

Hihnakuljetinmallin kehitystyö

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Kone- ja tuotantotekniikan
koulutusohjelma
Tuotantopainotteinen
mekatroniikka
Opinnäytetyö
Syksy 2018
Eero Palmroth

Lahden ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

PALMROTH, EERO:

Hihnakuuljetinmallin kehitystyö

Tuotantopainotteisen mekatroniikan opinnäytetyö, 28 sivua

Syksy 2018

TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä, jonka tilaajana on ympäristö- ja kierrätysteknologiaan keskittynyt RecTec Engineering Oy, pyrittiin yhtenäistämään erään yrityksessä valmistettavan hihnakuuljetinmallin suunnittelua sekä kerätä malliston kymmenvuotisen historian aikaiset parannukset yhteen vakiomalliin. Yrityksen valmistamia kuuljetinmalleja on useita, riippuen muun muassa käyttökohteista ja tarkoituksesta, siksi opinnäytetyö päädyttiin rajaamaan kattamaan yksi kuuljetinmalli vakioleveyksillään.

Opinnäytetyön tietopuolisessa osuudessa esitellään tilaajayritys sekä empiirisessä osiossa suurta osaa näytellyt, yrityksen mekaniikkasuunnitteluohjelma, Vertex G4. Pääosa keskittyy kuitenkin hihnakuuljettimeen eri osineen sekä luonteeseen koneena, turvallisuus mukaan lukien. Empiirisessä osiossa lopuksi esitellään työn eteneminen ja tulokset.

Opinnäytetyön tuloksena yritykseen saatiin yhtenäinen kuuljetinmallisto opinnäytetyöhön valitulle kuuljetinmallille. Lisäksi suunnitteluun rakennettiin parametrisesti ohjautuvat 3d-mallit, joihin päivitetty ratkaisut kerättiin. Ratkaisut käytiin yhdessä läpi sekä yrityksen suunnitteluosaston että työntekijöiden kanssa, ja näiden pohjalta mallia kehitettiin.

Mallit toimivat lähtökohtana tulevien projektikohtaisten mallien suunnittelussa. Ne nopeuttavat suunnittelua varioitumalla nopeasti ja helposti päämitoiltaan halutuiksi, ja niihin liittyvien tuotantokuvien päivitys sekä yhdenmukaistaminen auttaa myös valmistusprosessia.

Asiasanat: Hihnakuuljetin, Suunnittelu, Vertex G4

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

PALMROTH, EERO: Product development of a belt
conveyor model

Bachelor's Thesis in production-oriented mechatronics, 28 pages

Autumn 2018

ABSTRACT

This Bachelor's Thesis, which was ordered by Recycling- and CleanTech-focused RecTec Engineering Oy, aimed to uniform the design solutions and gather the past design improvements within one of the company's belt conveyor models on a single conveyor model. Model range for the company consists of variety of different conveyor models depending, for instance, from place and intent of use, as well as options required. Thus, the Bachelor's Thesis was limited to include only a single conveyor model with its standard widths.

Main focus of the theoretical part of the Thesis is directed to belt conveyors as a machine, including different parts and its nature as a machine, safety included. Theoretical part also contains introductions to the subject, to the company, and Vertex G4, the mechanical engineering program used in company's engineering department. Empirical part documents the process and the results.

As a result of this Bachelor's Thesis a uniform conveyor model line was created for the company of the chosen conveyor type, which included parametrically driven 3d-models. Design solutions were worked together with company's engineering department as well as employees of the production.

In future projects, the models created will act as a starting point for any individual conveyors of the same type. They ease and hasten the design process by easily transforming to desired lengths. Likewise, the updated and uniformed production designs will aid the manufacturing process.

Key words: Belt conveyor, Design engineering, Vertex G4

TERMIT JA LYHENTEET:

Kaavari	Kiinteästi tai joustavasti kuljettimeen kiinnitetty puhdistuslaite, joka poistaa hihnaan tarttunutta materiaalia
Kitkaliitos	Yleensä ruuvikierteen avulla pintoja yhteenpuristamalla saavutettu liitos. Liitoksen pitovoima riippuu puristavasta voimasta ja pintojen välisestä kitkakertoimesta
Kourukulma	Moniosaisen rullastotelineen sivurullien kulma vaakatasosta
Nielu	Vaarallinen puristuskohta kuljetinhihnan ja pyörivän rummun tai rullan välillä
SBR-kumi	Styreenibutadieenikumista valmistettu erittäin hyvin kulutusta kestävä kumilaatu
Ripe	Kuljettimen hihnaan tarttunut materiaaliaines, joka paluupuolelta irrotessaan sotkee kuljettimen ympäristöä
Suppilo	Kuljettimen kuormaus- ja purkukohdissa sijaitseva materiaalivirtaa keräävä ja ohjaava kotelo tai laite
Syöte	Linjastoon syötettävä materiaali. Määritellään massa- tai tilavuusvirtana
Taittorumpu	Vapaasti pyörivä hihnan taittava rumpu
Vetorumpu	Käyttökoneistoon kytketty hihnaa vetävä rumpu
Vierintäkulma	Materiaalin valumisherkkyttä kuvaava kulma. Vaikuttaa kuljettimen kapasiteettiin nousevilla kuljettimilla

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	RECTEC ENGINEERING OY	2
3	TEOLLISET KULJETUSJÄRJESTELMÄT	3
4	HIHNAKULJETIN	5
4.1	Runko	6
4.2	Veto- ja taittorummut	7
4.3	Rullat ja rullastotelineet	7
4.4	Käyttökoneisto	8
4.5	Kuljetinhihna	9
4.6	Kiristyslaitteisto	10
4.7	Hihnanpuhdistimet	11
4.8	Turvalaitteet ja suojaukset	12
5	HIHNAKULJETTIMEN SUUNNITTELU	15
6	VERTEX G4 -SUUNNITTELUOHJELMA	17
6.1	Parametrinen piirremallinnus	17
6.2	Mittataulukko-ohjaus	18
7	KEHITYSTYÖN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS	20
7.1	Yleinen kehitystyö	20
7.2	Suunnittelun läpimenoajan tehostaminen	21
7.2.1	Mittavarioinnin matemaattinen logiikka	22
7.2.2	Mallin viimeistely ja rajoitukset	25
8	YHTEENVETO	26
	LÄHTEET	27

1 JOHDANTO

Kuljetinlaitteet ovat monen eri teollisuudenalan peruslaitteita, joita käytetään muun muassa kappaleiden ja materiaalin kuljetukseen. Hihnakuljetin on monipuolinen kappaleiden ja materiaalin kuljetukseen käytettävä laite, jonka eri käyttökohteita on lukemattomia. Eri malleja ja rakenneratkaisuja alkaen arkisesta kaupan kassa-asemakuljettimesta prosessiteollisuudessa käytettävään materiaalikuljettimeen on siten myös moninainen määrä.

Tässä opinnäytetyössä eri kuljetintekniikan laitteista keskitytään hihnakuljettimiin, joita käsitellään kierrätystekniikan ja materiaalinkäsittelyn näkökulmasta, jossa kuljettimet tyypillisesti kuljettavat materiaalia eteenpäin esimurskattuna materiaalivirtana, jota seulotaan ja erotellaan prosessiketjussa eri tavoin.

Opinnäytetyöhön valittu kuljetinmalli on ollut nykyisessä muodossaan käytössä noin kymmenen vuotta. Kyseessä on ristikkorakenteinen liukulaitainen hihnakuljetin, jota tyypillisesti käytetään kevyen ja keskiraskaan materiaalin kuljettamiseen joidenkin kymmenien metrien matkoilla. Kuljetinmallin etuja ovat rakenteen vahvuus sekä reunojen luontainen tiiviys, jolloin rakenne on helposti muovattavissa lähes pölytiiviksi lisäämällä kuljettimeen kate. Tämä on eduksi esimerkiksi kuljettaessa pölisevää materiaalia, kuten rakennus- tai purkujätettä. Kuljettimessa käytetyt normaalit hihnaleveydet ovat 650, 800, 1000, 1200 ja 1400 mm.

Opinnäytetyö aloitettiin esisuunnittelulla, jonka jälkeen kaikki kuljettimiin liittyvät komponentit tuotantokuvineen tarkistettiin sekä tarpeen mukaan päivitettiin. Lopuksi päivitetty kuljettimet osineen mallinnettiin Vertex Systems Oy:n Vertex G4 suunnitteluohjelmalla, jota tilaajayrityksen suunnitteluosastossa käytetään.

2 RECTEC ENGINEERING OY

RecTec Engineering Oy on Heinolassa toimiva ympäristö- ja kierrätystekniikkaan erikoistunut tilauskonepaja. Yrityksen historia ulottuu vuoteen 1980, kun toiminta alkoi Myllyojan Metalli Oy -nimellä.

Vuosikymmenen lopulla yritys myytiin vieressä sijaitsevalle kierrätysalan edelläkävijälle Kuusakoski Oy:lle, josta se eriytyi vuonna 2015 tehdyn yrityskaupan myötä itsenäiseksi yritykseksi. (RecTec 2018)

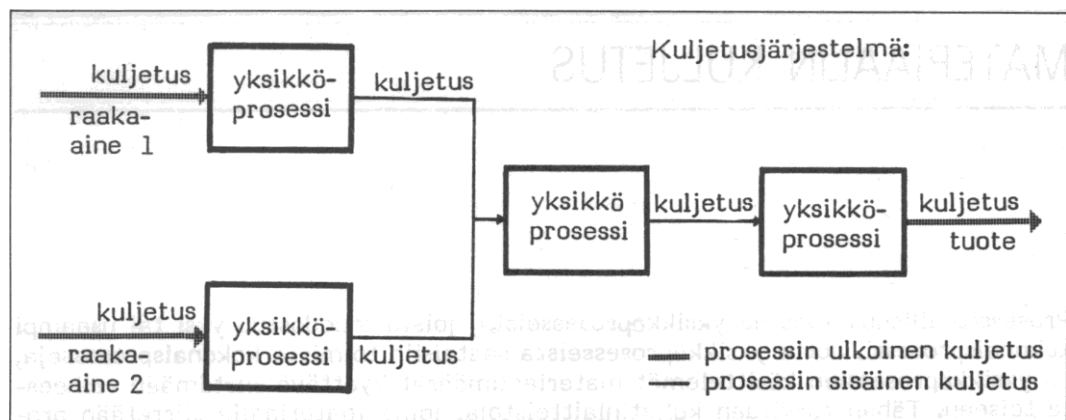
Yrityksen päätuotteita ovat erilaiset kierrätysteknologiaan ja materiaalinkäsittelyyn liittyvät koneet ja tuotantolinjat. Yrityksellä on oma suunnitteluosasto sekä tuotantotilat, ja vahva alihankkijoiden verkosto, joka mahdollistaa suurten projektien toteuttamisen aina tuotantolaitoksiin asti. Suunnittelu tehdään kokonaisvaltaisesti alkaen esisuunnittelusta ja kattaen koko toiminnan ketjun. (RecTec 2018)

Yrityksen toimintaperiaatteisiin kuuluu asiakaslähtöisyys, luotettavuus sekä taloudellisuus. Tämä mahdollistetaan pitkällä ja laaja-alaisella kokemuksella kierrätys- ja jätealasta sekä kokeneella henkilöstöllä. (RecTec 2018)

Yrityksen päätoimialue on Suomi, mutta historiassa toimituksia on tehty myös kansainvälisesti, muun muassa Ruotsiin ja Yhdysvaltoihin. (Väli-Torala 2018)

3 TEOLLISET KULJETUSJÄRJESTELMÄT

Materiaalin siirto on olennainen osa toimivaa teollisuustuotantoa, sillä tuotteen matka raaka-aineesta lopputuotteeksi käy lukuisten eri prosessien läpi. Siirto prosessien välillä voi tapahtua prosessien sisäisillä tai ulkoisilla kuljetuksilla. Ulkoisiin kuljetuksiin lasketaan muun muassa työkoneilla tehdyt siirrot tai muut kuljetukset ja sisäisiin erilaiset prosessien sisäiset kuljetusjärjestelmät. Allaolevassa kuvassa on yksi esimerkki teollisen tuotannon kuljetusjärjestelmästä. (Frilund & Pihkala 1988, 10)



KAAVIO 1: Teollinen kuljetusjärjestelmä. (Frilund & Pihkala 1988, 11)

Erilaisten kuljettimien ja siirtimien yhdisteleminen on tavanomaista kuljetusjärjestelmissä. Tämän lisäksi prosessien väli- ja lopputuotteita voidaan siirtää materiaalista riippuen esimerkiksi trukein tai pyöräkuormaajin kuljetusjärjestelmän sisällä sekä sieltä ulos.

Prosessin sisäisten kuljetusjärjestelmien eräs kulmakivi ovat erilaiset kuljettimet ja siirtimet. Siirtimessä kuljettava elin ei liiku materiaalin mukana, joista esimerkkinä erilaiset täryttimet ja materiaalin siirtoon käytettävät ruuvi siirtimet. Kuljettimissa puolestaan siirtävä elin liikkuu materiaalin mukana, kuten kuljetinhihna. Erilaisia kuljetinmalleja on useita, jotka jaotellaan yleensä toimintaperiaatteen mukaan, kuten esimerkiksi hihna-, tai ketjukuljettimet sekä pystysuoraan siirtoon käytettävät elevaattorit. (Frilund & Pihkala 1988, 63-65)

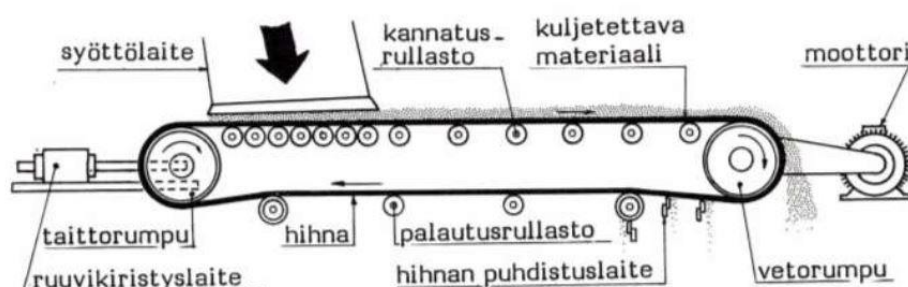
Kuljetinjärjestelmässä käytettävien laitteiden valintaan vaikuttaa muun muassa kuljetettavan materiaalin ominaisuudet ja määrä. Lisäksi laitteen sijainti kokonaisprosessissa voi lisätä omat vaatimuksensa kuljettimen ominaisuuksille. Esimerkiksi prosessiin syöttävältä kuljettimelta edellytetään tasaista materiaalivirtausta (Frilund & Pihkala 1988, 83) ja ihmisen kanssa aktiivisesti toimivan kuljettimen tulee huomioida ihmisen suorituskyky, johon laitteen tulee olla mitoitettu. Esimerkkinä tällaisesta on lajittelukäyttöön tuleva kuljetin, jonka tulee huomioida muun muassa ihmisen ulottuma, yleinen työergonomia sekä ihmisen kyky hallita käsiteltävien kappaleiden käsittelytaajuus. (Siirilä 2008, 367)

4 HIHNAKULJETIN

Hihnakuuljetin on määritelmän mukaan kuljetin, jonka kuljetuselimenä käytetään tyypillisesti kahden telan ja rullastojen ympärillä pyörivää kumi- tai polymeeripintaista hihnaa (SFS-EN 620 2011). Sen etuja ovat energiatehokkuus, suhteellinen kapasiteetti sekä valmiiden komponenttien määrä ja saatavuus. Hihnakuuljettimen tehokkuus perustuu vierintäkitkan edullisuuteen materiaalin siirrossa ja siten mahdollistaa jopa satojen metrien siirtomatkat. Prosessiteollisessa käytössä sillä tyypillisesti kuljetetaan rae- ja jauhemaisia aineita, tai esimerkiksi esimurskattua materiaalia. (Koivisto 2017, 156)

Hihnakuuljettimien käyttöä rajoittavat muun muassa materiaalin vierintäkulma sekä lämpö, sillä sallitut jatkuvat käyttölämpötilat voivat olla erikoisvalmisteisille kuljetinhihnoillekaan enintään 200 °C. Materiaalin vierintäkulmasta riippuen kuljettimelle soveltuvat nousukulmat rajoittuvat 15-20 °:seen, joskin kuvioidulla hihnalla voidaan tapauskohtaisesti päästä jopa 30 °:een nousukulmaan. (Koivisto 2017, 156; Euro-Kumi 2018)

Hihnakuuljettimen pääosat ovat runko, veto- ja taittotelat, rullastot, laakerointi, käyttökoneisto, kuljetinhihna, hihnan kiristyslaitteisto, erilaiset hihnan ja telan puhtaanapitoon käytettävät kaavaimet sekä turvalaitteet. Lisäksi kuljettimissa tyypillisesti on erilaisia materiaalinohjaukseen käytettäviä suppiloita sekä muita tapauskohtaisia lisävarusteita, kuten pölysuojaukskatteita. (Firilund & Pihkala 1988, 65-67; Koivisto 2017, 158-161)



KUVA 1. Kuljettimen osat. (Firilund & Pihkala 1988, 65)

4.1 Runko

Hihnakuuljettimen runkorakennusratkaisuja on monia, riippuen kuljetettavasti materiaalista sekä kuljettimen käyttötarkoituksesta. Runko voi yksinkertaisimmillaan olla esimerkiksi palkkirakenne, johon kuljettimen muut osat ovat kiinnitettynä. Muita rakennusratkaisuja ovat esimerkiksi ristikkorunko tai kylmämuovatuista levyistä valmistettu runko.

Palkkirakenteen etuja ovat yksinkertainen ja helposti valmistettava rakenne. Valmistuksen helppoutta tukee myös se, että rullastot voidaan monesti kiinnittää runkoon kitkaliitoksilla. Rakenne on kuitenkin monesti hyvin avoin, joka ei ole eduksi pölyävien materiaalien siirrossa, eikä kuljettimen turvallisamisessa. Ristikkorunkoisen rakenteen etu on lujuus, joka mahdollistaa pidemmät jännevälit, siksi se on tyypillinen korkealla ulkotiloissa sijaitsevien, pitkien siirtomatkojen, kuljettimien runkorakenne. (Koivisto 2017, 158)

Alla olevassa kuvassa on esimerkki sekä palkki- että ristikkorakenteisista kuljettimista sekä rakenteen vaikutuksesta kuljettimen tuennan jänneväliin.



KUVA 2. Palkki- ja ristikkorakenteiset kuljetinrungot. (N.M. Heilig 2018)

4.2 Veto- ja taittorummut

Veto- ja taittorumpu ovat perusrakenteeltaan samanlaisia, tyypillisesti sylinterimäisiä hitsattuja rakenteita, jonka läpi kulkee akseli. Veto- ja taittopää kiinnittyvät akseleistaan runkoon laakeroinnin välityksellä, kuten esimerkiksi pysty- tai laippalaakeriyksiköillä. Vektorumpu toimii käyttövoiman siirtäjänä ja on siten yleensä kumitettu kitkan parantamiseksi. Molemmille on yhtenäistä rakenteen hienoinen kapeneminen reunoilta, edistämään kuljetinhihnan keskittyvyyttä. (Koivisto 2017, 159)

Veto- ja taittorumpujen suosituskoot sekä minimihalkaisijat määräytyvät kuljetinhihnan leveyden, paksuuden ja käyttöjännityksen mukaan. Käytännössä rummun leveyden tulee olla hihnan leveyttä suurempi ja rummun halkaisijan tulee huomioida hihnan lujuuden mukaan tuoma jäykkyys. SFS-ISO 3684 -standardin mukaisia rummun minimihalkaisijoita voidaan kuitenkin pienentää yhtä askelmaa alemmaksi, mikäli hihnan käyttöjännitykset pysyvät enintään 60 %:ssa enimmäiskäyttöjännityksestä. (Koivisto 2017, 173; SFS 2275; SFS-ISO 3684, 5)

Molempien ominaisuutena pyörivinä koneenosina on muodostaa kuljetinhihnan kanssa luonnollinen nielu, jonka suojaus on ensiarvoisen tärkeätä käyttöturvallisuuden vuoksi (Parikka, Mäkelä, Sarsama & Virolainen 2000, 27-28). Parikka ym. (2000, 23-25) mukaan puristuminen nieluun on tavanomaisin vahingoittumistapa hihnakuljettimiin liittyvissä tapaturmissa ja suurin yksittäinen tapaturmia aiheuttanut syy on puutteellinen nielujen suojaus.

4.3 Rullat ja rullastotelineet

Rullat muodostavat kuljetinhihnan alle kantavan pinnan. Rullastojen rakenne, tiheys sekä muoto määräytyy halutun kapasiteetin sekä kuljetettavan materiaalin mukaan. Kantavat rullat ovat yleensä laakeroituja teräsrollia, jotka voivat olla kuljettimessa yksittäisinä tasomaisina rullina, tai rullastotelineisiin liitettävänä 2 -ja 3-osaisina kokonaisuuksina.

Paluupuolen rullat ovat kevytrakenteisempia ja nämä ovat varustettu kumitetuin kiekoin estämään materiaalin tarttumista hihnaan, sillä toisin kuin kantavat rullat, nämä pyörivät kuljetinhihnan likaisella puolella. Niitä saa kantorullien tavoin niin tasomaisina kuin kourumaisina ja molempien standarivalikoima on kattava. (Koivisto 2017, 159; Roxon 2005)

Rullasto muodostaa veto- ja taittorumpujen tavoin kuljetinhihnan kanssa nieluja ja näiden suojauksessa on noudatettava samoja periaatteita. Suojaustarvetta voidaan kuitenkin esimerkiksi paluurullaston kohdalla tilannekohtaisesti arvioida. Arviointiin vaikuttavia seikkoja ovat muun muassa sijainti, kuten nielun yli 2500 mm:n korkeus, tai rakenteelliset ratkaisut, joissa kuljetinhihnalla on mahdollista nousta riittävän paljon rullan pinnasta, ettei vaarallista nielua pääse muodostumaan. (SFS-EN 620 2011, 38 & 50-52)

4.4 Käyttökoneisto

Yleisin hihnakuuljettimen käyttökoneisto on vaihdemoottori. Vaihdemoottori on sähkömoottorin ja hammaspyörävaihteen yhdistelmä.



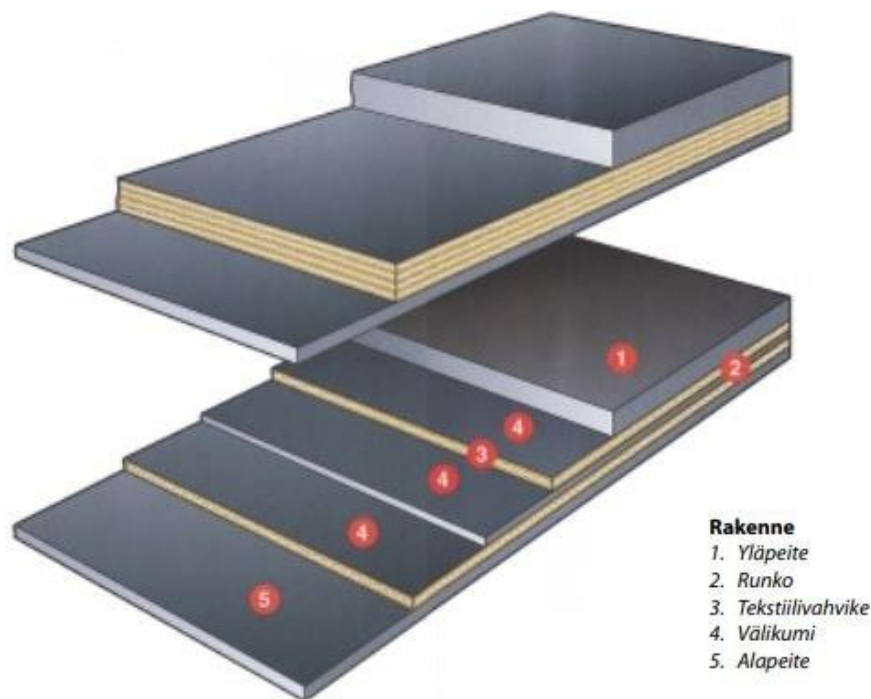
KUVA 3. Eri vaihdemoottoreita. (SEW Eurodrive 2018)

Erilaisia vaihdemoottoreita on lukematon määrä. Vaihdemoottorit jaotellaan usein vaihteen mukaan esimerkiksi hammas -tai kartiopyörävaihdemoottoriksi. Vaihdemoottorin kiinnitystä varten rungossa on korvake, joka kiinnittyy kuljettimen runkoon momenttituen välityksellä.

Momenttituki on rakenne, joka siirtää vaihdemoottorin vääntömomentin aiheuttaman rasituksen kuljettimen runkoon. Rakenteena sen tulee olla riittävän vahva kestämään moottorin aikaansaama vääntörasitus sekä käynnistyksessä aiheutuva iskumainen nykäys. (SEW Eurodrive 2018; Koivisto 2017, 158)

4.5 Kuljetinhihna

Kuljetinhihna rakentuu vahvikekudosrungosta ja sitä molemmin puolin suojaavasta kumipeitteestä. Alla olevassa kuvassa on kuvattu tyypillinen kuljetinhihnan rakenne.



KUVA 4. Tekstiilihihnan rakenne. (Metso Minerals Oy 2002, 3)

Hihnan tekstiilivahvike on yleensä polyesteristä (E) ja polyamidista (P) valmistettu EP-kangas. Hihnatyypit luokitellaan vahvikemateriaalin, vetomurtolujuuden, peitepaksuuksien sekä peitteen laadun mukaan kuvan 5 mukaisesti. Peitteen laatu antaa hihnalle myös rajoitetun kyvyn kestää muita rasituksia, kuten lämpöä. (Euro-Kumi Oy 2018)

	50 m	800	EP	630/4	6/2	X
Hihnan pituus						
Hihnan leveys mm						
Vahvikemateriaali						
Hihnan vetomurtolujuus N/mm						
Vahvikkeiden lukumäärä						
Peitepaksuudet yläpeite / alapeite mm						
Peitteen laatu						

KUVA 5. Kuljetinhihnan merkintä. (Metso Minerals Oy 2002, 14)

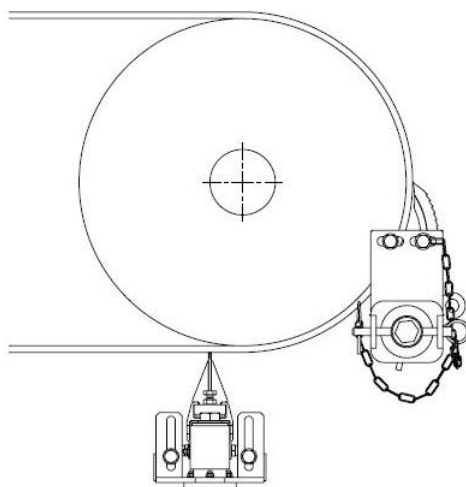
4.6 Kiristyslaitteisto

Hihnakujujettimen hihna tulee kiristää soveltuvaan kireyteen, jotta veto- ja taittorumpujen välille ei synny luistoa. Lisäksi kuljetinhihna venyy elinikänsä aikana jonkin verran, joten kuljettimen rakenteen täytyy ottaa kyseinen venyminen huomioon. Yksinkertaisin tapa kiristää hihnaa on jonkinlainen ruuvikiristys, jossa taittorumpua siirretään kauemmas vetorummusta. Muita tapoja ovat erilaiset painoihin liittyvät ratkaisut, joissa joko taittopäätä vedetään painon avulla etäämmälle, tai hihnaa itseään kiristetään paluupuolelta. Tämä saavutetaan esimerkiksi kolmella erillisellä taittorummulla, joista keskimmäiseen on kiinnitetty paino. Kiristystavoista painoihin perustuvien etu on kokoaikainen venymän huomioiminen, ruuvikiristuksen puolestaan helppo toteuttaminen ja yksinkertaisuus. (Firilund & Pihkala 1988, 67)

Tyypillisesti painoihin perustuvia kiristysmenetelmiä käytetään pidemmissä, esimerkiksi ulkona sijaitsevista, kuljettimissa. Ruuvikiristystä puolestaan sisätiloissa ja lyhyemmällä kuljettimilla. (Koivisto 2017, 163)

4.7 Hihnanpuhdistimet

Yleisimpiä puhdistimia ovat erilaiset kaavaimet, aurat sekä harjat. Kaavaimet jaotellaan käytön ja sijoittelun mukaan esi- ja hienokaavareiksi. Ne painautuvat hihnaan jousitoimisen kiristimen avulla ja poistavat siihen jäänyttä materiaalia. Esikaavarit sijoitetaan vetorumpuun lähelle materiaalin irtoamiskohtaa, hienokaavarit puolestaan vetorummun alle. (Koivisto 2017, 160; Metso Oyj 2018, 19)



KUVA 6. Esi- ja hienokaavareiden sijoitus. (Metso Oyj 2018, 19)

Näiden lisäksi muita yleisiä vetopäässä sijaitsevia hihnanpuhdistimia ovat kuljetinhihnaa puhdistavat hihnaharjat. Hihnaharja on yleensä moottoroitu sisäisellä rumpumootorilla, jonka etuina ovat vähäinen huollon tarve sekä tiivis ja ulkopuolisilta rasituksilta suojattu rakenne. Harjaavan puhdistuksen etu on, ettei sen käyttöä haittaa hihnassa oleva kuviointi. Lisäksi nämä voivat toimia muiden kaavareiden tukena. (Metso Oyj 2018, 53; Roxon 2005; Koivisto 2017, 160-161)

Taittopäässä sijaitsevat auraavat hihnanpuhdistimet sekä rummunpuhdistimet. Molemmat ohjaavat hihnan puhtaalle puolelle tai taittorummulle joutuneen materiaalin kuljettimen sivuille, josta nämä ovat puhdistettavissa muilla tavoin, esimerkiksi tavallisen siivouksen yhteydessä. (Roxon 2005)

Hihnanpuhdistimet ovat kuljettimen toiminnan kannalta tärkeitä osia, sillä vähäinenkin lika rullastoilla tai rummuilla lisää hihnan kohdistusvirheitä ja edesauttaa hihnan kulumista (Metso Oyj 2018, 11; Roxon 2005). Näiden lisäksi kuljettimen alleen tekemän rippeen määrää kasvaa. Toimiva hienokaavaus on tärkeässä osassa ympäristön siisteyden ylläpidossa, sillä kaavauksen jälkeen hihnaan kiinnijäänyt materiaali irtoilee liikkuessaan paluurullaston päällä. Pahimmillaan tämä voi muodostaa kuljettimen alle huomattavia ripekasoja, joita on säännöllisesti poistettava.



KUVA 7. Kuljettimen paluurullan alle syntynyt ripekasa. (Parikka ym. 2000, 60)

Vaihtoehtoisia tapoja rippeiden hallintaan on sijoittaa kuljettimen alle erillinen rippeiden siirtoon tarkoitettu laite, kuten pienempi kola- tai hihnakuljetin (Roxon 2005).

4.8 Turvalaitteet ja suojaukset

Hihnakuljettimien turvallistaminen on historiallisesti ollut vaikeaa. Tähän vaikuttaneita syitä on monia, kuten kuljettimien suuri määrä, avonainen rakenne sekä kuljettimen läheisyydessä noudatettu väärä työtapo, jossa

työtä tehdään kuljettimen käydessä, tai muuten ilman asianmukaisia turvatoimia. (Parikka ym. 2000, 8, 21-29)

Hihnakuuljettimien turvallistaminen perustuu käyttäjien eristämiseen vaaraa aiheuttavilta asioilta käyttäen kiinteitä suojauksia sekä turvalaitteiden mahdollistamaan kuljettimen nopeaan pysäyttämiseen vaaratilanteen sattuessa (Koivisto 2017, 162).

Tärkeimmät kiinteät suojaukset ovat nielujen ympärille tehdyt suojaukset, joiden tulee erityisesti huomioida käden ulottumat ja turvaetäisyydet. Nämä voivat olla esimerkiksi riittävän lujuuden omaavia levytyksiä, tai verkoituksia, jotka estävät pääsyn vaara-alueelle. Kiinteiden suojausten, sekä suojausten ja vaarakohtien aukkojen, on täytettävä turvaetäisyystandardin SFS-EN ISO 13857 vaatimukset. Lisäksi niiden irroituksen ilman työkaluja tulee olla mahdotonta. (Siirilä, T. 2008, 152-153)

Kuvissa 8 ja 9 ovat SFS-EN ISO 13857 -standardin mukaiset turvaetäisyysvaatimukset käsien suojaukseen.

Mitat millimetreissä

Kehon osa	Kuva	Aukko	Turvaetäisyys, s_r		
			Pitkänomainen	Neliö	Pyöreä
Sormenpää		$e \leq 4$	≥ 2	≥ 2	≥ 2
		$4 < e \leq 6$	≥ 20	≥ 10	≥ 10
Sormi rystyseen asti		$6 < e \leq 8$	≥ 40	≥ 30	≥ 20
		$8 < e \leq 10$	≥ 80	≥ 60	≥ 60
		$10 < e \leq 12$	≥ 100	≥ 80	≥ 80

KUVA 8. Sormisuojiin turvaetäisyydet. (METSTA 2016)

Mitat millimetreissä

Liikkeen rajoitukset	Turvaetäisyys, s_r	Kuva
Liikettä rajoitetaan vain olkapään ja kainalon kohdalta	≥ 850	
Käsivarsi on tuettuna kyynärpäähän asti	≥ 550	

KUVA 9. Käden turvaetäisyydet. (METSTA 2016)

Kuljettimet varustetaan myös sähköisin turvalaittein muiden koneiden tapaan. Normaalien turvakytkinten ja hätäpysäyttimien lisäksi kuljettimet varustetaan vetovaijerikäyttöisellä hätäpysäyttimellä, jotta kuljetin on pysäytettävissä koko pituudeltaan. Köysihätäpysäytin sijoitetaan kuljettimen sivulle hoitotason puolelle, tai molemmille puolille, mikäli pääsy sinne on mahdollinen. (Roxon 2005; Koivisto 2017, 162)

Kuljetin sisältää usein muitakin henkilöturvallisuuteen liittymättömiä turvalaitteita, kuten taittorummun yhteyteen liitetyn pyörintävahdin, tai erilaisia hihnan toimintaa, kuntoa sekä materiaalin esteetöntä kulkua valvovia laitteita. Pyörintävähti on sijoitettu vapaasti pyörivän rummun yhteyteen, jotta kuljetin voidaan pysäyttää hihnan normaalin liikkeen häiriytyessä. (Roxon 2005; Koivisto 2017, 162-163)

5 HIHNAKULJETTIMEN SUUNNITTELU

Hihnakuljettimen suunnittelussa ensiarvoisen tärkeitä ovat oikeat lähtötiedot. Materiaalivirran ominaisuudet ja syötteen määrä määrittelevät kuljettimen koolle ja rakenteille asetettavat vaatimukset. Lisäksi kuljettimen suunnitteluun vaikuttavat muun muassa kuormaus- ja pudotuskohdat, prosessilinjan tuomat erityispiirteet, turvallisuusvaatimukset, sekä mahdolliset lisäoptiot, kuten esimerkiksi pölysuojaus.

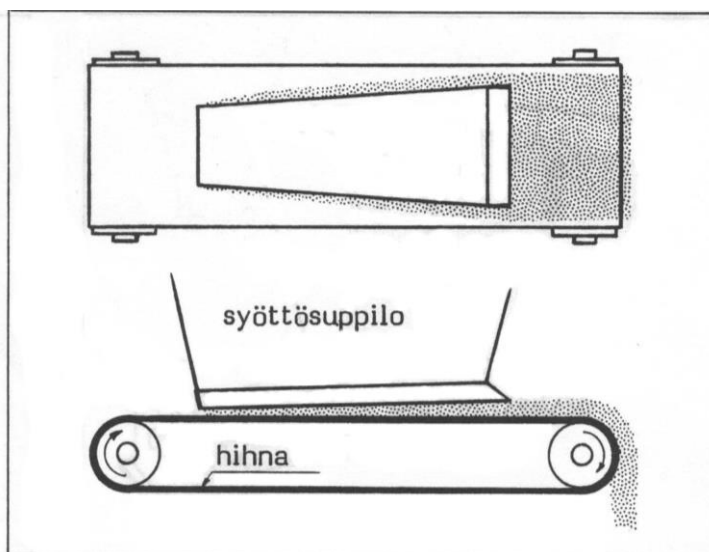
Kuljettimen suunnittelu alkaa lähtötietojen keräämisellä, jonka jälkeen määritellään kuljettimen kapasiteetti. Kapasiteetillä tarkoitetaan kuljettimen kuljettamaa tilavuusvirtaa, joka ilmoitetaan yleensä tonneina tunnissa. (Koivisto 2017, 164)

Kapasiteetin määrään kuljetimessa vaikuttaa kuljetinhihnan leveys ja kourukulma, kuljettimen nousukulma sekä haluttu kuljetinnopeus, joka määritellään vetorummun ratanopeutena. Tämä muodostuu käyttökoneiston toisiokierrosnopeuden ja vetorummun halkaisijan mukaan. (Koivisto 2017, 164-165)

Kuljettimen mekaanisten osien mitoitus pohjautuu vetorummun kehävoiman määrittämiseen, joka tapahtuu laskemalla yhteen materiaalin sekä kuljettimen dynaamisten osien liikuttamiseen, nostotyöhön ja muiden erillisten vastusten voittamiseen tarvittava teho. Kehävoiman ja kuljetinnopeuden määrittämisen jälkeen kuljettimelle voidaan valita käyttökoneisto sekä kapasiteetti- ja lujuusvaatimukset täyttävä mekaniikkakokonaisuus. (Koivisto 2017, 165-198; SFS-ISO 5048)

Kuljettimen suunnittelussa olennainen osa on myös materiaalinohjauksen huomiointi. Tämä sisältää niin kuljettimelle tulevan kuin kuljettimelta lähtevän materiaalivirran ohjauksen. Materiaalinohjaukseen käytetään erilaisia kuormaus- ja purkaussuppiloita, joiden tarkoitus on keskittää kuljettimelle tuleva materiaali kuljetinhihnan alueelle. Materiaalivirran tasaisuudelle on myös eduksi ohjaavan rakenteen aukeaminen materiaalin

kulkusuuntaan alla olevan kuvan mukaisesti. (Pihkala ym. 1988, 85; Koivisto 2017, 161)



KUVA 10. Kuljettimelle syöttävä suppilo. (Pihkala ym. 1988, 85)

Materiaalinhjauksen lisäksi tiivistetyillä kuormaus- ja purkaussuppiloilla voidaan rajoittaa putoamiskohtien pölyämistä. Tiivistämiseen käytetään esimerkiksi kulutustakestäviä SBR-kumilaatuja (Euro-Kumi Oy 2018). Kuormauskohta on myös yleensä vahvistettu, sillä kuormauskohdan vaikutus kuljetinhihnan kestoikään on merkittävä. Vahvistus on yleensä toteutettu esimerkiksi tihennetyllä rullastojaolla tai materiaalin iskuja vaimentavilla liukutasoilla ja -palkeilla. (Metso Oyj 2018, 72-98; Koivisto 2017, 161)

6 VERTEX G4 -SUUNNITTELUOHJELMA

Vertex G4 on suomalaisen Vertex Systems Oy:n mekaniikkasuunnitteluun ja koneenrakennukseen kehittämä parametrinen 3D-suunnitteluohjelma, jolla on mahdollista suunnitella niin mallintamalla kuin piirtämällä.

Nykyaikaisten ominaisuuksien lisäksi Vertex G4:ssä on laaja kirjastokomponenttien valikoima sekä oma mallien, piirustusten ja muun suunnittelutiedon hallintajärjestelmä. (Vertex 2018)

Vertex G4:n perustoiminnallisuutta voi laajentaa eri moduleilla, kuten esimerkiksi eri tiedostoformaattien kääntäjillä, lujuuslaskennalla, tai eritasoisilla tuoteautomaatio-optioilla. G4:n tiedonhallintajärjestelmään on myös saatavilla laajempi toiminnallisuus Vertex Flow PDM -optiolla. (Vertex 2018)

6.1 Parametrinen piirremallinnus

Parametrinen piirremallinnus muodostaa valtaosan nykyaikaisesta mekaniikkasuunnittelutyöstä. Parametrisellä piirremallinnuksella tarkoitetaan suunnittelua, jossa malli on rakennettu piirteistä, jotka rakentuvat mallin niin sanottuun piirrepuuhun. (Hietikko 2012, 23-25)

Piirteet alimmalla tasollaan, eli osamallinnuksessa, ovat rakentuneet esimerkiksi viivoista tai kaarista, joista jokainen on määriteltävissä ehdoin. Jokainen määritelty ehto muodostaa oman muuttujansa ja ehdolle annettu määritelmä, kuten pituus, muodostaa ehdon parametrin. Tämä parametri on muutettavissa missä tahansa mallinnuksen vaiheessa, ja muutettaessa ehtoon sidottu geometria muuttuu uutta määrittystä vastaavaksi. (Hietikko 2012, 23-25)

Ehdot voivat olla numeeristen arvojen lisäksi myös määritelmiä, kuten yhdensuuntaisuus tai symmetrisyys, tai matemaattisesti annettu määritelmä suhteessa johonkin toiseen piirteeseen. Vertex G4:ssä jokaiselle ehdolle on annettavissa kaava, jolla voidaan joko nimetä kyseinen ehto muuttujaksi, tai antaa matemaattinen määrittely suhteessa

johonkin toiseen ennaltamäärättyyn muuttuun. (Vertex Systems Oy 2018)

Matemaattisen määrittelyyn apuna voi myös käyttää seuraavia laskutoimituksia.

Laskutoimitus	Merkitys
+	Yhteenlasku
-	Vähennyslasku
*	Kertolasku
/	Jakolasku
abs (x)	Itseisarvo
acos (x)	
asin (x)	
atan (x)	
cos (x)	
exp (x)	EkspONENTTI -funktio
int (x)	Kokonaislukupyöristys
log (x)	Luonnollinen logaritmi
pow (x, y)	x korotettuna potenssiin y
sin (x)	
sqrt (x)	Neliöjuuri
tan (x)	

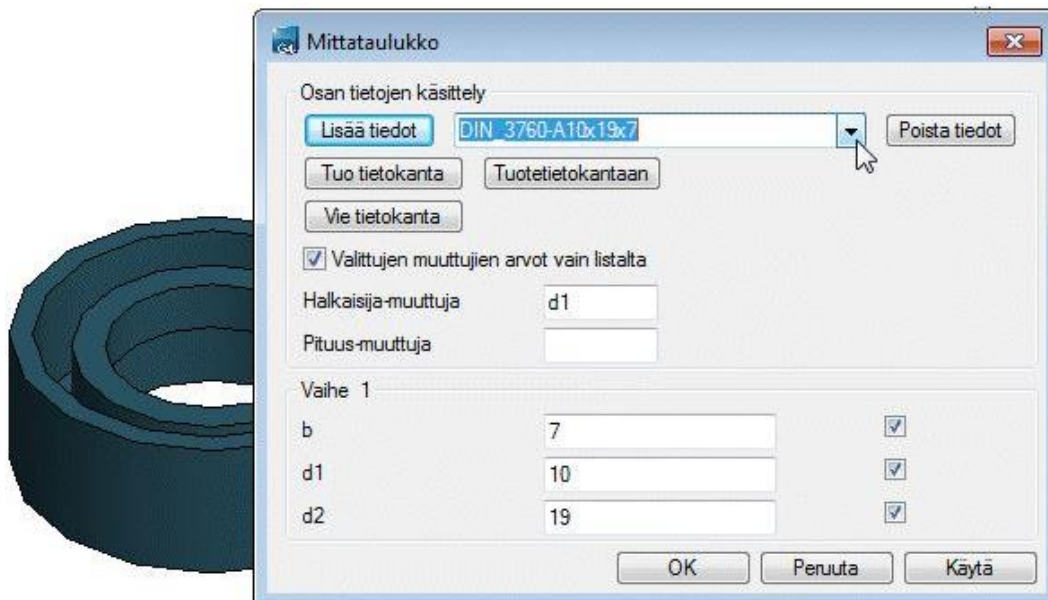
KUVA 11. Vertex G4:n laskutoimitukset. (Vertex Systems Oy 2018)

6.2 Mittataulukko-ohjaus

Muuttujien arvoihin liittyvää parametrisuutta voi Vertex G4:ssä helpoiten hallita mittataulukko-ominaisuudella. Mittataulukko muodostuu automaattisesti, kun geometrisille ominaisuuksille on määritelty muuttujia ja se on käytettävissä aina mallin ollessa avattuna. Mittataulukon arvojen muuttaminen vapaasti on mahdollista mallin ollessa aktiivinen ja seuraavien reunaehtojen täyttyessä:

- Muuttujat ovat aktiivisessa mallissa tai sen paikallisessa alikokoonpanossa, joka ei ole jäädytetty

- Osamallinnuksessa olevien muuttujien arvoja ei ole lukittu taulukkotunnukseen valinnalla "Valittujen muuttujien arvot vain listalta"



KUVA 12. Osan mittataulukko. (Vertex Systems Oy 2018)

7 KEHITYSTYÖN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

Kuljetinmallin kehitystyön toteutus aloitettiin esisuunnittelulla, jossa nykytilaa kartoittavilla haastatteluilla niin tuotannossa kuin yritysjohdon sisällä pyrittiin muodostamaan tarkempi kuva kehitystarpeista.

Haastatteluiden edetessä kuitenkin nopeasti vakiintui kuva, ettei suuria rakennemuutoksia oltu halukkaita tekemään kummallakaan puolella, sillä luottamus omaan tuotteeseen oli vahva.

Tuotannon henkilöstöltä toiveet ja kehitysehdotukset liittyivät pääosin tuotantokuvien laatuun sekä kappaleiden puutteellisiin tai liian tiukkoihin välyksiin ja toleransseihin. Yrityksen johdon puolelta toiveet liittyivät eritoten suunnittelun läpimenoajan tehostamiseen, sillä pienimuotoisilla optimoinneilla ei kokonaiskustannusrakenne huomioiden nähty erityisen suurta kehityspotentiaalia. Lisäksi malliston selkeyttäminen nähtiin järkeväksi, sillä projektikohtaisten mallien kehitysaskleet eivät välttämättä olleet kantautuneet muihin malleihin, sekä pienet eroavaisuudet mallien välillä olivat aiheuttaneet ajoittain turhaa sekaannusta tuotannossa.

Näiden pohjalta työn tavoitteet määriteltiin seuraavasti:

- a) Kehittää ja optimoida mallia mahdollisuuksien mukaan yhdessä tuotannon henkilöstön kanssa
- b) Nopeuttaa suunnittelun läpimenoaikaa tekemällä malleista mittavarioituvia
- c) Tarpeen mukaan päivittää ja yhdenmukaistaa eri kuljetinkomponenttien tuotantokuvat
- d) Kerätä päivitetty ja tarkistettu komponentit uuden vakionimikkeistön alle

7.1 Yleinen kehitystyö

Toteutus aloitettiin mallien ja kuvien tarkistuksella. Kaikkien pääkomponenttien kuvat käytiin läpi yhdessä tuotannon henkilöstön kanssa ja näiden toivomia parannuksia tehtiin tarpeen mukaan.

Tyypillisesti tällaiset parannukset olivat tarpeettoman hankalasti taivutettavan ohutlevykappaleen muokkaamista, tai muutoksia laser-leikkeisiin tuleviin välyksiin. Jälkimmäinen pohjautuu laser-leikkeiden yleisen mittatarkkuuden, mikä on noin 0,1 mm:ä, sekä leikkausjäljen hienoisesta kaareutumisen huomiointiin, joka on levymateriaalin paksuuntuessa niille ominaista. Välyksen tulee siten huomioida sekä leikkeen oma että liitettävän kappaleen mittaheitto, mikä esimerkiksi standardin mukaisen kuumavalssatun putkipalkin tapauksessa on koosta riippuen $\pm 0,6-1,0$ %:ia sivun mitasta (SFS-EN 10219-1 2006). Näiden yhdistelmästä johtuen laser-leikkeen reiän tulisi olla esimerkiksi 100 mm:n neliöputkipalkille n. 1 mm:n suurempi, jotta vältyttäisiin mahdollisilta jälkikäteen tehtäviltä avaruksilta.

Lisäksi muita pieniä parannuksia kuljetinrakenteeseen tehtiin muun muassa vaihtamalla kuljettimen liukulaitojen entinen rakenne yksinkertaisemmaksi sekä vaihtamalla kuljettimen paluupuolen sivuohjauksurullien kiinnitys riippuvaksi. Huoltohenkilöiden kokemus oli osoittanut hihnan venyessään mahdollisesti luiskahtavan ohjauksurullan alle, jolloin aiemmin käytössä ollut teräksinen kiinnike oli alkanut leikata hihnan sivua.

Kuvien tarkistuksen ja päivityksen jälkeen jokainen komponentti tallennettiin suunnitteluohjelmiston kirjastoon uutena nimikkeenä. Uuden nimikkeistön integroinnista toiminnanohjausjärjestelmään kuitenkin luovuttiin, sillä yrityksessä oli opinnäytetyön tekoaikana käynnissä myös projekti toiminnanohjausjärjestelmän uusimiseksi, eikä siirtoa vanhaan nähty siltä osin tarkoituksenmukaiseksi.

7.2 Suunnittelun läpimenoajan tehostaminen

Suunnittelun läpimenoajan parantaminen keskittyi käytössä olevan Vertex G4:n 3d-mallin toiminnan kehittämiseen. G4:n toimintoihin kuuluvat varsinaiset suunnitteluautomaatitkin, mutta nämä ovat ohjelman lisäoptioita, joita yrityksen suunnittelussa ei ole ollut aikaisemmin

käytössä. Mallien vientiä suunnitteluautomaattitasolle pohdittiin yhdessä suunnitteluhenkilöstön kanssa, mutta keskusteluissa päädyttiin siihen, ettei aitoon suunnitteluautomaattiin tähtäävää kehitystä voitu tässä tilanteessa opinnäytetyöhön sisällyttää. Tähän vaikuttivat sekä henkilöstön että opinnäytetyöntekijän aikaisemman kokemuksen puute, ja erityisesti opinnäytetyölle varattu aika.

Mallien ohjaus Vertex G4:ssä on kuitenkin mahdollista myös mittataulukko-ohjauksella, mikäli kaikki ohjattavat muuttujat ovat paikallisia, tai paikallisissa alikokoonpanoissa, eikä näitä ole määritelty jäädytetyiksi tai lukituiksi. Näin ollen mallia on mahdollista ohjata antamalla muuttujalle, kuten pituus arvo ja viittaamalla siihen mallin muissa piirteissä, kuten piirresarjoissa. Mittataulukko-ohjautuvia malleja yrityksessä oli käytetty harvoin, mutta yksi soveltuva, kuljetinhihnaa kuvaava, malli oli käytettävissä, jonka yhteyteen päätin uuden mallin rakentaa.

Pohjalla olevassa kuljetinhihnan mallissa oli käytännössä lähes kaikki mahdolliset muuttujat, jotta sillä voitiin kuvata eri leveyden, paksuuden, kourukulmien, telojen ja rullien muodostamaa hihnaa, mutta tärkein ja useimmin käytetty muuttuja oli kuljettimen telaväliä kuvaava C_C-muuttuja. Tämän arvon yhteyteen päätin kytkeä kaikki mallin pituuteen liittyvät sarjat sekä mallit, jotta pelkkää C_C-muuttujan arvoa muuttamalla kuljetinmalli varioutuisi oikein kyseiseen mittaan sopivaksi.

Malleja päätettiin tehdä yksi jokaiselle hihnaleveydelle. Näin kuljettimen pääosista taitto- ja vetopäät, näihin liittyvät suojaukset sekä käyttökoneistot liitännäisine osineen eivät omaisi varioituvia muuttujia. Tämä pääosin siksi, ettei mallista tehtäisi turhaan alkujaan monimutkaista. Näin mahdolliset projektikohtaiset erityispiirteet voitaisiin tehdä jälkikäteen käsin nopeasti päämitoiltaan oikeaan kokoon varioituneeseen malliin.

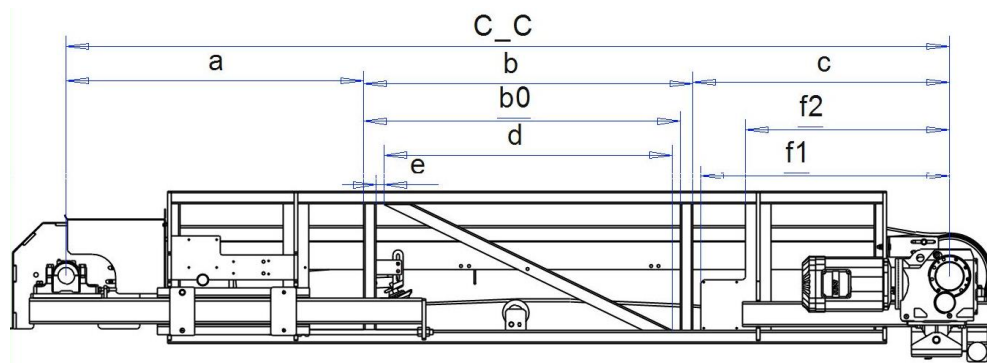
7.2.1 Mittavarioidin matemaattinen logiikka

Varioutumiseen tarvittava logiikka mahdollistetaan G4:ssä sillä, että jokaiselle muuttujalle on annettavissa kaava. Lisäksi G4 omaa

perusversiossa rajallisen määrän matemaattisia operaatioita, joita voi käyttää niin muuttujien arvoissa kuin kaavoissakin. Laajempi tuki, kuten laskennan tekeminen Excel-taulukossa tai ehtolausekkeiden käyttö, vaati kuitenkin lisäoptioita, joita opinnäytetyötä tehdessä ei ollut käytettävissä.

Perusmallisen ristikkorungon tekemiseen tämä ei kuitenkaan ole välttämätöntä, sillä rungon osat sarjoittuvat pääsääntöisesti hyvin pelkästään matemaattisella kaavalla, jossa kappaleiden lukumäärä sarjassa määräytyy kokonaislukupyöristyksellä.

Oikean kaavan löytämiseksi jollekin tietylle sarjalle täytyy selvittää sarjan koko suhteessa pituusmuuttujaan. Pituusmuuttujana mallissa toimii C_C-muuttuja, sarjan pituutena vaihteleva pituusmuuttujan suuntainen pituus sekä jakona sarjalle määriteltävä väli. Seuraavassa kuviossa on esitetty mallin jakaminen mittoihin ja alla esimerkki pystyputket sisältävän sarjan määrittämisestä.



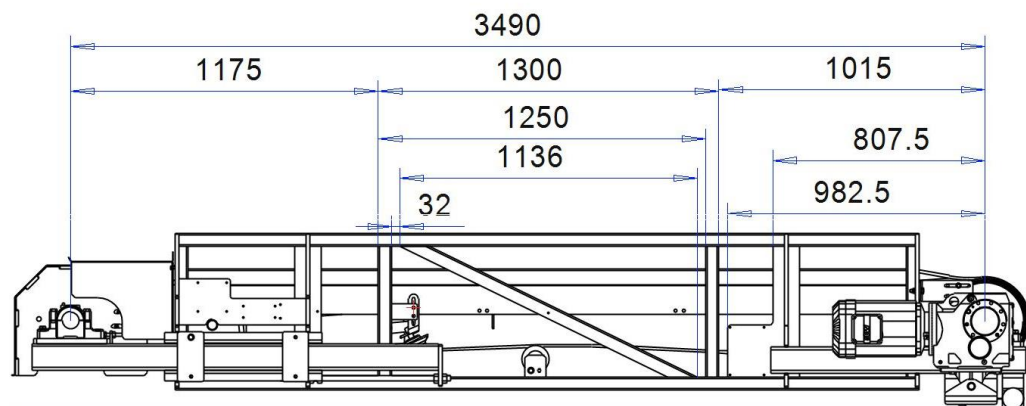
KUVIO 1. Mallin jako mittoihin. (Palmroth 2018)

Jossa:

- a = kaksi pystyputkea sisältävän sarjan etäisyys C_C-mitan alusta
- b = kaksi pystyputkea sisältävän sarjan pituus
- b_0 = kaksi pystyputkea sisältävän sarjan jako
- $c = f_1 + e$ = kaksi pystyputkea sisältävän sarjan etäisyys C_C-mitan lopusta
- d = kulmassa olevan kappaleen C_C-pituuden suuntainen pituus
- e = eri kappaleiden väli toisistaan

- f_1 ja f_2 = etäisyydet sarjavälin lopun rajaavan kappaleen ala- ja yläreunasta C_C-pituuden loppuun

Kuvion mittoja hyödyntäen esimerkiksi pystysuuntaisten tukiputkien sarja voidaan määritellä seuraavasti. Oikea kappalemäärä saadaan jakamalla sarjan pituus sarjan jaolla ja korjaamalla sitä soveltuvalla luvulla, jotta mallinnusohjelman kokonaislukupyöristys pyöristää tuloksen halutulla tavalla ja malli rakentuu oikein. Esimerkkilaskenta kyseiselle sarjalle suoritettaisiin seuraavasti.



$$C_{C_{min}} = a + b + e + f_1 = 1175 + 1300 + 32 + 982,5 = 3489,5$$

$$\frac{C_{C_{min}} - a - c}{b_0} = \frac{3489,5 - 1175 - 32 - 982,5}{1250} = 1,04$$

KUVIO 2. Esimerkki tilanne ja laskenta. (Palmroth 2018)

Jotta kokonaislukupyöristys pyöristää kaavan tuloksen halutulla tavalla on kaavan lopputuloksen arvon oltava ensimmäisessä mahdollisessa pituudessa 0,5. Näin ollen tulosta on korjattava soveltuvasti, eli esimerkki tilanteessa arvosta on vähennettävä 0,54. Lisäksi, koska ensimmäiseen väliin tulee kaksi putkea, on lopputulokseen lisättävä 1. Malliin syötettävän kaavan lopullisen muoto on siten:

$$\text{int} \left(\frac{C_C - 1175 - 32 - 982,5}{1250} - 0,54 \right) + 1$$

KAAVA 1: Vertex G4:n kaavakenttään syötettävä kaava. (Palmroth 2018)

Kyseisen kaavan mukaisesti malli lisää itseensä 3489,5 mm:n pituisena kaksi pystyputkea ja tämän jälkeen jokaisen 1250 mm:n pituuden lisäyksen jälkeen yhden pystyputken lisää.

Vastaavan matemaattisen logiikan mukaan voi mallille määrittellä kaavat myös muille osille, kuten diagonaali -ja vaakatuille sekä kannatus -ja paluurullille.

7.2.2 Mallin viimeistely ja rajoitukset

Malli viimeisteltiin jakamalla mallissa olevat kokoonpanot tuotannon mukaisesti rungon hitsauskokoonpanoon sekä varustelun käyttöön tulevaan pääkokoonpanoon, joka sisältää kuljettimen muut osat. Näistä rungon hitsauskokoonpano on pääkokoonpanon paikallinen alikokoonpano, jotta tässä olevat kaavat voivat ottaa viittauksen pääkokoonpanossa olevasta C_C-muuttujasta. Tämän lisäksi sekä pääkokoonpanoon että rungon hitsauskokoonpanoon tehtiin pohjalle esivalmistettu tuotantokuva, johon määriteltiin halutut projektiot sekä leikkaukset. Tuotantokuvan pohja viimeisteltiin määrittelemällä projektoiden sekä leikkausten paikat geometrisin ehdoin piilotasoille määritelyihin apuviivoihin. Näin mallin mittojen muuttuessa projektiot ja leikkaukset seuraavat mallin muutoksia ennalta määritelyjen ehtojen mukaisesti.

Mallin toiminnassa mittataulukko-ohjauksen rajat kulkevat esivalintojen rajaamassa tilassa. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että mikäli kuljetin esimerkiksi tarvitsee esivalinnasta poikkeavan käyttökoneiston, runkorakenteen, useamman kuormauskohdan, tai on lohkottava pituutensa vuoksi, täytyy mallia käyttävän suunnittelijan tehdä tämä käsin päämittoihin varioituneen mallin päälle. Esivalinnat tehtiin kuljetinmallin tuotantohistoria huomioiden, johon nojautuen muun muassa valittiin käyttökoneisto sekä kuormauskohdan vahvistuksen tyyppi.

8 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää asiakasyrityksen käytössä olevaa kuljetinmallia. Lisäksi tavoitteena oli nopeuttaa suunnittelun läpimenoaikaa ja vähentää inhimillisiä erehdyksiä kuljettimen suunnittelun ja valmistuksen aikana. Tämä toteutettiin kuljettimen 3d-mallien muuttamisella parametrisiksi, osien ja ratkaisujen vakioinnilla ja niihin liittyvien tuotantokuvien päivityksellä.

Opinnäytetyö suoritettiin haastavalla aikataululla ja erityisesti huolellisuutta vaativa tuotantokuvien päivitys vei opinnäytetyöhön varatusta ajasta odotettua suuremman osan. Tämä johtui osin kuvien määrästä ja osin esimerkiksi siitä, että jotkut 3d-malleista olivat jo varsin iäkkäitä, joka näkyi alttiutena virheisiin esimerkiksi ohutlevymalleista tehtyjen piirustusten aukilevitys-projektioissa. Tällaisissa tapauksissa monesti koko malli kannatti mallintaa uudestaan, joka hidasti työn etenemistä.

Työn tuloksena yrityksen käyttöön saatiin helposti päämittoihin varioituvat kuljetinmallit sekä lukuisia pieniä päivityksiä kuljettimen eri osiin ja erityisesti niihin liittyviin tuotantokuviin. Tulos siten palveli sekä tuotannon että suunnittelun toiveita ja on käyttökelpoinen pohja jatkokehitystä ajatellen.

Jatkokehityksenä malleja voitaisiin viedä lähemmäs varsinaisia suunnitteluautomaatteja, joka oli opinnäytetyöntekijänkin toive, sillä kyseinen kehityssuunta herätti paljon mielenkiintoa opinnäytetyötä tehdessä ja olisi varmasti mielenkiintoinen projekti tulevaisuudessakin. Kehitystä voitaisiin myös jatkaa erityyppisiin kuljettimiin, tai jatkaa tuotannonkehityksenä tutkimalla esimerkiksi putkilaserleikattujen osien käytön kannattavuutta.

LÄHTEET

Euro-Kumi Oy. 2018. Euro-Kumi Oy [viitattu 12.8.2018]. Esite.

Frilund, R. & Pihkala, J. 1988. Prosessialan kuljetustekniikka. Helsinki: Valtion painatuskeskus.

Hietikko, E. 2012. Solidworks – tietokoneavusteinen suunnittelu. 5. uudistettu painos. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulu.

Koivisto, K. 2017. Kuljetintekniikka. Helsinki: Books on Demand.

Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys METSTA ry. 2016.

Koneturvallisuuden standardit. [viitattu 1.9.2018] Saatavissa:

http://www.sfsedu.fi/files/129/Koneturvallisuuden_standardit_2016.pptx

Metso Minerals Oy. 2002. Trellex-tekstiilivahvikehihnat [viitattu 12.8.2018].

Esite. Saatavissa:

[http://www.metsopower.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/F6E8E846D0E2328542256B090040688D/\\$File/Textile_Reinforced_Conveyor_Belts_SF.pdf](http://www.metsopower.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/F6E8E846D0E2328542256B090040688D/$File/Textile_Reinforced_Conveyor_Belts_SF.pdf)

Metso Oyj. 2018. Metso kuljetinratkaisut. [viitattu 1.9.2018]. Käsikirja.

Saatavissa:

<https://www.metso.com/contentassets/337473d7cd204b218c9008d2bf64e7a9/kasikirja-kuljetinratkaisut.pdf>

Mäkelä, Kimmo K., Parikka, R., Sarsama, J. & Virolainen, K. 2000.

Hihnakuuljettimien käytön turvallisuuden ja luotettavuuden parantaminen

[viitattu 12.8.2018]. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Saatavissa:

<https://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2000/T2036.pdf>

N.M. Heilig BV. 2018. Belt Conveyors-verkkosivu. [viitattu: 26.9.2018]

Saatavissa: <https://www.heiligbv.com/products/conveyor-systems/belt-conveyors/#&gid=1&pid=18>

Palmroth, E. 2018. Omat kuvakaappaukset.

RecTec Engineering Oy. 2018. Yritys [viitattu 12.8.2018]. Saatavissa:
<http://www.rectecengineering.fi/yritys>

Roxon 2005. Product Catalogue. Viitattu [1.9.2018]. Saatavissa:
<http://www.roxon.sandvik.com/>

SEW Eurodrive Oy. 2018. Vaihdemoottorit-verkkosivu. [viitattu 1.9.2018]
Saatavissa: <https://www.sew-eurodrive.fi/products/gearmotors/gearmotors-2.html>

SFS 2275. 1986. Hihnakujujettimet. Rummut. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto.

SFS-EN ISO 620 + A1. 2011. Kuljetinlaitteet ja -järjestelmät.
Turvallisuusvaatimukset ja sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevat vaatimukset. Massatavaran kuljetuksessa käytettävät kiinteät hihnakujujettimet. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto.

SFS-EN ISO 10219-1. 2006. Kylmämuovatut hitsatut seostamattomista teräksistä ja hienoraeteräksistä valmistetut rakenneputket. Osa 1: Tekniset toimitusehdot. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto.

SFS-ISO 3684. 1992. Kuljetushihnat. Rumpujen vähimmäishalkaisijat. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto.

SFS-ISO 5048. 1990. Hihnakujujettimet. Käyttötehon ja hihnavoimien laskenta. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto.

Vertex Systems Oy. 2018. Vertex G4 [viitattu 12.8.2018]. Saatavissa:
<https://www.vertex.fi/web/fi/mekaniikkasuunnittelu>

Vertex Systems Oy. 2018. G4 mekaniikkasuunnittelu – ohje-tiedosto.

Väli-Torala, Tapio. 2018. Toimitusjohtaja, RecTec Engineering Oy.
Haastattelu 13.7.2018.