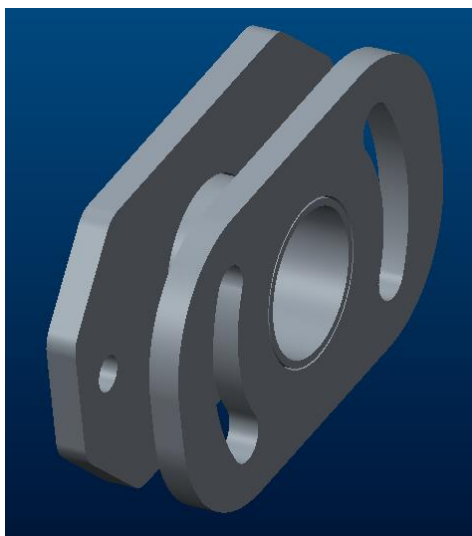
Kuva 11. Ensimmäinen luonnos tippelistä



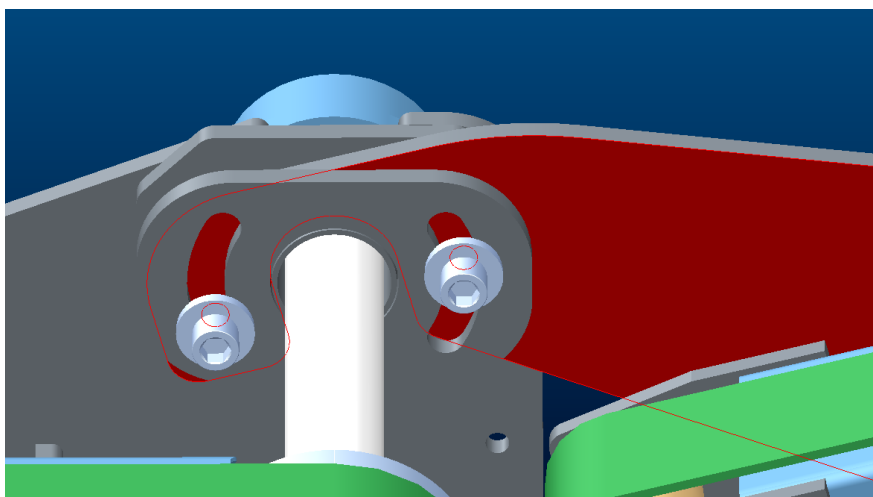
Kuva 12. Tippeli kiinnitettyä kuljettimessa

## 6.6 Mekaniikka

Kuljettimen ehkä merkittävin mekaaninen ominaisuus on sen  $\pm 15$  asteen pystysuuntainen kääntömahdollisuus. Kuljettimen asettaminen haluttuun kulmaan on toteutettu kiinnittämällä vetopäähän kiinteästi kääntöpala, jonka ympärillä seuraavan kuljettimen taittopään kiinnike pääsee pyörimään. Itse kääntöpala pysyy suorassa, joten siihen on suunniteltu taittopään kiinnikkeen kiinnityksen mahdollistavat urat. Kuvissa 13 ja 14 on esitettyä kääntöpala ja kiinnitys käytännössä.



Kuva 13. Kääntöpala

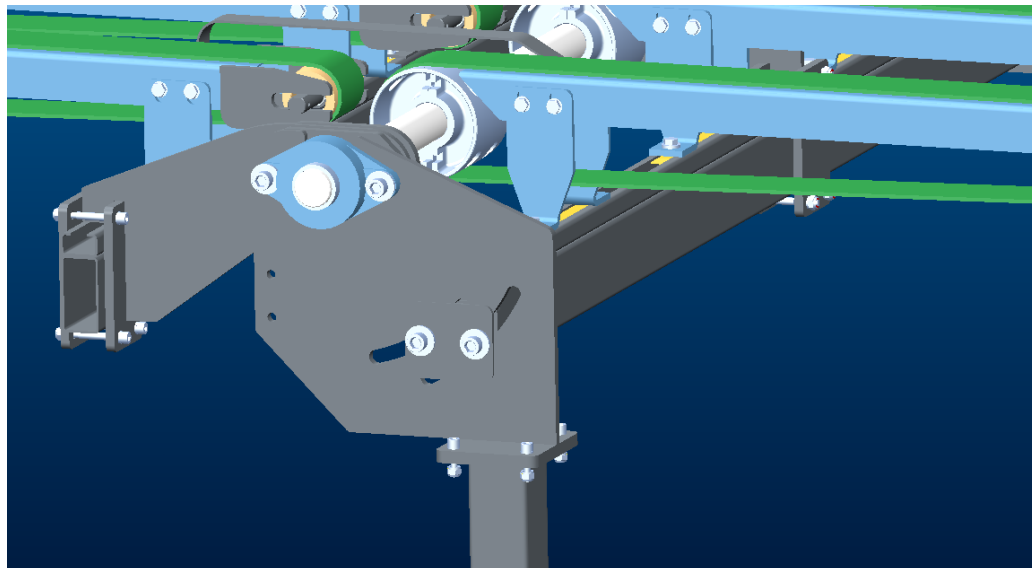


Kuva 14. Kääntömekanismi

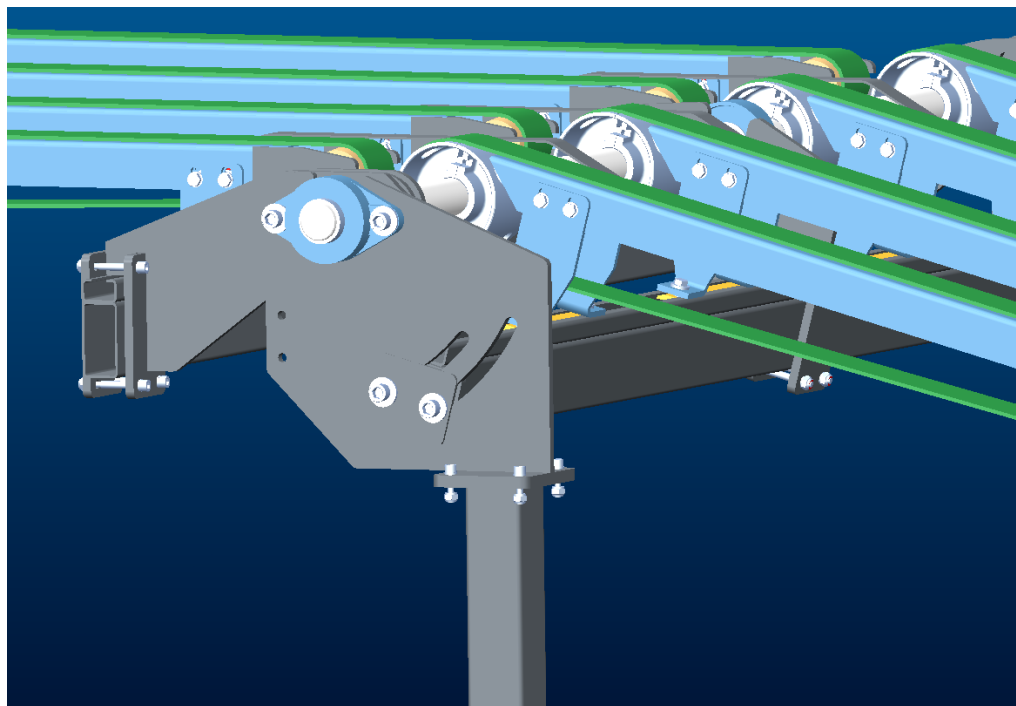
Koska hihnajohteet on kiinnitetty kiinteästi tukipalkkiin, niin kuljettimen ollessa esimerkiksi 15 astetta ylöspäin kallistettuna, kääntyy tukipalkki



samassa suhteessa. Jalkojen pitämiseksi aina suoraan alaspäin, on myös jalkojen kiinnitys toteutettu käyttämällä hyväksi uria. Kuljettimen kääntyessä joko ylös- tai alaspäin, pääsee tukipalkki kääntymään uria pitkin jalkojen pysyessä suorassa. Kuvissa 15 ja 16 on esitettyä tuen kääntömekanismin toiminta eri asennoissa.



Kuva 15. Jalkojen kääntömekanismi kuljettimet vaakatasossa

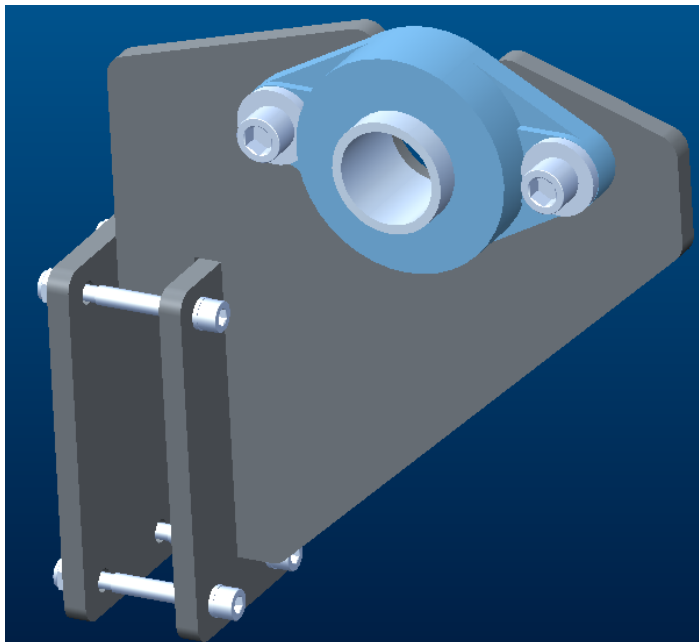


Kuva 16. Jalkojen kääntömekanismi kuljettimet eri kulmassa

## 6.7 Taloudelliset ratkaisut

Yksi opinnäytetyössä suunnitellun kuljettimen tavoitteista oli kustannusten minimointi. Tavoitteen saavuttamiseksi kuljettimen rakenne on suunniteltu niin, että mahdollisimman pienellä osien vaihtelulla saadaan kaikki kokovariaatiot toteutettua. Tästä esimerkkinä toimii laippakiinnitys, jolla minimoidaan kiinteästi runkoon tehtävien hitsausten määrää ja saadaan samoja osia kierrätettyä. Laippakiinnitteet on suunniteltu siten, että ne kohdistuvat pystysuunnassa aina oikealle korkeudelle, jolloin asentamisvaiheessa säästetään aikaa.

Laippakiinnitystä on käytetty vetopään kiinnityksen, tukilaakeroinnin- ja tippelin sylinterin kiinnityksen yhteydessä. Kaikki nämä kiinnitykset on tehty käyttämällä samoja laippoja, jotta niiden valmistuskustannukset saadaan volyymin avulla pidettyä alhaisina. Jokaisessa edellä mainitussa tilanteessa yhteen laippaan hitsataan kulloinkin tarvittava kappale kiinnityksen toteuttamiseksi. Kuvassa 17 laipoilla toteutettu tukilaakerin kiinnitys.



Kuva 17 Tukilaakerin kiinnitys

## 7 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja mallintaa uudenlainen viilukuljetin, jota voitaisiin käyttää osana suurinta osaa Rauten linjoista ja korvata nykyisin käytettävät vaihtelevat kuljetinratkaisut. Opinnäytetyössä rajattiin aikataulullisista syistä suunnittelu kuljettimen perusrakenteen ja mekaanisten ratkaisujen kehittämiseen.

Opinnäytetyöllä tavoiteltiin pääasiallisesti kuljettimista syntyvien kustannusten vähentämistä, sekä niiden arvioinnin helpottamista. Uuden modulaarisen viilukuljettimen on myös tarkoitus helpottaa suunnittelijoiden työtä projektien eri vaiheissa.

Työ aloitettiin käymällä läpi nykytilanne ja asiat, joita haluttiin opinnäytetyön avulla muuttaa. Toimeksiannossa oli määritelty valmiiksi suurin osa kuljettimen vaatimuksista, mutta vaatimuksia syntyi lisää suunnittelutyön edetessä. Suunnittelu aloitettiin tekemällä 3D-luonnoksia, joista kasattiin ensimmäinen kuljetinkokonaisuuden 3D-malli. Hahmottelun jälkeen vaatimuksia tarkennettiin ja mallia muuteltiin niiden perusteella. Lopullinen malli poikkeaa monelta osin työssä esitellyistä kuvista, mutta mekaaniset ratkaisut pysyivät samana.

Minulla ei ollut ennen opinnäytetyön tekemistä juuri lainkaan kokemusta 3D-mallintamisesta, joten itse mallintamien oli pitkälti opeteltava kuljetinta suunniteltaessa. Opinnäytetyötä tehdessä minun oli myös tutustuttava erilaisiin valmistusmenetelmiin, jotta pystyin paremmin arvioimaan kuljettimessa käytettyjen ratkaisujen taloudellista kannattavuutta.

Opinnäytetyön lopputuloksena syntyi vaatimukset täyttävä malli uudesta viilukuljettimesta. Malli käy läpi vielä useiden tuotealueiden asiantuntijoiden arvioinnin ja kuljettimessa käytettävien komponenttien tarkentamisen ennen varsinaisten kuljettimien valmistamista. Opinnäytetyön tekijä pysyy projektissa mukana vielä opinnäytetyön päättymisen jälkeen.

## LÄHTEET

Jokinen, T. 2010. Tuotekehitys. Helsinki: Aalto-yliopisto [viitattu 13.6.2017]. Saatavissa:

<http://lib.tkk.fi/Reports/2010/isbn9789526033204.pdf>

Lahden kaupunginmuseo 2017. Metalliteollisuus sotien jälkeen [viitattu 10.6.2017]. Saatavissa: <http://www.lahdenmuseot.fi/kuka-mita->

[lahti/lahten-historia/teollisuuskaupunki/metalliteollisuus-sotien-jaelkeen/](http://www.lahdenmuseot.fi/lahti/lahten-historia/teollisuuskaupunki/metalliteollisuus-sotien-jaelkeen/)

Pahl, G. & Beitz, W. 1990. Koneensuunnitteluoppi. Porvoo: Metalliteollisuuden kustannus Oy

Pärssinen, M. 2017. Teknologiapäällikkö. Raute Oyj. Haastattelu 24.5.2017.

Raute Oyj 2017. Vuosikertomus 2016 [viitattu 10.6.2017]. Saatavissa: [http://www.raute.fi/documents/10157/875281/Raute+Oyj\\_Vuosikertomus+2016.pdf/25930083-0aab-465f-a1b8-06afd2bce468](http://www.raute.fi/documents/10157/875281/Raute+Oyj_Vuosikertomus+2016.pdf/25930083-0aab-465f-a1b8-06afd2bce468)

Wikipedia 2017. Raute [viitattu 10.6.2017]. Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Raute>