

**TYHJIEN JUOMATÖLKKIEN LAJITTELIJAN MEKANIIKAN
SUUNNITTELU**



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Konetekniikka, insinööri (AMK)

Syksy, 2022

Jonas Lundberg

Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin Suomessa alumiinisia juomatölkkejä valmistavalle yritykselle mekaaniset ratkaisut konenäköön perustuvaan automatisoituun tyhjien juomatölkkiä lajittelulaitteeseen. Tavoitteena on kokonaisuudessaan korvata nykyisin tilaajayrityksessä käsin tapahtuva tölkkiä lajitteluprosessi.

Suunnittelutyössä hyödynnettiin mahdollisuuksien mukaan osatoimittajien suunnitteluoppaita ja ohjeistuksia. Suunnittelua rajoittavana tekijänä oli laitteelle opinnäytetyön tilaajan toimesta ennalta määritelty asennussijainti ja konenäkökomponentit.

Opinnäytetyön lopputuloksena valmistui tyhjien juomatölkkiä lajittelijan 3D-mallit mekaanisten komponenttien ja kokoonpanojen osalta, joiden perusteella tilaajayritys voi tehdä tekniset piirustukset valmistusta ja kokoonpanoa varten.

Avainsanat Kuljetin, lajittelija, laadunvarmistus

Sivut 46 sivua ja liitteitä 6 sivua

This thesis was commissioned by a company that manufactures empty aluminum beverage cans in Finland. The objective was to design the mechanical solutions for an automatic machine vision based empty beverage can sorting machine that is intended to replace the current manual can sorting process.

Where applicable, engineering manuals and design guidelines from component suppliers were utilized throughout the designing process. The designing process was limited by the pre-determined machine vision components and installation location of the sorting machine.

As the result of this thesis, 3D models of the mechanical components and assemblies were made, from which the commissioning company can produce technical drawings for manufacturing and assembly.

Keywords Conveyor, sorter, quality assurance

Pages 46 pages and appendices 6 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Suunnittelun määrittely	2
2.1	Suunnittelun rajausta	2
2.2	Tilavaraus	2
3	Lajittelijan toiminnot	5
3.1	Turvallisuus	5
3.2	Syöttö lajittelijalle	5
3.3	Pohjan merkintöjen tunnistus.....	6
3.4	Tölkkin hylkäys ja syöttö tuotannon kuljettimelle.....	7
4	Purkukuljetin	8
4.1	Purkukuljettimen hihna	8
4.2	Kuljetinhihnan hammaspyörien ja akselien mitoitus	11
4.3	Purkukuljettimen runko	14
5	Lajittelukuljetin.....	21
5.1	Lajittelukuljettimen ketju.....	21
5.2	Kuljetinketjun hammaspyörien ja akselien mitoitus	22
5.3	Lajittelukuljettimen runko	24
5.4	Tölkkin kääntömekanismi	30
6	Konenäön rajapinnat	33
6.1	Teline.....	33
6.2	Laitteiston kiinnikkeet.....	35
7	Hylkäysjärjestelmä.....	39
7.1	Hylkäyslaitteisto	39
7.2	Keräin	42
8	Yhteenveto	44
	Lähteet.....	45

Liitteet

- Liite 1 Kuljetinhihnan soveltuvuuden laskenta
- Liite 2 Kuljetinhihnan vetoakselin taipuma ja vääntömomentti
- Liite 3 Hihnakujuuttimen laakereiden tukivoimat
- Liite 4 Regal Rexnordin System Plast Spec laskentaohjelmiston tulokset valitulle kuljetinketjulle

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä suunnitellaan mekaaniset ratkaisut konenäköön pohjautuvaan tyhjien alumiinisten juomatölkkiä lajittelijaan. Suunnittelussa hyödynnetään laajasti laitetoimittajien suunnitteluohjeita ja toteutettaviin ratkaisuihin soveltuvia standardeja.

Opinnäytetyön tilaajana toimii alumiinisia juomatölkkejä 568, 500 ja 330 ml:n tilavuuksissa erätuotantona valmistava yritys. Valmistettavien tölkkiä halkaisija on tilavuudesta riippumatta vakio, tilavuuden muutos saavutetaan muuttamalla tölkin korkeutta.

Tölkkiä tuotannossa yhtä valmistuksen vaihetta suorittaa useampi kone, joiden lopputuote ajetaan yhdelle kuljettimelle. Tuotantolinjan päässä tölkit pakataan lavoituskoneella saapumisjärjestyksessä, lopputuloksena toimitusvalmiissa lavoissa on sekaisin useamman eri tuotantokoneen valmistamia tölkkejä. Mikäli tietyn tuotantokoneen valmistamissa tölkkeissä havaitaan mahdollisia ongelmia, poistetaan valmiiksi pakatuilta lavoilta kaikki kyseisen koneen valmistamat tölkit. Tuotannon aikana koneet tekevät konekohtaisia merkintöjä juomatölkin pohjaan, joiden avulla pystytään jäljittämään minkä koneen läpi tölkki on kulkenut.

Nykyinen lajitteluprosessi tilaajayrityksessä tapahtuu käsityönä, lavalle pakattujen tölkkiä purkamisesta aina uudelleen pakkaamiseen asti, tämä menetelmä sitoo huomattavan määrän tuotannon ja logistiikan henkilöstöresursseja. Yksittäisen täyteen pakatun lavan läpimenoaika lajittelussa on myös kohtalaisen hidas, jonka merkitys korostuu erityisesti suurissa tuotantoerissä lajitellessa.

Suunniteltavalla laitteella pyritään automatisoimaan ja nopeuttamaan lajitteluprosessia sekä mahdollistamaan yrityksen henkilöstöresurssien kohdentaminen tuottavampaan toimintaan. Opinnäytetyön tavoitteena on luoda 3D-malli laitteesta, joka soveltuu mekaanisilta ominaisuuksiltaan mahdollisimman yksinkertaisilla asetusmuutoksilla jokaisen tuotannossa olevan tölkkikoon automaattiseen lajitteluun. 3D-mallin avulla tilaajayrityksen on mahdollista edetä laitteen automaattisuunnitteluun ja tuottaa laitteen valmistamiseen vaaditut valmistus- ja asennuspiirustukset.

2 Suunnittelun määrittely

Lajittelijan suunnitteluprojektissa lähdettiin liikkeelle määrittelemällä lajittelijalle asetetut tilavarausten ja toiminnallisuuden vaatimukset. Lisäksi rajattiin opinnäytetyössä käsiteltävän suunnittelun piiriin kuuluvat toiminnot.

2.1 Suunnittelun rajaus

Projektissa vaadittavan suunnittelun laajuudesta ja monialaisuudesta johtuen oli tarpeen rajata ne vaiheet, jotka käsitellään tässä opinnäytetyössä. Rajauksella mahdollistettiin opinnäytetyön liittyvän vahvasti konetekniikan koulutusohjelmaan ja vastaavan laajuudeltaan 15:tä opintopistettä.

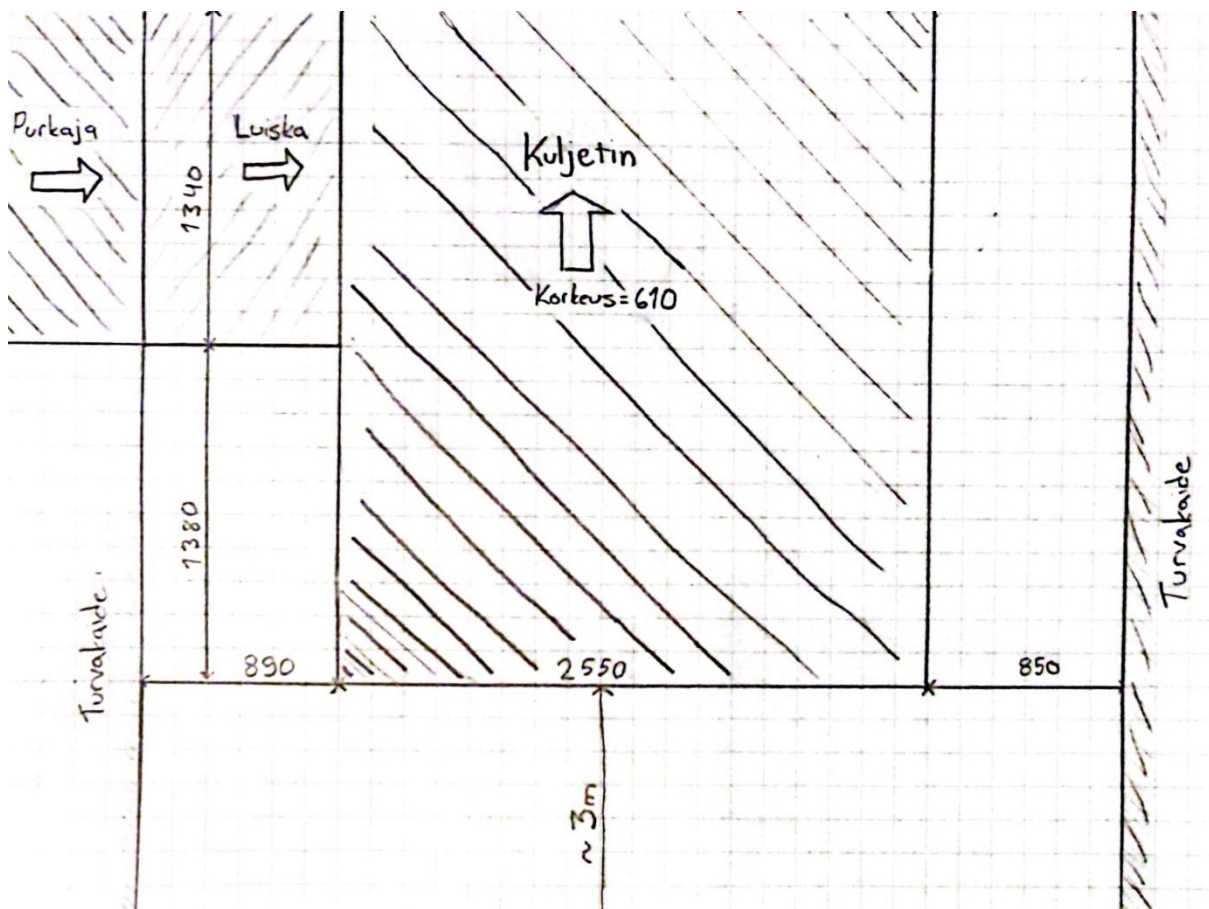
Opinnäytetyössä käsitellään mekaanisten rakenteiden ja pneumaattisten toimintojen suunnittelu kokonaisuudessaan. Lajittelijan tulee soveltua mahdollisimman vähäisillä asetusmuutoksilla kolmen eri korkuisen, 66 mm halkaisijaltaan olevan, tölkkikoon lajitteluun. Antureiden, konenäön, moottoreiden ja muiden elektronisten laitteiden osalta suunnitellaan mahdolliset rajapinnat. Minkään elektronisen komponentin valintaa ei tässä opinnäytetyössä käsitellä.

2.2 Tilavaraus

Lajittelija asennetaan ennalta määrättyyn paikkaan tilaajayrityksen tuotannon tiloihin osaksi tuotantolinjaa. Tölkkien syöttäminen lajittelijaan tapahtuu jo olemassa olevalta kiinteästi asennetulta lavanpurkulaitteelta, lajittelun läpi käyneet tölkit on ohjattava takaisin kiinteästi asennetulle tuotannon kuljettimelle.

Kiinteästi asennettujen tuotantolinjan koneiden, kuljettimien ja rakenteiden muuttamista tulee mahdollisuuksien mukaan välttää. On kuitenkin jo alustavasti selvää, että kuvassa 1 esitetystä tilavarausluonnoksessa näkyvää purkuluiskaa on tarpeen muokata, jotta tölkit voidaan ohjata tuotannon kuljettimen sijasta lajitteluun.

Kuva 1. Luonnos tilavarauksesta.



Paikalla on saatavilla 400/240V sähköliitynnät, lisäksi tarpeen niin vaatiessa, on alueelle mahdollista rakentaa olemassa olevan kahdeksan baarin paineilmalinjan laajennus. Sähkö- ja paineilmaliiitynnät kulkevat lattiatasoon nähden noin kolmen metrin korkeudessa kaapelikiskolla, jolta liityntäpisteet voidaan tuoda minne tahansa tilavarauksen käsittävälle alueelle.

Asennuspaikalla vallitsee SFS-EN ISO 12944-2 standardin yksinkertaisen arviointi menetelmän mukaan (taulukko 1) korroosiovaikutusluokka C1. Tulee kuitenkin ottaa huomioon, että lajittelijaa saatetaan ajoittain säilyttää tilaajayrityksen lämmittämättömissä varastotiloissa. Näin ollen suunnittelua määrittäväksi korroosiovaikutusluokaksi valitaan standardin mukaisesti C2. (SFS-EN ISO 12944-2, 2017, ss. 9–10)

Taulukko 1. Ilmastokorroosiovaikutusluokat (SFS-EN ISO 12944-2, 2017, s. 10).

Korroosio- vaikutus- luokka	Painohäviö pinta-alayksikköä kohden/paksuushäviö (ensimmäisen altistusvuoden jälkeen)				Esimerkkejä tyypillisistä ympäristöistä (vain opastava)	
	Matalahiilinen teräs		Sinkki		Ulkona	Sisällä
	Paino- häviö g/m ²	Paksuus- häviö µm	Paino- häviö g/m ²	Paksuus- häviö µm		
C1 hyvin lievä	≤ 10	≤ 1,3	≤ 0,7	≤ 0,1	–	Lämmitetyt rakennukset, joissa puhtaat ilmatilat, esim. toimistot, kaupat, koulut, hotellit
C2 lievä	> 10...200	> 1,3...25	> 0,7...5	> 0,1...0,7	Ilmatilat, joissa epäpuhtauksien määrä alhainen: enimmäkseen maaseutualueita	Lämmittämättömät rakennukset, joissa voi esiintyä kondensoitu- mista, esim. varastot, urheiluhallit
C3 kohtalainen	> 200...400	> 25...50	> 5...15	> 0,7...2,1	Kaupunki- ja teollisuusilmatilat, joissa kohtalainen rikkidioksidikuormi- tus, rannikkoalueet, joilla alhainen suolapitoisuus	Tuotantotilat, joissa on korkea kosteus ja hieman epäpuhtauksia ilmassa, esim. elintarviketehtaat, pesulat, panimot, meijerit
C4 ankara	> 400...650	> 50...80	> 15...30	> 2,1...4,2	Teollisuusalueet ja rannikkoalueet, joilla suolapitoisuus on kohtalainen	Kemialliset tehtaat, uima-altaat, rannikolla sijaitsevat telakat ja veneveistämöt
C5 hyvin ankara	> 650... 1 500	> 80...200	> 30...60	> 4,2...8,4	Teollisuusalueet, joilla kosteus korkea ja ilmatila syövyttävä sekä rannikkoalueet, joilla suolapitoisuus korkea	Rakennukset tai alueet, joilla lähes jatkuvaa kondensoitumista ja saasteiden määrä korkea
CX äärimmäinen	> 1 500... 5 500	> 200... 700	> 60...180	> 8,4...25	Offshore-alueet, joilla suolapitoisuus korkea ja teollisuusalueet, joilla kosteus on äärimmäinen ja ilmatila syövyttävä sekä subtrooppiset ja trooppiset ilmastot	Teollisuusalueet, joilla kosteus äärimmäinen ja ilmatila syövyttävä

HUOM. Korroosiovaikutusluokissa käytetyt häviöarvot ovat yhtäpitävät standardin ISO 9223 arvojen kanssa.

3 Lajittelijan toiminnot

Suunniteltavalta lajittelijalta vaaditut toiminnot voidaan jakaa karkeasti viiteen eri toimintoon: laitteiston turvallisuus, tölkkien syöttö lavalta lajitteluun, tölkin pohjan merkintöjen tunnistus konenäön avulla, hylättävien tölkkien poisto lajittelijasta ja hylkäämättömien tölkkien ohjaus tuotannon kuljettimelle.

3.1 Turvallisuus

Laitteelle ensiarvoisen tärkeä ominaisuus on turvallisuus, lajittelijan on oltava turvallinen niin henkilöstölle kuin ympäristölleenkin. Mekaniikan suunnitteluprosessin turvallisuus näkökulmaa ohjaa EU:n konedirektiivin 2006/42/EY 1. liite ”Koneen suunnittelua ja rakentamista koskevat olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset”.

Suunnittelussa on huomioitava laitteen soveltuvuus käyttötarkoitukseen, sen turvallinen käyttö ja huollettavuus. Ensisijaisesti riskejä pyritään pienentämään ja poistamaan, mikäli kuitenkin riskejä ei voida poistaa on näiltä osin suunniteltava tarvittavat suojaukset. Lisäksi suunnittelussa on tarpeen ottaa huomioon kohtuudella ennakoitavissa oleva laitteen väärinkäyttö. (EU:n konedirektiivi 2006/42/EY, L 157/36)

3.2 Syöttö lajittelijalle

Lajitteluun määrätyt tölkit ovat pakattuina kuormalavoille, jolloin lajitteluprosessin olennaisena osana on tölkkien purkaminen kuormalavalta. Tölkkien purkua varten tilaajayrityksellä on jo olemassa oleva, tuotantotiloihin kiinteästi asennettu laitteisto. Lajittelussa ei kuitenkaan ole ollut mahdollista hyödyntää kyseistä laitetta, sillä purkautuvat tölkit ohjautuvat suoraan tuotannon kuljettimelle ja siitä edelleen lavoitus koneelle uudelleen pakattaviksi.

Jotta lajitteluprosessista saataisiin mahdollisimman tehokas, katsottiin tarpeelliseksi hyödyntää edellä mainittua lavan purkulaitetta tölkkien syöttämiseksi lajittelijaan. Lavanpurkajalla lavaa purettaessa tölkit työnnetään puskimella yksi kerros kerrallaan

syöttöluiskalle, josta niiden tulee ohjautua lajittelijan osaksi suunniteltavalle purkukuljettimelle.

3.3 Pohjan merkintöjen tunnistus

Suunniteltavan lajittelijan toiminta perustuu tuotannon sisälakka- ja syvävetokoneen työvaiheissa tölkin pohjaan syntyvien konekohtaisten merkintöjen tunnistamiseen. Syvävetokoneen merkintä on kohokuvioitu kirjaimen ja numeron yhdistelmä, sisälakkakoneen yksilöivänä merkinä käytetään erivärisiä mustepisteitä. Kuvan 2 merkintöjen perusteella voidaan havaita kuvatus tölkin kulkeneen ”N8” syvävetokoneen ja magentan värisellä musteella merkitsevän sisälakkakoneen läpi.

Kuva 2. Valmistuksen aikana juomatölkin pohjaan syntyvät merkinnät.



Merkinnät tunnistetaan tilaajayrityksen ennalta määrittelemän konenäköjärjestelmän avulla. Konenäköjärjestelmällä voidaan tunnistaa peräkkäin kulkevia tölkkejä yksitellen viisi kappaletta sekunnissa, joten tunnistusta varten on suunniteltava purkukuljettimeen yhdistettävä yhden tölkin levyinen lajittelukuljetin. Lavalta työntämällä purkukuljettimelle puretut tölkit ovat pystyasennossa, joten on suunniteltava mekanismi tölkkien ylösalaisin kääntämiseksi.

Konenäön järjestelmille tulee suunnitella telineet, joissa kameroiden linssit ovat kohtisuoraan kääntömekanismista purkautuvien tölkkien yläpuolella. Kameran asennustelineettä pitää olla mahdollista säätää korkeussuunnassa, lisäksi asennustelineeseen vaaditaan kameroiden säädöistä erillinen valaisinten säätömekanismi.

3.4 Tölkin hylkäys ja syöttö tuotannon kuljettimelle

Hylättävien tölkkien poisto kuljettimelta tapahtuu konenäön kameroilta lähtevän signaalin ohjaamana. Jotta hylkäys tapahtuu luotettavasti ja oikeaan aikaan, täytyy kuljettimella kulkevien tölkkien hylkäysjärjestelmän syklinopeuden vastata kuljettimen läpimenokapasiteettia (tölkkiä/sekunti). Toisin sanoen voidaan katsoa kuljettimelta vaaditun käytännöllisen huippunopeuden olevan riippuvainen joko hylkäys- tai konenäköjärjestelmän huippunopeudesta. Tavoitteelliseksi läpimenokapasiteetiksi asetettiin viisi tölkkiä sekunnissa.

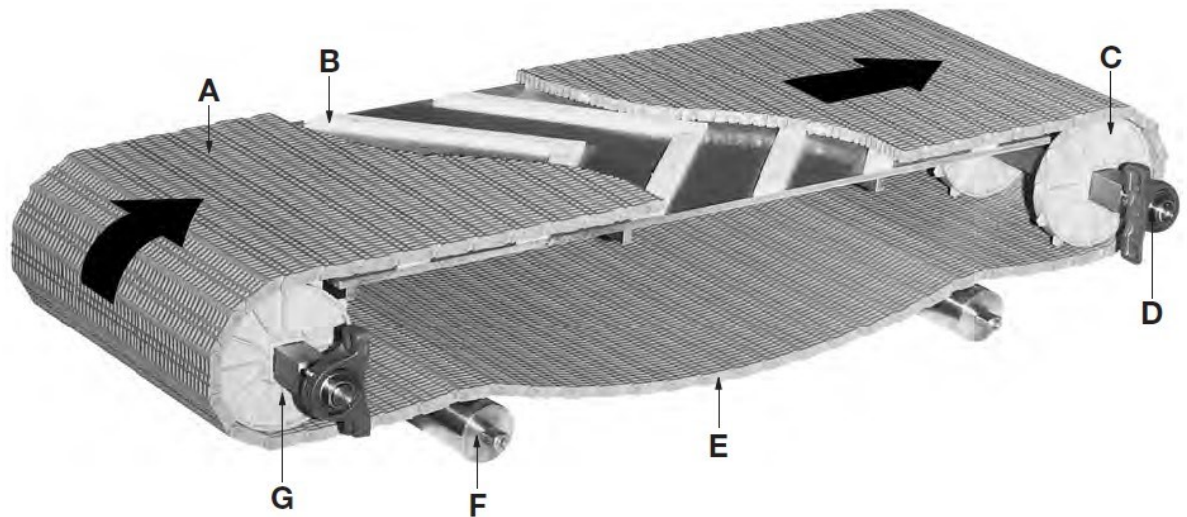
Hylkäysjärjestelmän hylkäämät tölkit on poistettava lajittelukuljettimelta siten, että ne ohjautuvat keräysastiaan vaikuttamatta hylkäämättömien tölkkien kulkuun. Hylätyt tölkit päätyvät paalaimen kautta suoraan kierrätykseen, joten niiden säilymistä ehyenä hylkäysprosessissa ei tarvitse ottaa huomioon.

Varsinaisen lajittelun jälkeen on tölkit käännettävä takaisin pystyasentoon, jonka jälkeen ne tulee ohjata tuotannon kuljettimelle lavoituskoneelle ajoa varten. Tilavarauksen perusteella kuljettimelta vaaditaan vähintään yksi 90°:n kaarre, jotta tölkit saadaan syötettyä tuotannon kuljettimelle sen päädystä.

4 Purkukuljetin

Purkukuljettimen suunnittelussa otettiin huomioon tilaajayrityksessä jo käytössä olevien ja hyväksi havaittujen hihnakuljettimien materiaali- ja laiteominaisuuksia. Kuljettimen rakenne ja komponentit suunniteltiin mahdollisuuksien mukaan vastaamaan tilaajayrityksessä jo olemassa olevaa hihnakuljetinkantaa, jotta sen käyttö ja huoltaminen olisi henkilöstölle mahdollisimman yksinkertaista. Tyypillisimmät hihnakuljettimen komponentit on esitetty kuvassa 3.

Kuva 3. Kuljettimelle tavanomaiset komponentit (Intralox LLC, 2022, s. 433).



A Intralox belt

B carryway (chevron wearstrips)

C drive shaft & sprocket

D shaft bearings

E catenary sag

F returnway rollers

G Idle shaft & sprockets

4.1 Purkukuljettimen hihna

Purkukuljettimen kuljetinhihnamalliksi valittiin alustavasti Intralox LLC:n valmistama 1100-sarjan ruiskuvaletuista asetaalimuovisista ritilämoduuleista koottu tasapintainen kuljetinhihna. Hihna kootaan yhdistämällä moduulit lomittain saranatankojen avulla kuvassa 4 esitetyllä tavalla. Käytettäessä polypropeeni tankoja asetaalimoduulien yhdistämiseen saavutetaan 1040 kg/m hihnalujuus. (Intralox LLC, 2022, ss. 6, 173)

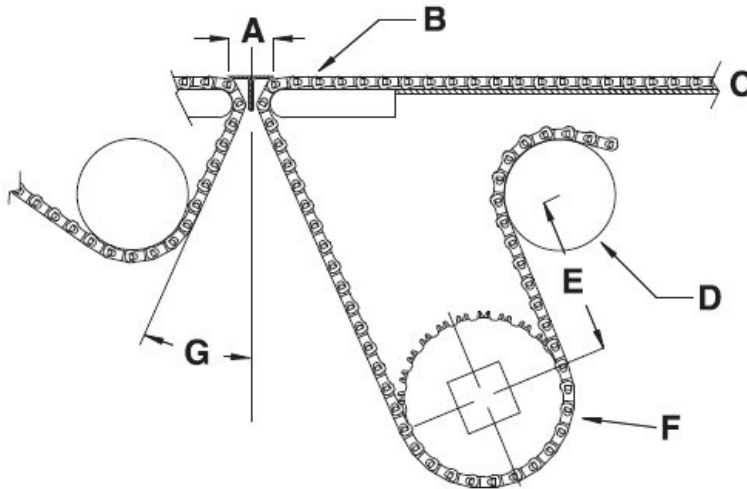
Kuva 4. Saranatangolla yhdistettyjä muovi moduuleja (Intralox LLC, 2022, s. 6).



Purkukuljettimen kuljetinhihnan käytännölliseksi leveydeksi arvioitiin noin viiden tölkin (330 mm) leveys, jotta purkukuljetin runkoineen mahtuu varmasti tuotannon kuljettimen ja turvakaiteiden väliseen tilaan. Sopivaksi pituudeksi määriteltiin noin 4000 mm, jolloin lavanpurkajalta olisi mahdollista ajaa purkukuljettimelle vähintään yksi kerros lavalta kerrallaan.

1100-sarjan tasapintainen kuljetinhihna valmistetaan tilauksesta, alkaen 76 mm:n levyisenä ja siitä ylöspäin aina 12,7 mm:n välein. Purkukuljettimen kuljetinhihnan leveydeksi valittiin 368,1 mm, jotta kuljetinhihnan reunoille jää riittävästi ylimääräistä tilaa rungon laitojen tasalle asennettaville sivutuille. Kyseinen kuljetinhihnamalli mahdollistaa myös halkaisijaltaan > 22,3 mm nokkatangon käyttämisen kuljettimen päädyssä, jonka yleinen rakenne on esitetty kuvassa 5. Nokkatanko rakennetta hyödyntämällä voitiin purku- ja lajittelukuljettimien väliin asennettava siirtolevy suunnitella kapeammaksi kuin tölkin pohjan halkaisija, jotta kuljettimelta viimeisenä purkautuvat tölkit eivät pysähdy sen päälle. (Intralox LLC, 2022, ss. 173, 448)

Kuva 5. Yleinen nokkatankoa hyödyntävän kuljettimen rakenne $\geq 15,2$ mm jaolla oleville kuljetinhihnoille (Intralox LLC, 2022, s. 448).



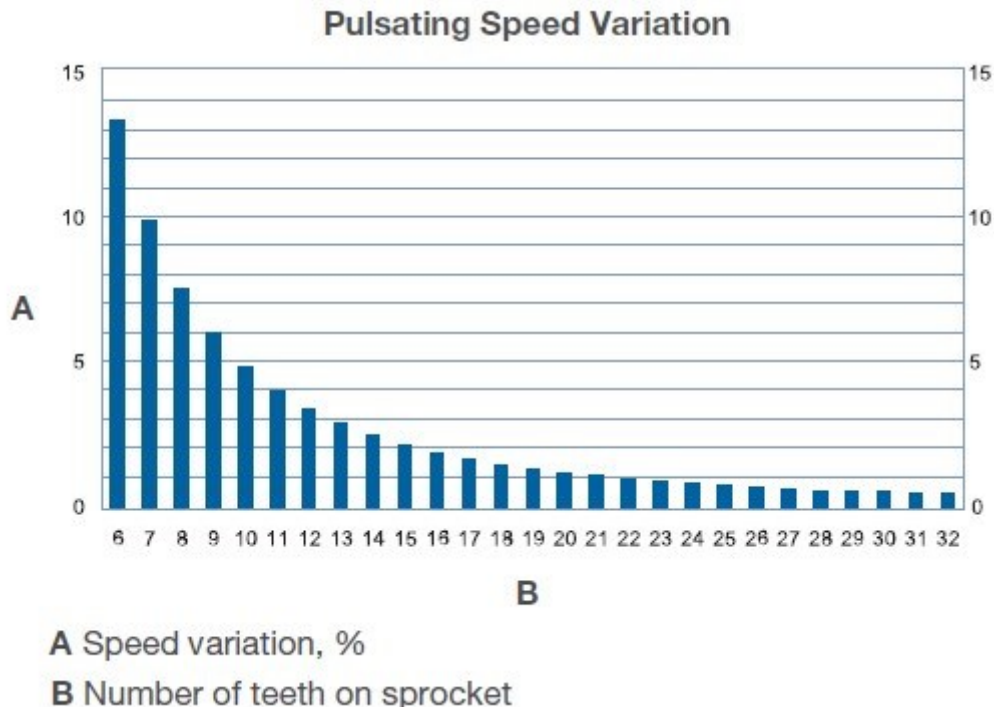
- A - 1 in (25.4 mm) dead plate
- B - 0.875 in (22.2 mm) minimum diameter nosebar or roller
- C - Use side wearstrip for tracking
- D - 3 in (76 mm) minimum diameter suggested
- E - 4 in (102 mm) minimum
- F - Drive sprocket
- G - Typically 20 degrees to 25 degrees. This angle is used to reduce wear on the rods and rod holes. Increasing this angle could increase wear on the rods and rod holes

1100-sarjan kuljetinhihnan soveltuvuuden varmistamiseksi hyödynnettiin Intraloxin suunnitteluohjeen osana olevan kuljetinhihnan valintaohjetta. Valintaohjeen mukaisesti laskettiin seuraavat arvot luetellussa järjestyksessä; kuljetinhihnan kuormituksesta aiheutuva veto, korjattu kuljetinhihnan kuormituksesta aiheutuva veto, sallittu kuljetinhihnan veto ja lopuksi sallitun ja kuormituksesta aiheutuvan vedon vertailu (liite 1). (Intralox LLC, 2022, ss. 18, 24, 173) Laskennassa oletettiin kuljetinhihnan ja rungon välisten liukupintojen olevan valmistettu UHMWPE-muovista, hihnanopeudeksi valittiin 4 m/min. Laskentaa varten kuljettimelle pakkautuneiden tölkkien määräksi asetettiin 100 %. Täysi pakkautuneisuus on käytännössä harvinainen, mutta mahdollinen, esimerkiksi kuljettimen purkautumisen estyessä täysin. Laskujen lopputuloksen perusteella oli valittu kuljetinhihnamalli käyttötarkoitukseen soveltuva, laskennallisen kuormituksen ollessa alle 1 %:a sallitusta.

4.2 Kuljetinhihnan hammaspyörien ja akselien mitoitus

Kuljetinhihnan hammaspyöriä määriteltäessä on valittava käyttötarkoitukseen soveltuva materiaali, hammaslukumäärä ja keskireiän muoto. Useimmissa yleiskäyttöisissä hihnakuljettimissa hammaspyörien materiaalina käytetään väsymistä ja kulumista hyvin kestävää asetaalimuovia. Hammaspyörän hampaiden lukumäärällä on huomattavan suuri vaikutus kuljetinhihnan nopeuden vaihteluun (taulukko 2). Erityisesti kaatumisherkkien kappaleiden kuljettimissa on suositeltavaa käyttää niin moni hampaista hammaspyörää kuin on saatavilla. Käytettäessä neliönmuotoisella keskireiällä olevia hammaspyöriä ei akseliin tarvitse koneistaa kiilauria, riittää että sopivan mittaisen neliötangon laakeripinnat sorvataan vaadittuun halkaisijaan. Lisäksi lukittaessa paikoilleen vain keskimäinen hammaspyörä, mahdollistaa neliönmuotoinen keskireikä vapaiden hammaspyörien liikkeen akselilla lämpölaajenemisen aikana. (Intralox LLC, 2022, ss. 7–10)

Taulukko 2. Hammaspyörän hampaiden lukumäärän vaikutus kuljetinhihnan nopeuden vaihteluun (Intralox LLC, 2022, s. 10).



Purkukuljettimen veto- ja päätehammaspyöräksi valittiin 32 hampainen, asetaalista ruiskuvalamalla valmistettu, 40 mm neliön muotoisella keskireiällä oleva hammaspyörämalli. Jakohalkaisijaksi määräytyi hammaslukumäärän ja saatavuuden perusteella 155 mm. Hammaspyörien akselikohtainen lukumäärä määräytyi kuljetinhihnan valmistajan suositusten mukaisesti. Taulukosta 3 voidaan havaita, että 368,1 mm leveän hihnan kanssa on kummallakin akselilla käytettävä vähintään viittä hammaspyörää. (Intralox LLC, 2022, ss. 183–184)

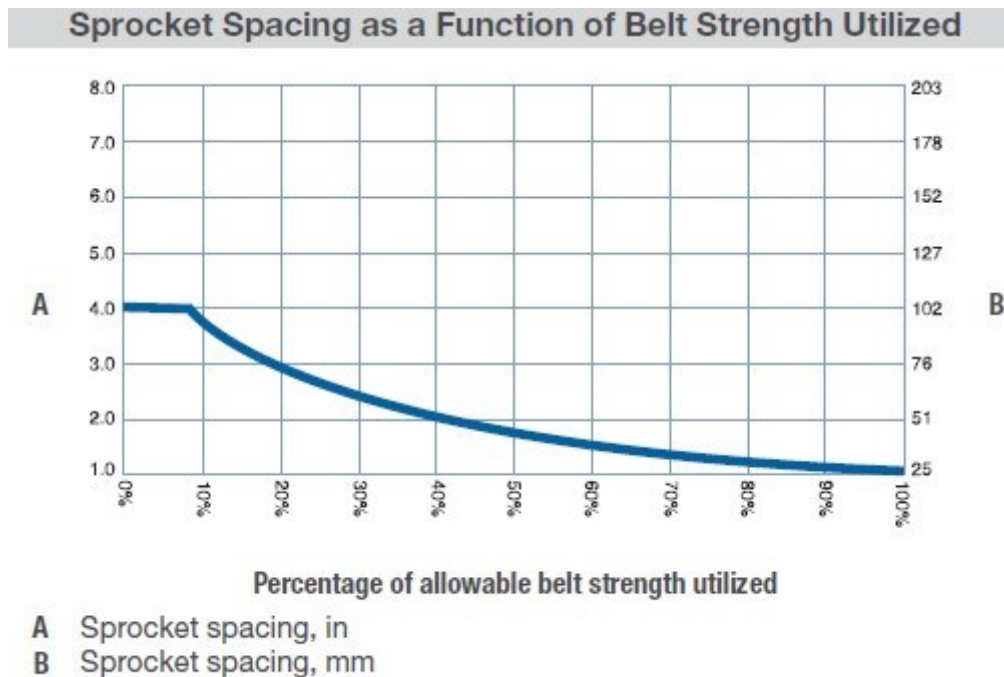
Taulukko 3. Hammaspyörien ja liikutukien ohjeelliset lukumäärät (Intralox LLC, 2022, s. 183).

Sprocket and Support Quantity Reference ¹				
Belt Width Range ²		Minimum Number of Sprockets Per Shaft ³	Wearstrips	
in	mm		Carryway	Returnway ⁴
3	76	1	2	2
4	102	1	2	2
6	152	2	2	2
7	178	2	3	2
8	203	2	3	2
10	254	3	3	2
12	305	3	3	2
14	356	5	4	3
15	381	5	4	3
16	406	5	4	3
18	457	5	4	3
20	508	5	5	3
24	610	7	5	3
30	762	9	6	4
32	813	9	7	4
36	914	9	7	4
42	1067	11	8	5
48	1219	13	9	5
54	1372	15	10	6
60	1524	15	11	6
72	1829	19	13	7
84	2134	21	15	8
96	2438	25	17	9
120	3048	31	21	11
144	3658	37	25	13
For other widths, use an odd number of sprockets at maximum 4 in (102 mm) centerline spacing. ⁵			Maximum 6 in (152 mm) centerline spacing	Maximum 12 in (305 mm) centerline spacing

Sallittu hammaspyörien keskinäinen etäisyys akselilla toisiinsa nähden on riippuvainen kuljetinhihnan suurimman sallitun vedon ja todellisen vedon suhteesta. Keskimmäisen hammaspyörän ollessa lukittu akselikauluksella 6,35 mm:n etäisyydelle (Intralox LLC, 2022, s. 420) 368,1 mm leveän kuljetinhihnan keskiakselista, saadaan viittä hammaspyörää käyttämällä hammaspyörien keskinäiseksi etäisyydeksi noin 90 mm. Kuvassa 6 esitetyn kaavion mukaisesti voidaan arvioida edellä mainitulla tavalla aseteltujen hammaspyörien sallivan kuljetinhihnaa kuormitettavan 10 %:lla suurimmasta sallitusta kuormasta. (Intralox

LLC, 2022, s. 183) Luvussa 4.1 lasketun kuljetinhihnan kuormituksen perusteella voitiin todeta hammaspyörien ohjeellisen lukumäärän olevan riittävä.

Kuva 6. Hammaspyörien keskinäisen etäisyyden vaikutus kuljetinhihnan sallittuun kuormitukseen (Intralox LLC, 2022, s. 183).



Veto- ja pääteakselin halkaisijan ollessa hammaspyörien keskireiän mukaisesti 40 mm neliö jäivät teräksestä valmistettavan akselin laskennallinen taipuma ja vääntö hyvin alhaisiksi (liite 2). Laakeripintojen halkaisijan miniarvoksi määräytyi 25,4 mm, joten laakeripintojen halkaisijaksi valittiin 30 mm (Intralox LLC, 2022, ss. 457, 467) Pääteakseli voidaan näin ollen valmistaa sorvaamalla 40 mm neliötangosta pelkät laakeripinnat oikeaan mittaan, vetoakselin vaatiessa lisäksi kiilauran ja akselin pätyyn sisäkierteen koneistamisen alennusvaihteen holkkiakseliin (sisähalkaisija 30 mm) kytkemistä varten.

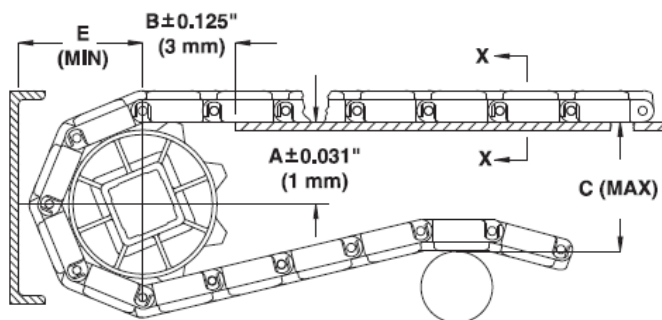
Liitteessä 3 laskettujen laakereihin kohdistuvien säteittäissuuntaisten voimien, vetoakselin halkaisijan ja yleisen saatavuuden perusteella valittiin akseleiden laakereiksi ovaalin muotoiset FYTB 30 TF laakeriyksiköt. Hyödyntämällä laakeriyksiköitä ei kuljettimen runkoon tarvinnut suunnitella erikseen koneistettavia laakeripesiä (AB SKF, n.d.), joten sen runkorakenne voitiin suunnitella yksinkertaisemmaksi valmistaa.

4.3 Purkukuljettimen runko

Purkukuljettimen rungoksi suunniteltiin 3 mm EN 1.4301 teräslevystä laserleikkaamalla/taivuttamalla valmistettavista laidoista ja poikittaistuista hitsaamalla koottava rakenne. Kuljettimen asentamisen helpottamiseksi ja pituudensäädön/asennusvaran mahdollistamiseksi suunniteltiin veto- ja pääteakselin rungot erillisiksi, toisiinsa pulttiliitoksilla ja reikälevyillä kiinnitettäväksi kokoonpanoiksi. Purkukuljettimen kiinnittäminen lajittelukuljettimeen toteutettiin vetoakselin rungon päätyyn sijoitettavan poikittaistuen ja lajittelukuljettimen laidan välisellä pulttiliitoksella. Vastaavaa ratkaisua hyödynnettiin pääteakselin rungon päätyyn kuljettimen yläpuolelle asennettavan suojan kiinnityksessä. Purku- ja lajittelukuljettimen välisen siirtolevyn kiinnitys toteutettiin purkukuljettimen rungon laitoihin kiinnitettävillä korkeus- ja kallistussäädettävillä laipoilla.

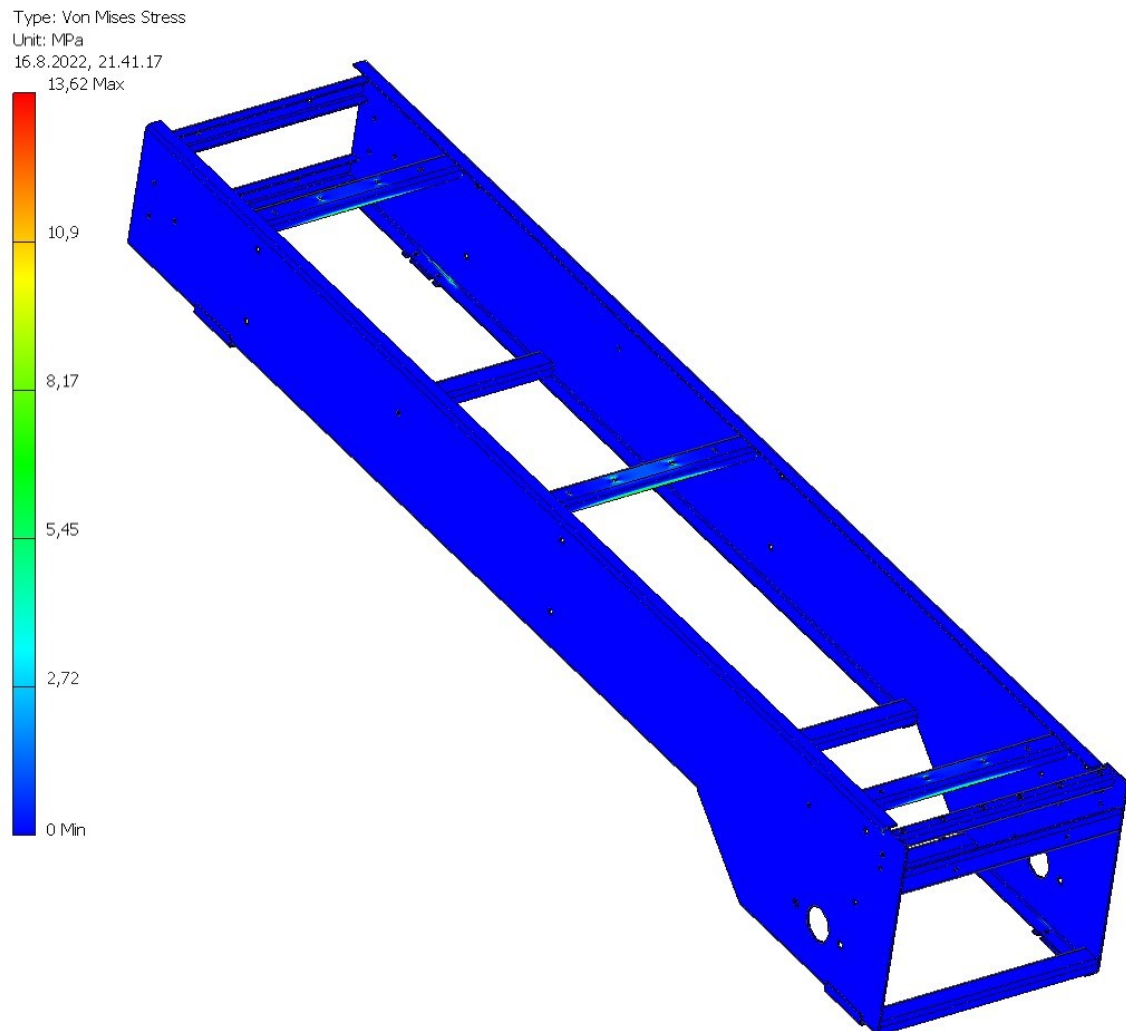
Kuljettimen rungolle on kuljetinhihnan valmistaja määritellyt tietyt mittavaatimuksia akseleiden ja liukupintojen sijainnille. Purkukuljettimen hihnaksi valitulle S1100 hihnalle on 155 mm hammaspyöriä käytettäessä määritelty kuvan 7 mukaisista mitoista "A" = 72 mm, "B" = 57 mm, "C" = 157 mm ja "E" = 85 mm. Hihnamallista riippumatta tulee kuljettimen rungon liukupintojen laidan ja hihnan reunan väliin jäädä 6,4 mm välystä. (Intralox LLC, 2022, ss. 188, 434) Edellä mainittuja mittoja voitiin hyödyntää päätehammaspyörien puoleisessa rungossa. Purkukuljettimeen suunniteltu nokkatankorakenne vaati kuitenkin vetopyörien puoleisen rungon mitoituksen luvun 4.1 kuvassa 5 esitettyjen mittojen mukaisesti.

Kuva 7. Rungon perus mittavaatimukset, kuvasta rajattu pois hihnan reunojen välyksen kuvitus (Intralox LLC, 2022, s. 434).



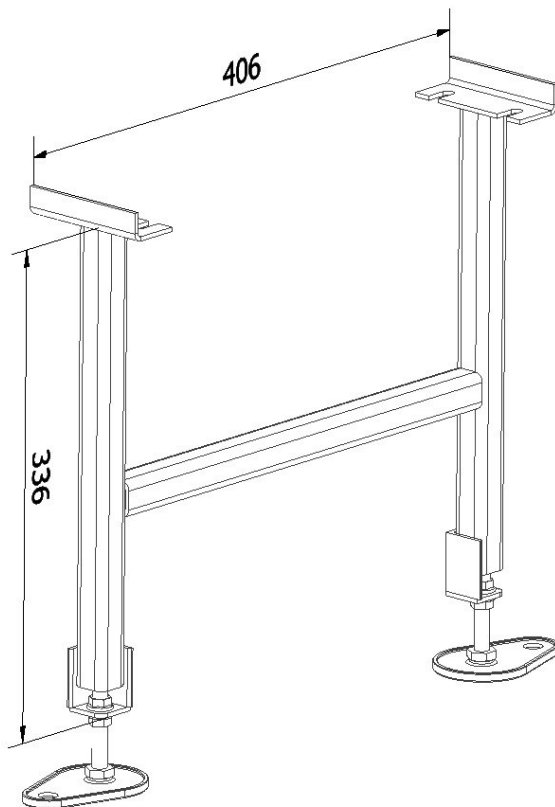
Rungot pystytetään laitalevyjen alareunaan taivutettuun laippaan pulttiliitoksin kiinnitettävien jalkojen päälle. Jalkojen hitsaamalla koottava H-mallinen perusrakenne suunniteltiin 25x25x3 mm EN 1.4301 neliöputkesta. Jalkojen ja rungon välistä pulttiliitosta varten oli tarpeen suunnitella neliöputkien päälle hitsattavat laipat. Jalkojen sijoittaminen purkukuljettimen puolikkaiden kumpaankin päättyyn osoittautui FEM-analyysin perusteella riittäväksi, rungon suurimman jännityksen ollessa alle 14 MPa (kuva 8). Jalkojen rakenteisiin kohdistui vastaavalla kuormalla alle 70:n MPa:n jännityksiä.

Kuva 8. Vetopuolen rungon FEM-analyysin tulos. FEM-analyysiin voimat asetettu kokoonpannun ja täyden kuljettimen kuormien mukaisesti varmuuskertoimella kaksi.



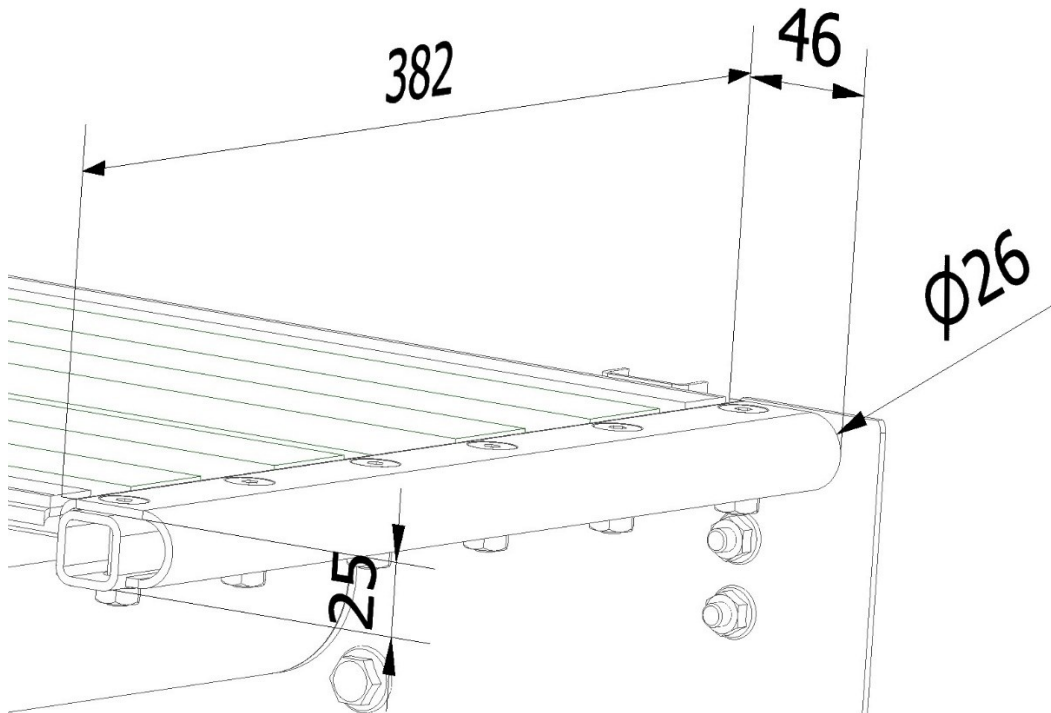
Korkeudensäätöä varten valittiin neliöputkien alaosaan kiinnitettäväksi Ganter Norm:in kumipäällysteiset pisaranmuotoiset GN 43-60-M10-100-D1-SK säätöjalat. Yksittäisen säätöjalan kantavuudeksi valmistajan ilmoittama 10 kN (Otto Ganter GmbH & Co. KG, n.d.a, s. 2144) katsottiin käyttötarkoitukseen riittäväksi. Jotta säätöjalan muttereihin perustuvaa säätömekanismia voitiin hyödyntää, suunniteltiin neliöputkien alaosaan kulmaraudasta ja levystä hitsaamalla koottava säätöjalan kiinnike. Jalkojen rakenne esitetty kuvassa 9.

Kuva 9. Kuljettimen rungon jalkojen rakenne ja päämitat.



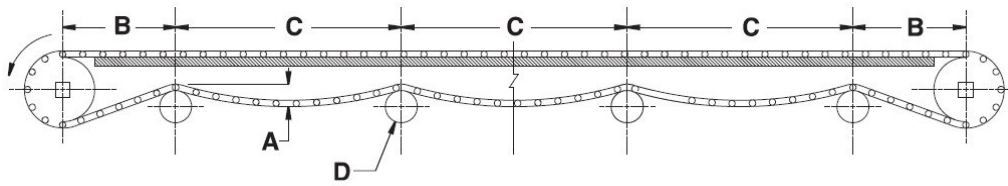
Nokkatanko toteutettiin pyörivän tangon sijasta EN 1.4301 teräksestä taivuttamalla valmistettavasta levystä. Nokkalevy kiinnitetään uppokanta ruuveilla runkoon hitsattavaan, neliöputkesta ja hitsausmuttereista valmistettavaan palkkiin. Palkkiin ruuvein kiinnitettävä nokkalevy on tilaajaryityksen kuljettimissa yleinen rakenne, joka on osoittautunut käytännössä toimintavarmaksi ja huoltovapaaksi ratkaisuksi. Purkukuljettimeen suunniteltu nokkalevyrakenne esitelty kuvassa 10.

Kuva 10. Nokkalevyn päämitat ja rakenne, 3D-mallista poistettu osia kuvan selkeyttämiseksi.



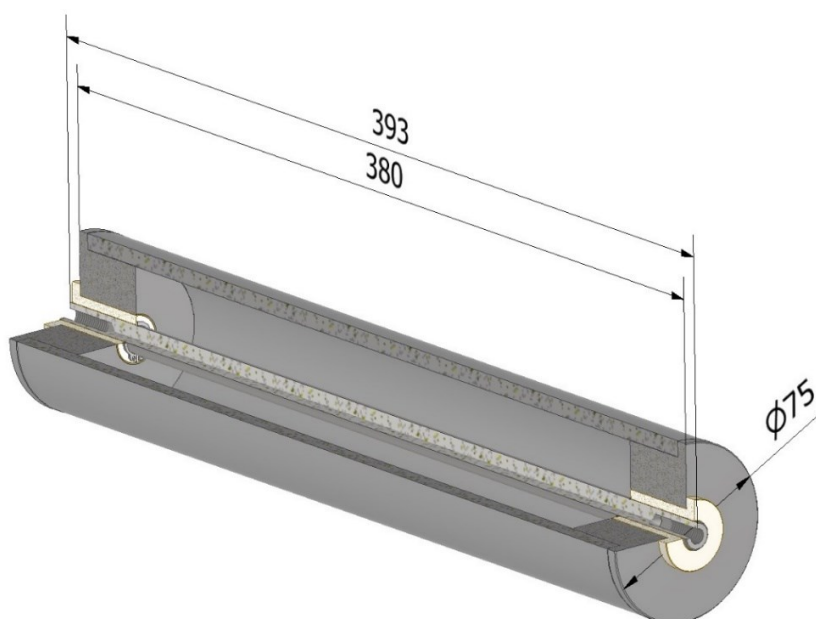
Kuljetinhihnan paluutie toteutettiin valmistajan suosittelemana, kuljettimen rungon laitoihin asennettavia paluurullia hyödyntävänä rakenteena. Paluutien rullien keskinäiseksi etäisyydeksi valmistaja on määritellyt soveltuvat mitat, jotta rullien välissä roikkuvan kuljetinhihnan painon aiheuttama vetojännitys riittää pitämään kuljetinhihnan paikoillaan hammaspyörissä (kuva 11, C-mitta = 914–1219 mm). Pääteakselia edeltävän paluurullan etäisyys (B-mitta) on mitoitettava pääteakselista 229–457 mm:n etäisyydelle siten, että kuljetinhihna kiertyy hammaspyörien ympärille 180–210°. (Intralox LLC, 2022, ss. 439–440) Tilavaruksen ja rungon rakenteen määrittelemänä määräytyi purkukuljettimen paluurullien C-mitaksi 1080 mm, B-mitaksi muodostui annettujen raja-arvojen sisään menevä 400 mm.

Kuva 11. Keskipitkien ja pitkien kuljettimien mitoitus (Intralox, 2022, s. 440).



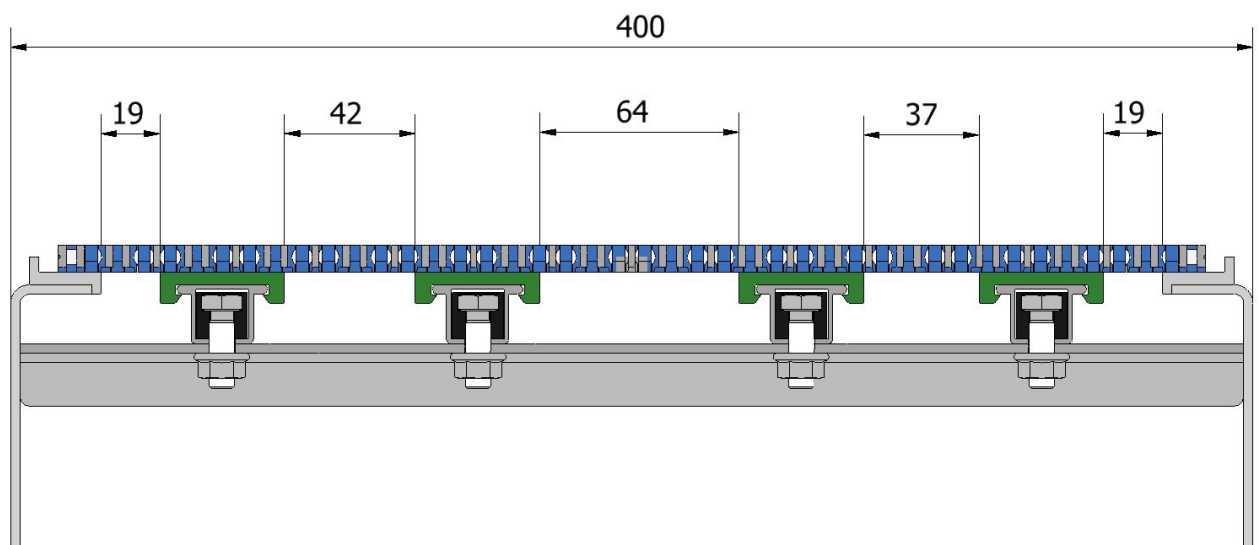
Vetoakselin jälkeisen paluurullan sijainti ja halkaisija on määritelty luvun 4.1 kuvassa 5. Valitulle hihnamallille vaaditun paluurullan minimi halkaisijan ollessa 51 mm (Intralox LLC, 2022, s. 440), voitiin suunnitella halkaisijaltaan 75 mm oleva paluurulla, joka soveltuu sijoitettavaksi minkä tahansa paluurullan paikalle. Paluurullan runkomateriaaliksi valittiin yleisesti saatavilla olevaa 75 mm polypropeeniputkea. Putken pätyihin suunniteltiin polypropeenista koneistettavat tulpat, joiden keskelle porataan reiät UHMWPE-liukulaakerille. Akseliksi valittiin 12 mm EN 1.4301 pyörötanko, jonka kumpikin pääty kierteitään sisäpuoleisella M8 kierteellä kuljetinrunkoon kiinnittämistä varten. Akselille mitoitettiin paikat kahdelle lukkorengaalle, jotka pitävät rullan paikoillaan akselilla. Muoviosat mitoitettiin keskenään ahdistusovitteellisiksi, jotta paluurulla voidaan kokoonpanna helposti sijoittamalla akseli rullan rungon sisään ja puristamalla päätytulpat laakereineen runkoon kiinni. Paluurullan rakenne ja päämitat esitetty kuvassa 12.

Kuva 12. Paluurullan päämitat, leikkauskuva 3D-mallista.



Kuljetinhihnan ja rungon väliin asennettavien liukulistojen materiaaliksi valittiin luvun 4.1 laskelmien perustella UHMWPE-muovi. Pituussuunnassa tuettujen liukulistojen vähimmäismääräksi valitulle kuljetinhihnalle on valmistaja määritellyt neljä kappaletta, joiden suurin sallittu keskinäinen etäisyys on 152 mm (Intralox LLC, 2022, s. 465). Rungon ja hammaspyörien mitoitus mahdollisti kuuden liukulistan hyödyntämisen. Valmistajan suosituksen mukaisesti valittiin laitalevyihin kiinnitettäväksi kuljetinhihnaa myös reunasta tukevat liukulistat. Rungon ylempien poikittaistukien päälle asennettaviksi liukulistoiksi valittiin teräsprofiliin esiasennettuna toimitettavat (Regal Rexnord Corporation, n.d., s. 50580B) System Plast VG-SP330CM-G-20 liukulistat, joiden sijoittelu on havainnollistettu kuvassa 13.

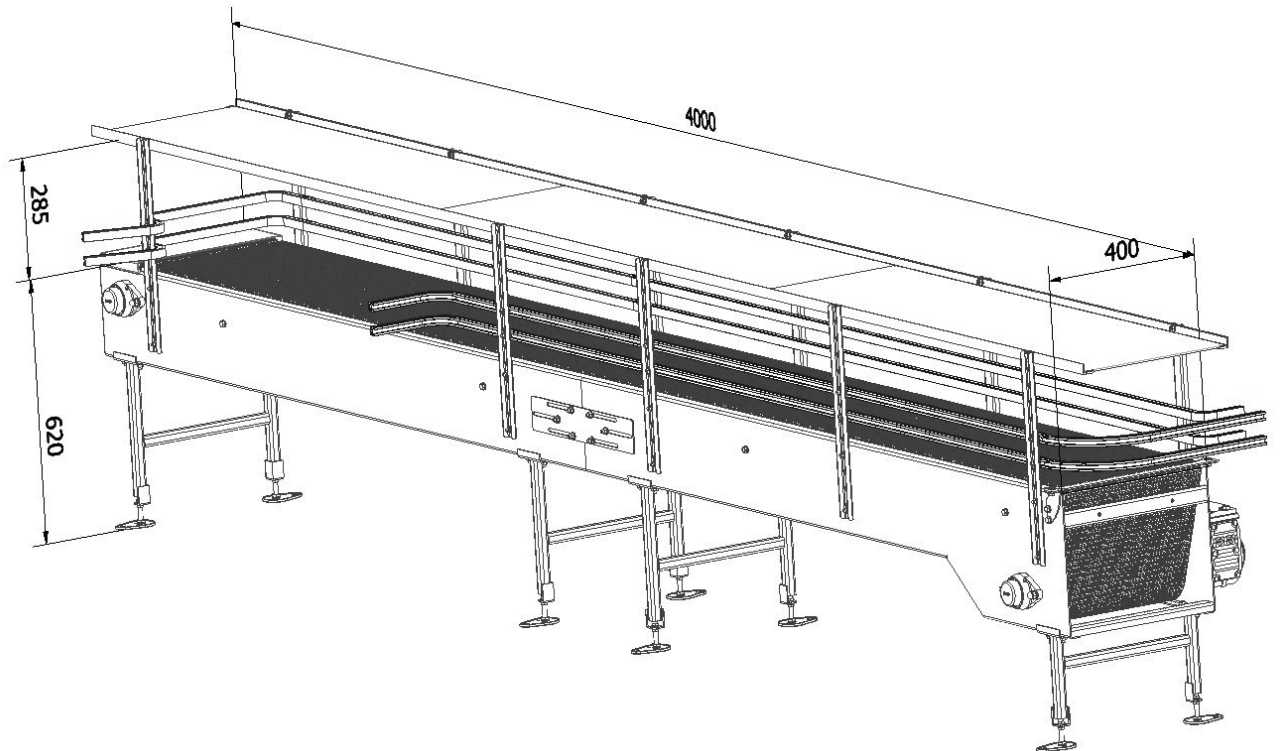
Kuva 13. Kuljetinhihnan alapuoleisten liukulistojen sijoittelu, leikkauskuva 3D-mallista.



Liukulistojen pituus määriteltiin siten, että vetopäässä jokaisen liukulistan pääty on vastakkain nokkalevyn laipan kanssa. Päätehammaspyörien päässä poikittaistukien päällisten liukulistojen pääty mitoitettiin 12,7 mm:n etäisyydelle pääteakselin keskiakselista. Mitoittamalla liukulistojen pääty osittain hammaspyörien väliin, ehkäistään kuljetinhihnan roikkumista ja vääntymistä (Intralox LLC, 2022, s. 438). Laitalevyjen liukulistojen etäisyys pääteakselista määräytyi tässä luvussa aiemmin esitetyn kuvan 7 B-mitan mukaisesti.

Kuljettimella liikkuvia tölkejä sivusuunnasta tukemaan valittiin System Plastin VG-A600A alumiiniprofiiliin asennettava VG-P813F UHMWPE-liukulista. Sivutuet kiinnitetään laitoihin pulttiliitoksin asennettaviin EN 1.4301 teräksestä valmistettaviin U-profiileihin. Sivutukien liukulista- ja U-profiilit mitoitettiin siten, että lavanpurkajalta purettavat tölkit ohjautuvat purkukuljettimelle kuljettimen sivusta. Sivutukien kiinnityksessä käytettäviä U-profiileita hyödynnettiin myös purkukuljettimen katteen rakenteessa. Kate koostuu U-profiileiden yläpään kuljettimen laitojen suuntaisesti pulttiliitoksin kiinnitettävien 25x25x3 mm EN 1.4301 L-profiilien päälle asetettavista 1370x390x4 mm polykarbonaatti levyistä. Katteen ja sivutukien rakenne ja sijoittelu esitetty kuvassa 14.

Kuva 14. Purkukuljettimen päämitat.



5 Lajittelukuljetin

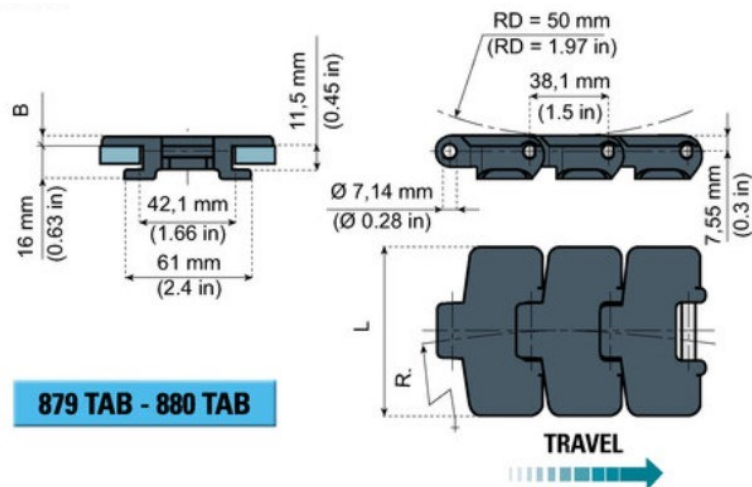
Lajittelukuljettimen suunnittelussa huomioitiin luvun neljä mukaisten tekijöiden lisäksi ketjukuljettimissa yleisesti käytettävien voiteluaineiden ja menetelmien soveltumattomuus suoraan lavoitukseen ajettavien tölkkien kuljettimessa. Lajittelukuljettimen runkoa suunniteltaessa oli otettava huomioon tilavarauksen asettamien rajoitteiden lisäksi siihen asennettavat oheislaitteet.

5.1 Lajittelukuljettimen ketju

Lajittelukuljettimen leveys määräytyi konenäön tunnistuskapasiteetin takia noin yhden tölkin levyiseksi. Lisäksi oli otettava huomioon olemassa olevien kuljettimien sijainnin aiheuttama 90°:n kaarre, joka vaatii sivuttaissuunnassa joustavan kuljetinketjun. Jotta yhden tölkin levyisellä kuljettimella saavutettaisiin tavoiteltu viisi tölkkiä/sekunnissa läpimenoaika, oli tarpeen valita vähintään 20 m/s nopeuteen soveltuva kuljetinketju.

Lajittelukuljettimeen valittiin valmistajan omasta ”New Generation Evo” muovista muotoon ruiskuvaletuista 82,5 mm leveistä linkeistä kokoonpantava Regal Rexnordin omistaman System Plast brändin 880 TAB-sarjan kuljetinketju (kuva 15). Kyseisellä kuljetinketjulla voitiin toteuttaa 90°:n kaarre vähintään 500 mm säteellä lajiteltujen tölkkien palauttamiseksi tuotannon kuljettimelle. Valmistajan kuljetinketjulle ilmoittama suurin suositeltu 12 metrin pituus ja 50 m/min huippunopeus voitelemattomana täytti niin tilavarauksen kuin läpimenoajankin asettamat vaatimukset. (Regal Rexnord Corporation, n.d., ss. 11230A, 72117A)

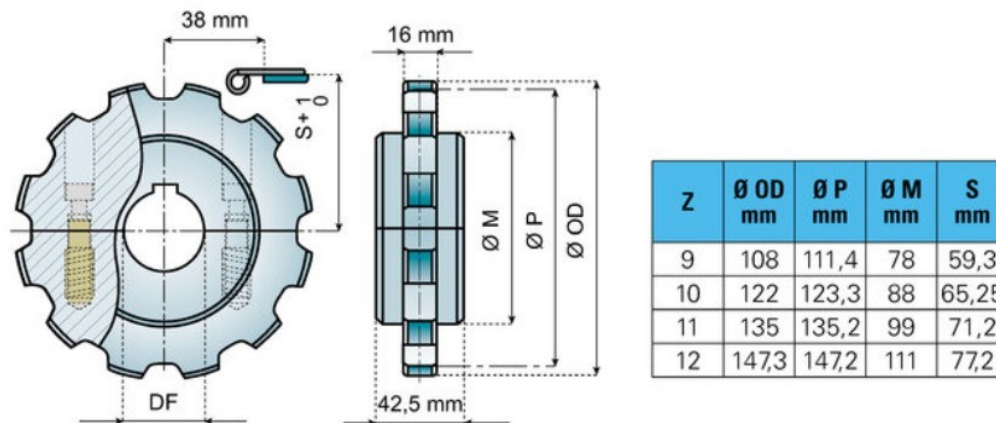
Kuva 15. 880-TAB kuljetinketjun nimellismitat, kuvakaappaus System Plast Smart Guide katalogista (Regal Rexnord Corporation, n.d., s. 11230A).



5.2 Kuljetinketjun hammaspyörien ja akselien mitoitus

Kuljetinketjun veto- ja pääteakselille valittiin jakohalkaisijaltaan 147,2 mm oleva 30 mm keskireikäinen 12 hampainen polyamidista koneistettu ja halkaistu System Plastin 880-12R30M-DMS hammaspyörä (kuva 16). Halkaistu kaksiosainen kiilaurallinen rakenne mahdollistaa hammaspyörän asennuksen poistamatta akselia kuljettimen rungosta, eikä hammaspyörää tarvitse lukita akselille erillisellä akselikauluksella, jolloin hammaspyörän vaihtaminen on nopeaa ja helppoa. (Regal Rexnord Corporation, n.d., s. 11260A)

Kuva 16. 880-sarjan hammaspyörien mitat, kuvakaappaus System Plast Smart Guide katalogista. (Regal Rexnord Corporation, n.d., s. 11260A).



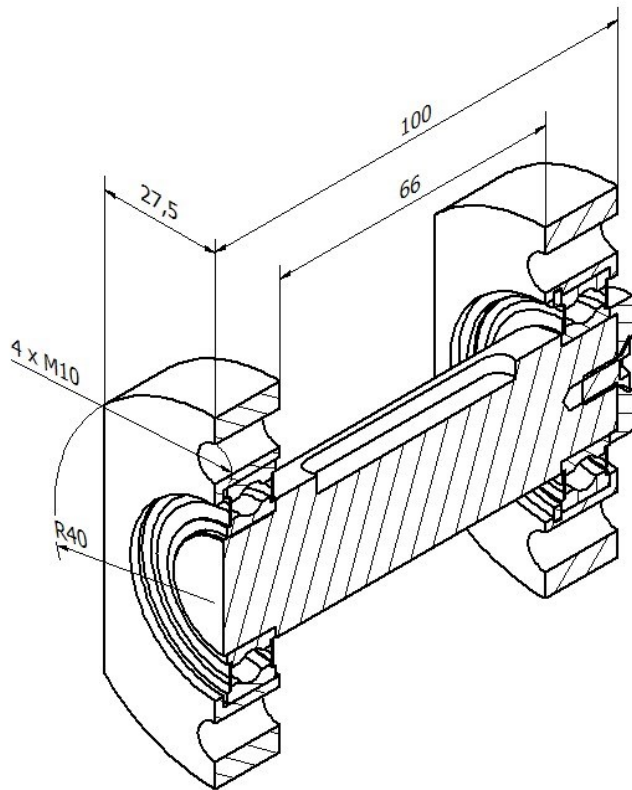
Kuljetinketjun soveltavuuden laskemisessa käytettiin Regal Rexnordin System Plast Spec laskentaohjelmistoa. Laskentaohjelmiston tuloksista (liite 4) voitiin havaita purkukuljettimen ja tuotannonkuljettimen väliselle matkalle mitoitetun kuljetinketjun hammaspyörien ja ketjun valinnan olleen onnistunut (liite 4, sivu 2). Suurimmaksi teoreettiseksi kuljetinketjuun kohdistuvaksi voimaksi saatiin 13,57 N, joten voitiin todeta kuljetinketjusta aiheutuvien voimien olevan käytännössä merkityksettömiä akseleiden ja laakeroinnin mitoituksessa.

Akseleiden halkaisijaksi määräytyi hammaspyörän keskireiän mukainen 30 mm, joten vetoakselin laakeroinnissa voitiin hyödyntää raskaammin kuormittuvaan purkukuljettimeen mitoitetuja kuljettimen rungon ulkopuolelle asennettavia FYTB 30 TF laakeriyksiköitä. Lajittelu- ja purkukuljettimen sovittaminen tilavarauksen asettamien rajojen sisään teki kuljetinrungon ulkopuoleisten laakeriyksiköiden käyttämisen pääteakselilla mahdolliseksi. Vakiokokoisia laakeriyksiköitä ei voitu myöskään sijoittaa lajittelukuljettimen rungon sisäpuolelle sen kapeudesta johtuen, joten jouduttiin suunnittelemaan rungon sisäpuolelle pultein kiinnitettävät matalaprofiiliset laakeripesät. 30 mm akselireiällä olevalle urakuulalaakerille mitoitettu pesä ei olisi mahtunut kuljettimen rungon sisään, joten pääteakselin laakereiksi valittiin 25x47x12 mm 6005 2RSH urakuulalaakerit.

Valitulle laakerille suunniteltiin kuvassa 17 esitetyt 80 mm pyörötangosta koneistettavat M10 pulteilla kiinnitettävät laakeripesät. Akselin laakerointiasetus vaati toisen laakeripesän mitoituksen välykselliseksi, jolloin tämän vastapuoleinen laakeripesä oli

suunniteltava paikoittavaksi. Purkukuljettimen puoleisen paikoittavan laakerin paikoitus laakeripesään toteutettiin laakerin ulkorengasta vasten asennettavalla lukkorengaalla ja pääteakselin laakerin sisärengasta vasten kiristävällä pulttikiinnitteisellä kupilla. (Schaeffler Austria GmbH, n.d.)

Kuva 17. Laakeroidun pääteakselikokoonpanon leikkauskuva.

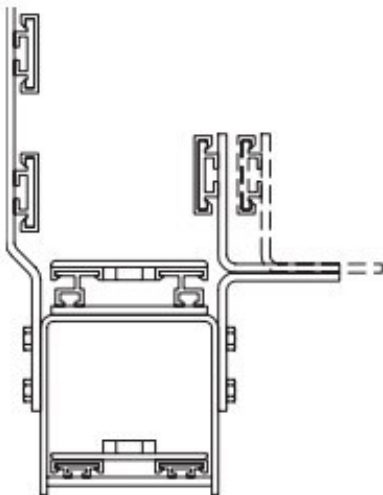


5.3 Lajittelukuljettimen runko

Lajittelukuljettimen pääteakselin, 90°:n kaarteen ja vetoakselin rungot suunniteltiin erillisiksi toisiinsa pulttiliitoksin kiinnitettäviksi kokoonpanoiksi. Tilavarauksen perusteella purkukuljettimeen kiinnitettävän pääteakselin rungon pituudeksi määräytyi 2225 mm. Pääteakselin runkoon kiinnitettävän 90°:n asteen kaarteen keskisäteeksi valittiin kuljetinketjulle pienin sallittu 500 mm. Kaarteen jälkeisen vetoakselin rungon pituudeksi mitoitettiin tilavarauksen ja kuljetinketjun valmistajan suositusten mukaisesti 620 mm, jotta vetohammaspyörän jälkeen roikkuvan ketjun paino riittää pitämään ketjun paikoillaan hammaspyörän hampailla (Regal Rexnord Corporation, n.d., s. 72140B).

Veto- ja pääteakselin runkoihin valittiin luvussa 4.3 esitellyn purkukuljettimen laipallisista laidoista ja poikittaistuista koostuva rakenne. Ketjukuljettimen rungon kapeudesta johtuen katsottiin käytännöllisemmäksi laitoihin sisäpuolelta kiinni hitsattavien poikittaistukien korvaaminen pulttiliitoksin kiinnitettävillä tangoilla. Paluutien ja sivutukien osalta suunniteltiin ketjukuljettimelle tyyppillisen runkomallin mukainen ratkaisu (kuva 18), jossa paluutie on toteutettu liukulistarakennetta hyödyntämällä ja sivutuet ovat runkolevyihin kiinteästi asennettuina. (McGuire, 2010, s. 17) Sivutukien kiinnittämiseen käytettävistä U-profiileista voitiin suunnitella purkukuljettimen vastaavia lyhyemmät, sillä lajittelukuljettimella pohja ylöspäin kulkevien tölkkien yläpuolelle ei ole tarvetta asentaa erillistä katetta.

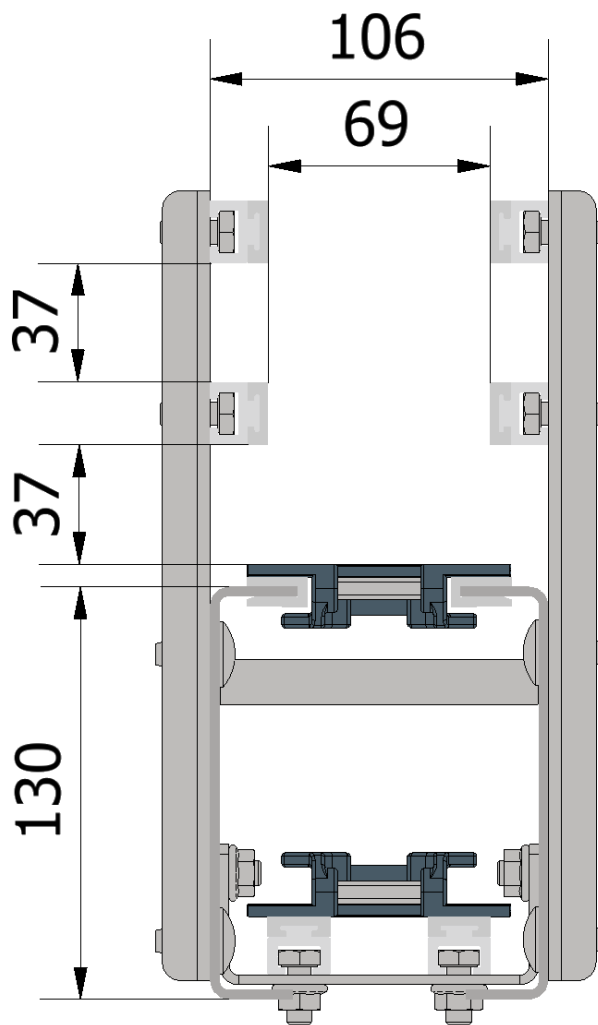
Kuva 18. Esimerkki suljetusta runkomallista UHMWPE-paluutiellä (McGuire, 2010, s. 19).



Pääte- ja vetoakselin sijainti mitoitettiin valmistajan ohjeen mukaisesti pystysuunnassa 77,2 mm kuljettimen rungon laitojen laippojen päälle asennettavien liukulistojen yläpinnasta ja vaakasuunnassa 38 mm etäisyydelle laitojen yläpuoleisten laippojen päädystä. (Regal Rexnord Corporation, n.d., ss. 72130A, 11260A)

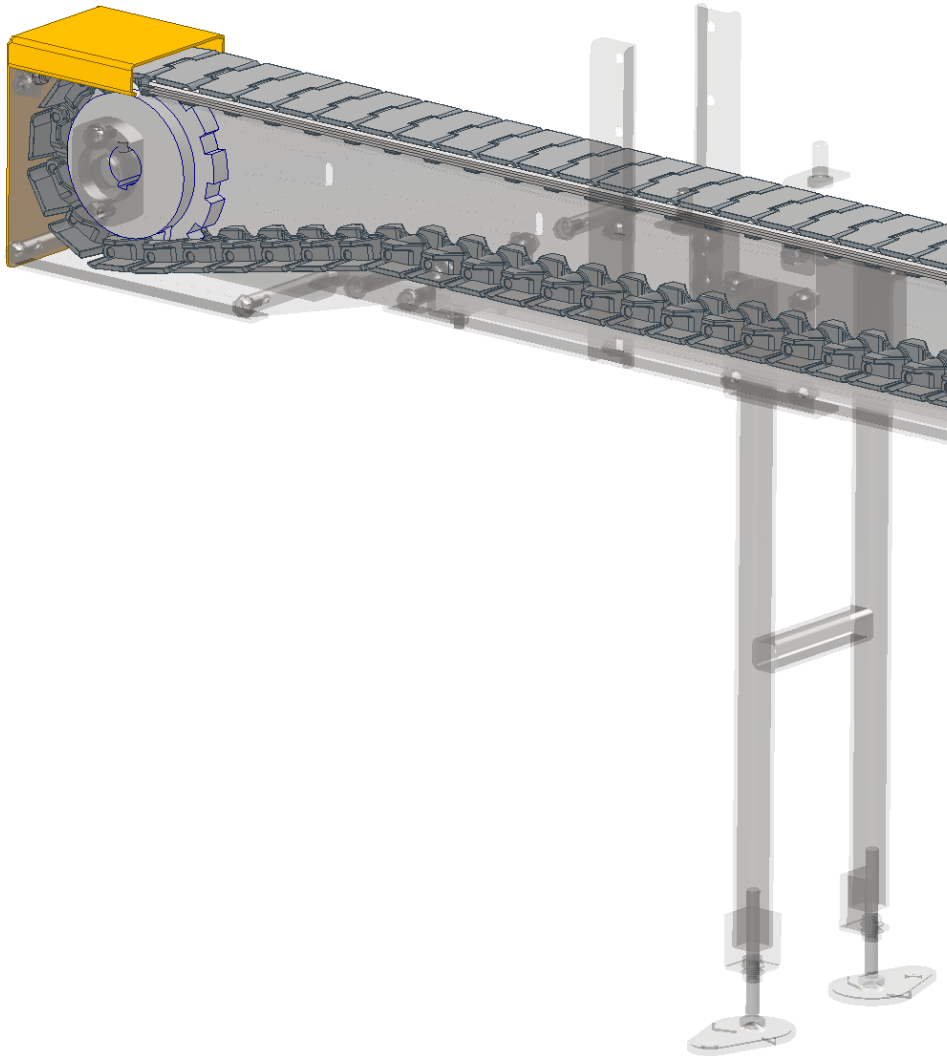
Pääteakselin rungon paluutien liukulistoiksi valittiin kuljettimien sivutuissakin käytetty VG-A600A+VG-P813F liukulista. Liukulistojen kiinnittämiseksi suunniteltiin rungon laitoihin pultein kiinnitettävät teräslevystä taivutettavat kiinnitysraudat, joiden päälle liukulistaprofiili asennetaan. Pääteakselin rungon rakenteen poikkileikkaus esitetty kuvassa 19.

Kuva 19. Päätepään runkorakenne, leikkauskuva 3D-mallista.



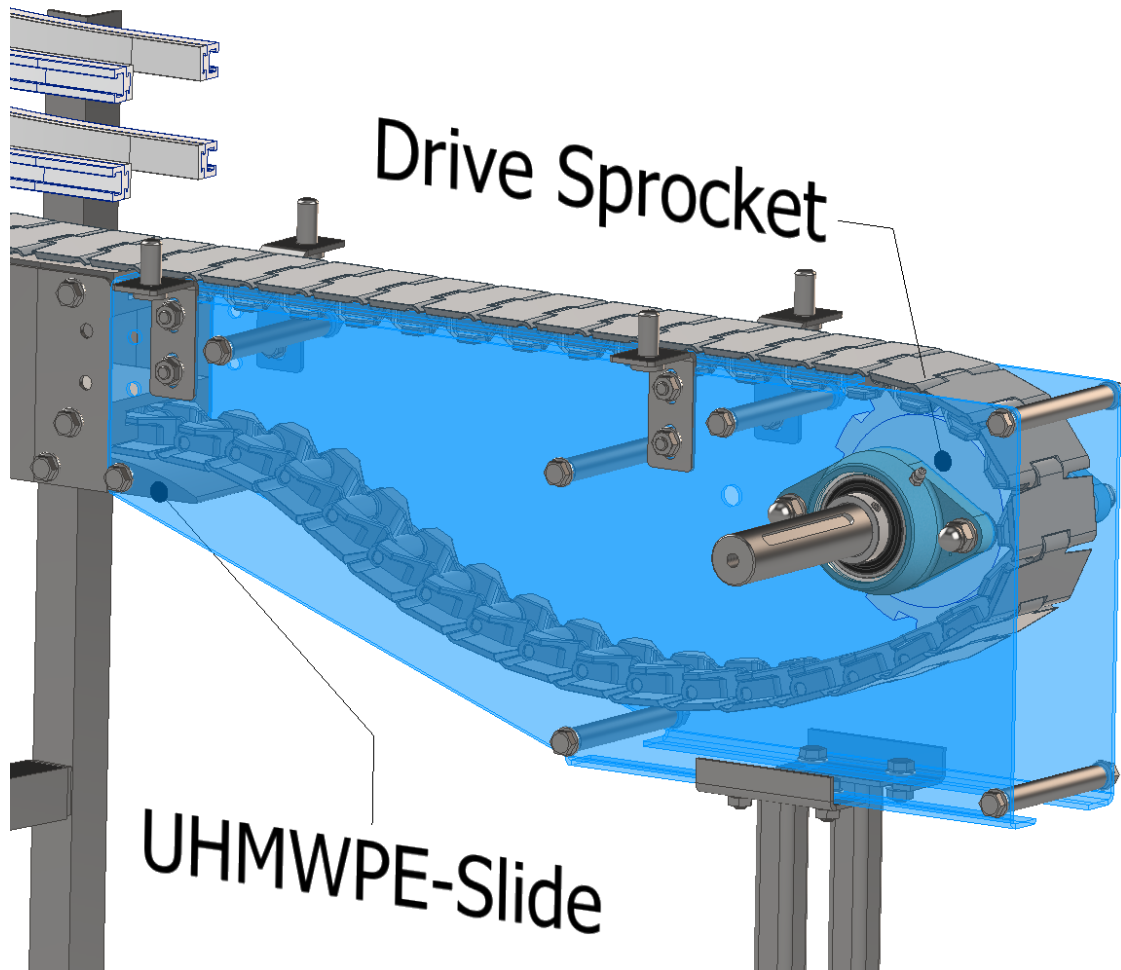
Rungon pätyyn asennettavan kuljetinketjun yläpuoleisen suojan kiinnitys toteutettiin paluutien kiinnitysrautoja vastaavalla raudalla. Lajittelu- ja purkukuljettimen toisiinsa kiinnittämistä varten mitoitettiin rungon vasemmanpuoleiseen laitalevyyn aukot 8 mm pulteille. Päätepään rungon jaloissa hyödynnettiin purkukuljetinta varten suunniteltujen jalkojen perusrakennetta. Runkolaitojen alapuoleisten laippojen ja paluutien välyksen ahtaudesta johtuen suunniteltiin jalkojen pystypalkkeihin kiinni hitsattavat levyt. Levyjen jokaiseen kulmaan mitoitettiin reiät M8 pulteille, joiden läpi jalat voidaan kiinnittää runkolaitoihin. Päätepään kuljetinketjun reitti ja komponentit esitetty kuvassa 20.

Kuva 20. Kuljetinketjun reitti päätepään rungossa, osa komponenteista muutettu läpinäkyväksi kuvan selkeyttämiseksi.



Vetoakselin rungon mitoituksesta johtuen, ei erilliselle vetohammaspyörän jälkeiselle paluutielle ollut tarvetta. Vetohammaspyörän jälkeen roikkuvan kuljetinketjun kaarteeseen paluutielle ohjaamiseksi suunniteltiin UHMWPE-muovista valmistettava ramppi (kuva 21). Vetopään rungossa voitiin käyttää purkukuljettimelle suunniteltuja jalkoja mitoittamalla jalkojen pysty- ja vaakapalkkien korkeus ja leveys ketjukuljettimen rungolle sopivaksi.

Kuva 21. Kuljetinketjun reitti vetoakselin rungossa, laidat muutettu läpinäkyväksi kuvan selkeyttämiseksi.



Kaarteiden toteuttamiseksi valitulla kuljetinketjulla täytyy kaarteiden laitojen ulottua kuljetinketjun sivusta sen yläpinnan ja alemman ohjainkielekkeen väliin. Rakenteen tarkoituksena on estää kuljetinketjun nouseminen kaarteessa pois paikoiltaan (kuva 22). Liukupinnaksi ja paluutiekiksi valittiin System Plastin 90°:n UHMWPE-muovista valmistettu pareittain toimitettava liukupinta/paluutie VT880T325R500T1D profiili. (Regal Rexnord Corporation, n.d., ss. 50110A, 72134A) UHMWPE-profiileiden tukemiseksi ja keskinäisen etäisyyden asettamiseksi suunniteltiin profiileiden väliin pultein kiinnitettävät EN 1.4301 pyörötangosta valmistettavat tuet.

Kuva 22. TAB-kuljetinketjun kaarteeseen rakenne (Regal Rexnord Corporation, n.d., s. 72134A).

TAB:

Curve has a tab design to physically keep the chain from lifting out of the curve.
Carry ways and returns are the exact same profile - no additional support plate is needed.

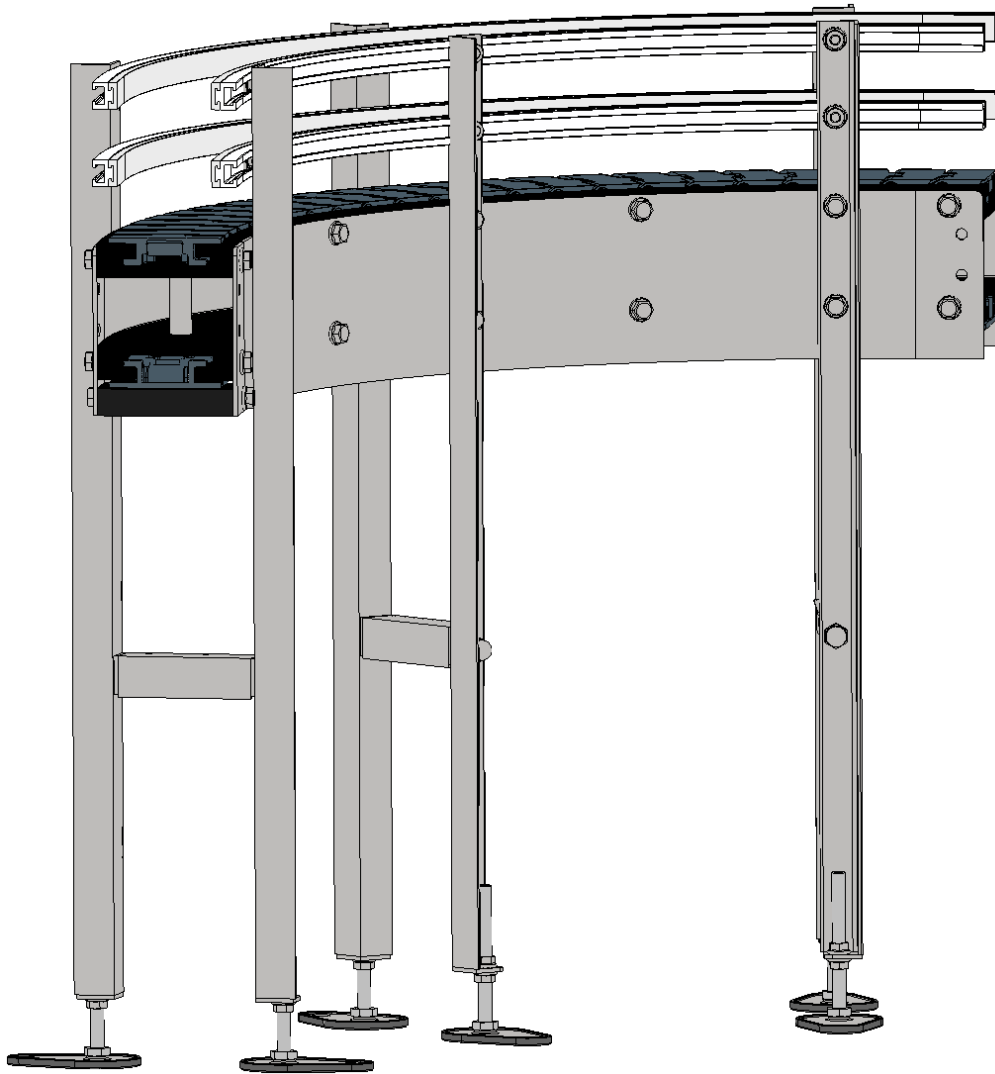


For cleaning and inspection purpose, the chain can only be removed from the curve by disassembling the chain.

Säätöjalkojen ja akseleiden runkojen kaarteeseen kiinnittämiseksi suunniteltiin 3 mm EN 1.4301 teräslevystä UHMWPE-profiileiden sivuille pultein kiinnitettävät laidat. Laitoihin mitoitettiin ennen taivutusta laserleikattavat 8,4 mm reiät, joiden läpi voidaan kokoonpano vaiheessa UHMWPE-profiileihin porata M8 kierteitettävät kiinnitysreiät.

Kaarteeseen rungon jalat suunniteltiin 30x30x3 mm EN 1.4301 kulmaraudasta. Jalkojen alaosan rakenne suunniteltiin purkukuljettimen jalkoja vastaavaksi, jossa korkeuden säätö on toteutettu kulmaraudan pätyyn hitsattavaan reikälevyyn kiinnitettävillä GN 43-60-M10-100-D1-SK säätöjaloilla. Jalat kiinnitetään kaarteeseen rungon laitojen läpi M8-pulteilla UHMWPE-profiiliin. Jalkojen kiinnitysreikien yläpuolelle mitoitettiin reiät kaarteeseen sivutuille, jolloin sivutukia varten ei ollut tarpeen suunnitella erillisiä kiinnikeitä. Kaarteeseen runkorakennetta havainnollistettu kuvassa 23.

Kuva 23. Kaarteen rungon rakenne.

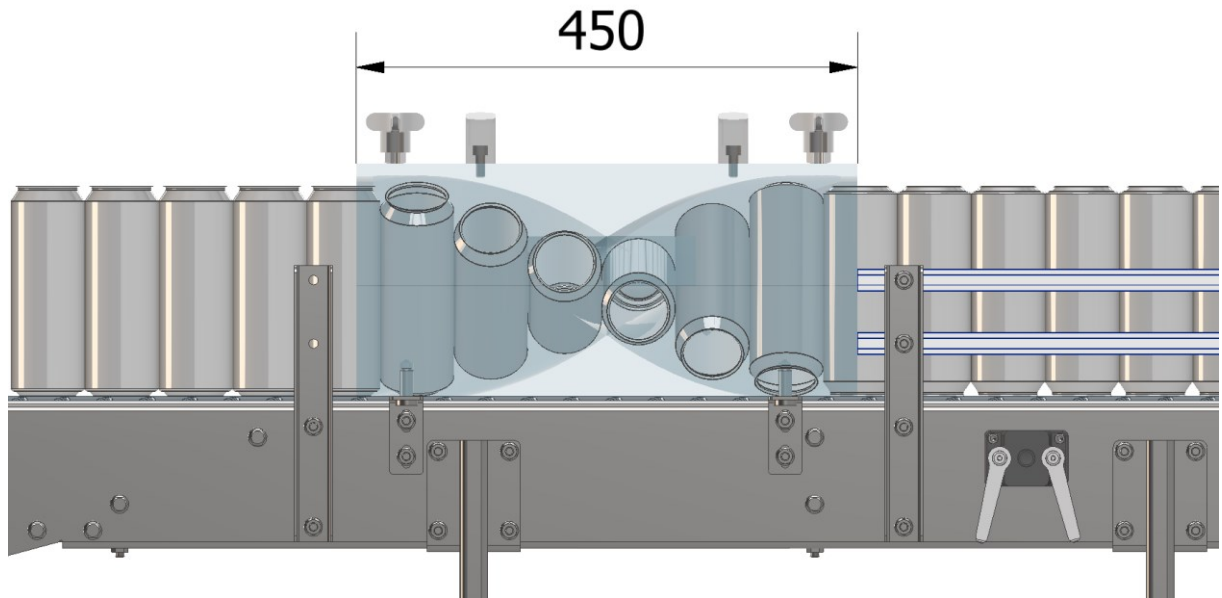


5.4 Tölkkin kääntömekanismi

Tölkkien kääntämiseksi lajittelukuljettimella hyödynnettiin kaupallisesti saatavilla olevia kääntölaatikoita. Erään kääntölaatikoita valmistavan yrityksen edustajan kanssa käydyn sähköpostikeskustelun perusteella jokaiselle tölkkikoolle tarvitaan erikseen mitoitettu kääntölaatikko, jonka kuljettimen suuntainen pituus on 450 mm tölkkikoosta riippumatta. Lajittelukuljettimeen valittiin kuljetinketjun päälle asennettavat kääntölaatikot, joiden läpi

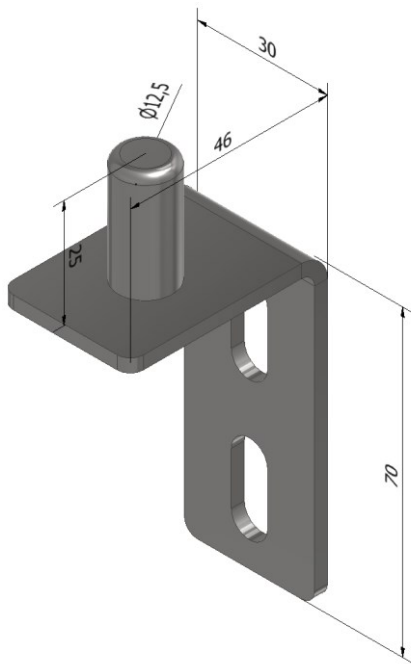
tölkit kulkeutuvat kääntölaatikkoa edeltävien tölkkien työntäminä. Tölkkien kulku kääntölaatikon sisällä esitettyinä kuvassa 24.

Kuva 24. Tölkkien kulku kääntölaatikon läpi. Kääntölaatikko muutettu läpinäkyväksi kuvan selkeyttämiseksi.



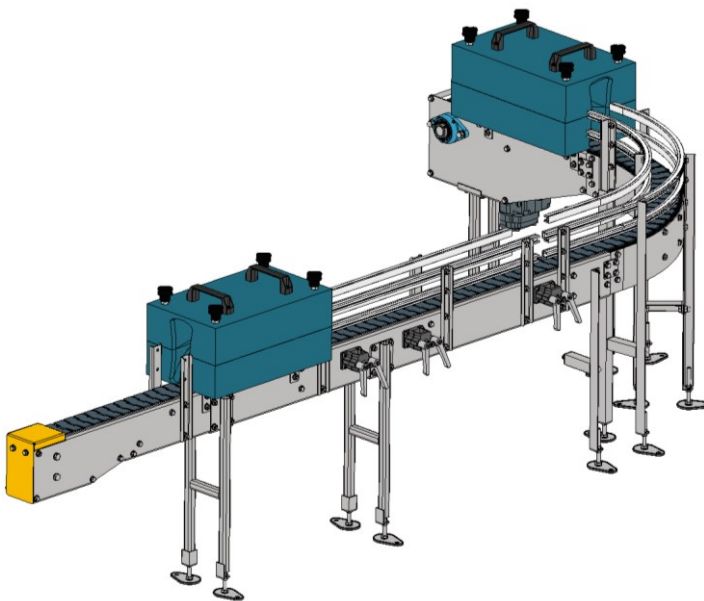
Lajittelukuljettimella lajitellaan kolmea erikokoista tölkkiä, joten kääntölaatikon vaihdon tulee olla mahdollisimman nopeaa ja yksinkertaista. Kiinnitysmekanismissa suunniteltiin lajittelukuljettimen runkoon pultattavat kohdistintapilliset kulmaraudat (kuva 25). Kulmarautaan mitoitettiin urat M8 pulteille, joiden avulla kääntölaatikon ja kuljetinketjun pinnan välinen etäisyys voidaan säätää sopivaksi. Kääntölaatikoiden pohjien jokaiseen kulmaan mitoitettiin kohdistintappien 12,5 mm halkaisijaa vastaavat reiät. Painovoiman ja kohdistintappien avulla kulmarautojen päällä pysyvän kääntölaatikon asentamiseksi/vaihtamiseksi riittää, että se nostetaan pystysuunnassa kohdistintappien yli, jolloin kääntölaatikko voidaan siirtää sivuttaissuunnassa pois kuljettimen päältä.

Kuva 25. Kääntölaatikon kiinnitysraudan päämitat.



Ensimmäinen kääntölaatikko sijoitettiin lajittelukuljettimen alkuun kääntämään purkulajittelimelta pystyssä tulevat tölkit pohja ylöspäin ennen konenäön kameroita. Tölkit takaisin pystyasentoon uudelleen lavoitusta varten kääntävä kääntölaatikko sijoitettiin aivan lajittelukuljettimen loppuun. Kääntölaatikoiden sijoittelu lajittelukuljettimella esitetty kuvassa 26.

Kuva 26. Kääntölaatikot asennettuina lajittelukuljettimelle.



6 Konenäön rajapinnat

Lajittelijassa käytettävä konenäköjärjestelmä koostuu kahdesta erimallisesta kamerasta ja valaisimesta, jotka sijoitetaan kuljettimella kulkevien tölkkien yläpuolelle. Kameran ja valaisinten oletussijainti määräytyi laitetoimittajan esisuunnittelun tulosten perusteella. Konenäköjärjestelmää on tarkoitus käyttää eri korkuisten erien lajittelussa, joten myös konenäköjärjestelmälle oli tarpeen suunnitella helposti ja nopeasti asetettava korkeudensäätö mekanismi.

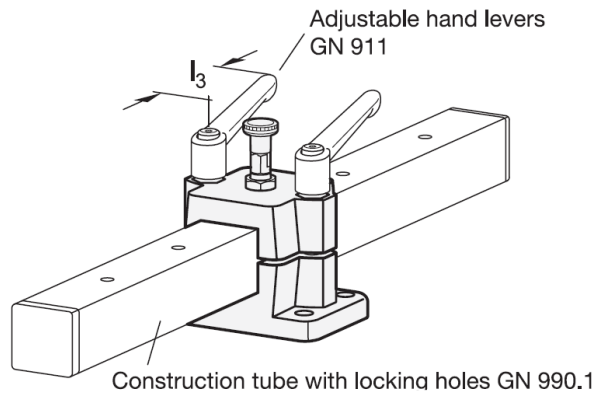
6.1 Teline

Konenäköjärjestelmän komponentit suunniteltiin kiinnitettäväksi yhtenäiseen telineeseen. Näin lajiteltavan tölkkikoon vaihtuessa voidaan konenäön kameroiden linssien etäisyyttä tölkin pohjaan muuttaa vain yhtä kokonaisuutta säätämällä.

Telineen runkorakenteeksi valittiin 30x30 mm neliön muotoinen kolmelta sivulta avoinna oleva t-ura alumiiniprofiili. Valmistamalla teline t-urallisesta profiilista voidaan konenäköjärjestelmän valaisimien ja kameroiden keskinäisen etäisyyden asetusvaiheessa niiden kiinnikkeitä siirtää urien suuntaisesti koko profiilin matkalta. Alumiiniprofiilinen rakenne mahdollistaa tarvittaessa konfiguraation yksinkertaisen muunneltavuuden esimerkiksi konenäköjärjestelmän laitteistoa laajennettaessa.

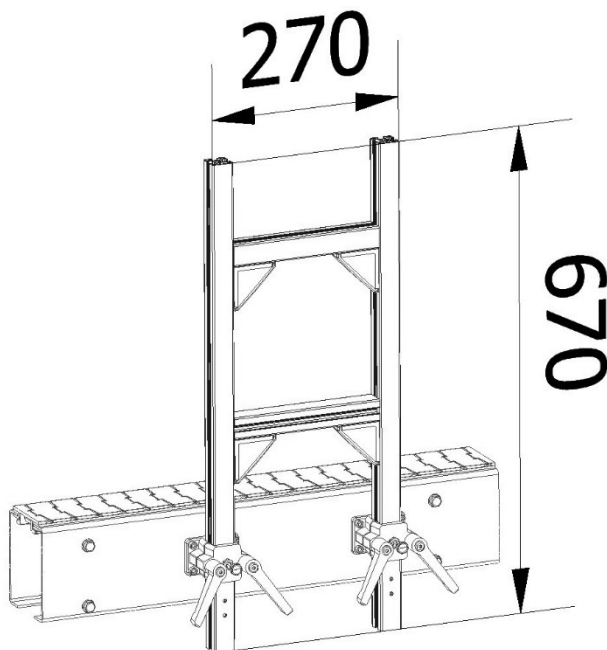
Telineen kiinnittämisessä lajittelukuljettimen runkoon hyödynnettiin Ganter Norm:in GN 147.7 laipallisia lukitsevia liukukyksiköitä (kuva 27). Tällä tavoin konenäköjärjestelmän korkeuden säätäminen voidaan toteuttaa yksinkertaisesti ja nopeasti lajiteltavan tölkin mukaiseksi.

Kuva 27. GN 147.7 laipallisen lukitsevan liukuyksikön käyttöesimerkki (Otto Ganter GmbH & Co. KG, n.d.b, s. 1974).



Nopeaa ja toistettavissa olevaa korkeuden asetusmuutosta varten telineen profiilien suljetulle sivulle mitoitettiin liukuyksikön indeksointitappia varten kohdistusreiät. Reikien etäisyys toisistaan vastaa lajittelijalla lajiteltavien eri korkuisten tölkkien korkeuseroa, joten konenäköjärjestelmän oikean korkeuden asettamiseksi riittää, että telineessä olevat reiät kohdistetaan liukuyksiköiden indeksitappeihin. Telineen rakenne ja kiinnitys kuljettimeen esitetty kuvassa 28.

Kuva 28. Konenäköjärjestelmän teline.

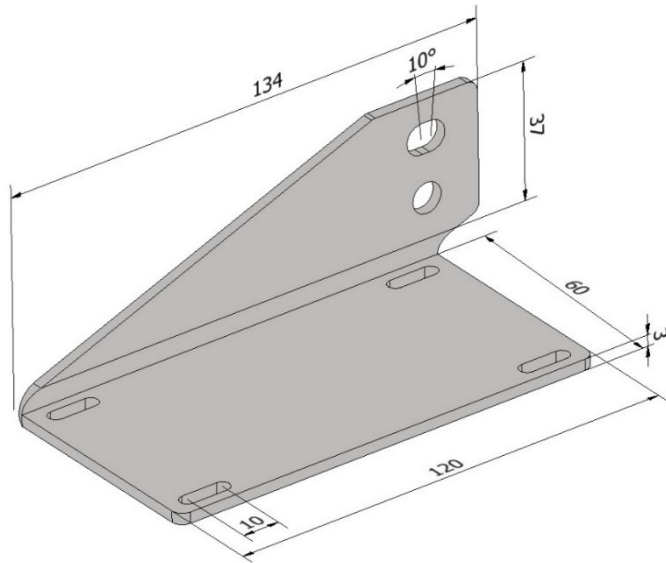


6.2 Laitteiston kiinnikkeet

Kameroiden ja valaisinten keskinäinen asemointi suunniteltiin toteutettavaksi kiinnikkeiden sijaintia ja kallistusta säätämällä. Konenäköjärjestelmän jokainen komponentti kiinnitetään erillisellä kiinnikkeellä luvussa 6.1 esitettyyn telineeseen, jotta asennusvaiheessa konenäköjärjestelmän hienosäätämiseksi olisi mahdollisimman monta eri pistettä. Tämä oli erityisen tarpeellista, sillä konenäön komponenttien valinta perustui laitetoimittajan esisuunnitteluun, eikä vielä ollut täysin tarkkaa tietoa laitteiston tarkasta asemoinnista käytännössä. Kiinnikkeiden mitoitus toteutettiin siten, että asennettaessa kiinnikkeet telineeseen kiinnityspisteiden keskikohdista asemoituvat konenäköjärjestelmän komponentit laitetoimittajan esisuunnittelua vastaavalla tavalla. Kaikki kiinnikkeet suunniteltiin valmistettavaksi 3 mm EN 1.4301 teräslevystä laserleikkaamalla ja taivuttamalla.

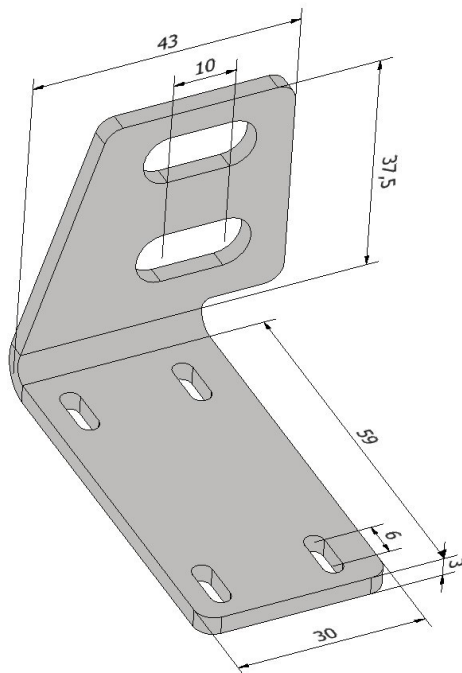
Ensimmäisen kameran kiinnike (kuva 29) asennetaan telineen pystypalkin reunimmaiseen uraan M8 kuusiokoloruuveilla ja t-uramuttereilla siten, että etäisyys kameran linssistä tölkin pohjaan on noin 200 mm. Kameran korkeutta voidaan säätää koko uran mitalta, joten kiinnikkeeseen ei ollut tarpeen suunnitella erillistä korkeuden säätöä. Kameran kohdistamista varten kiinnikkeessä on palkin kiinnityspisteessä säätövaraa +/- 5 astetta poikittain tölkkien kulku suuntaan nähden. Kameran keskittämiseksi sivuttaissuunnassa lajittelukuljettimeen, toteutettiin kameran kiinnityspisteet +/- 5 mm:n säätövaran mahdollistavilla urilla.

Kuva 29. Ensimmäisen konenäköjärjestelmän kameran kiinnike.



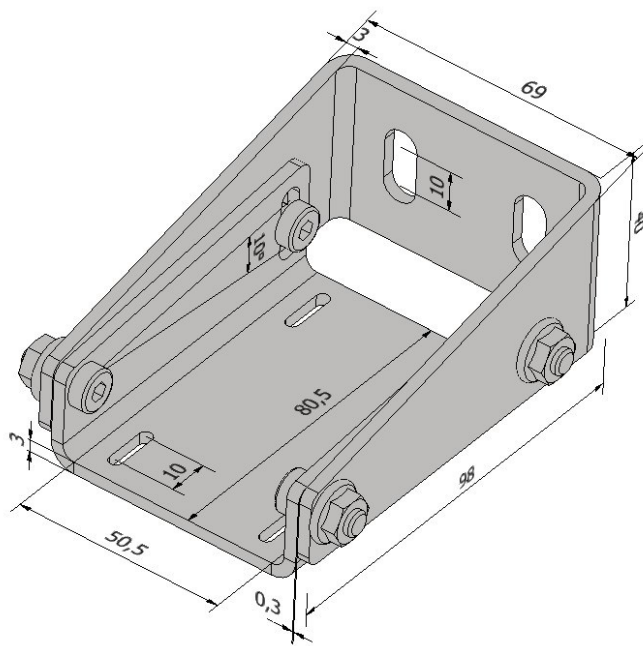
Ensimmäisen kameran valaisimen kiinnike kiinnitetään samaan palkkiin samalle sivulle ensimmäisen kameran kiinnikkeen kanssa. Kiinnikkeessä on säätövaraa +/- 3 mm lajittelukuljettimen suuntaisesti ja sivuttaissuunnassa +/- 5 mm, näin rengasvalaisimen aukko voidaan säätää linjaan ensimmäisen kameran linssin kanssa sen kiinnikkeen säätövaran alueella. Rengasvalaisimen kiinnikkeen päämitat kuvassa 30.

Kuva 30. Rengasvalaisimen kiinnikkeen päämitat.



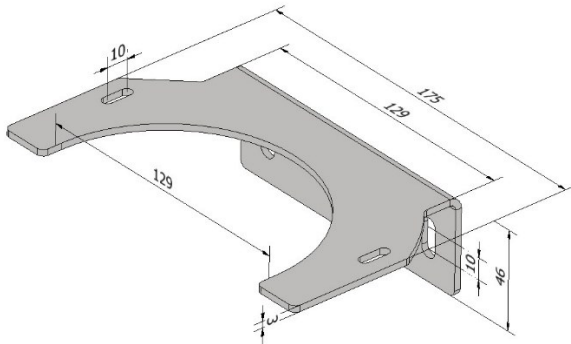
Toisen konenäköjärjestelmän kameran kiinnike (kuva 31) suunniteltiin asennettavaksi telineen ylempään vaakapalkkiin. Jotta kameran kallistuskulmaa olisi mahdollista säätää +/- 5 astetta, toteutettiin kiinnike kahdesta toisiinsa pulttiliitoksella yhdistettävästä osasta. Korkeuden hienosäätöä varten on kiinnikkeen palkin kiinnityspisteessä +/- 5 mm säätövara. Mikäli kiinnikkeen korkeuden säätövara osoittautuu riittämättömäksi, on korkeutta mahdollista muuttaa karkeasti vaakapalkkia siirtämällä, jonka jälkeen hienosäätö voidaan toteuttaa kiinnikettä siirtämällä. Toisen kameran kiinnikkeeseen suunniteltiin kuljettimen runkoon nähden +/- 5 mm poikittaissuuntainen säätövara ensimmäisen kameran kiinnikkeen mukaisesti. Toisen kameran kohdistaminen sivuttaissuunnassa tapahtuu siirtämällä kiinnikettä pitkin vaakapalkin uraa.

Kuva 31. Toisen konenäköjärjestelmän kameran kiinnikkeen päämitat.



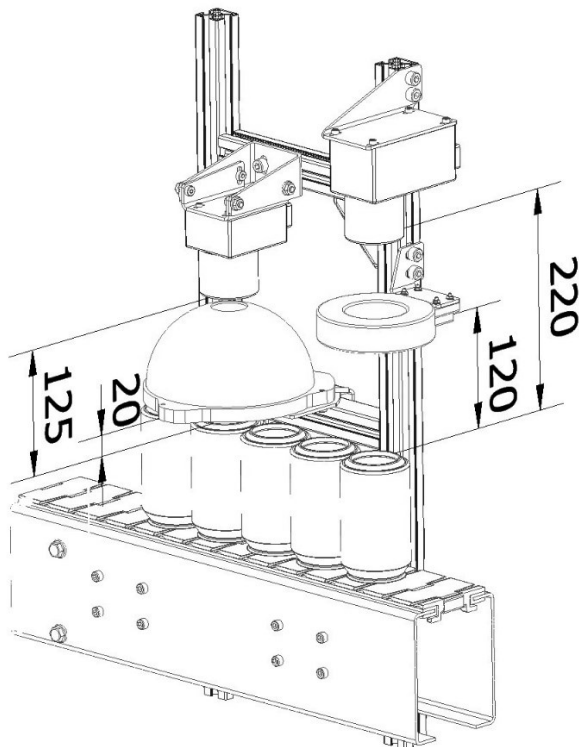
Toisen konenäköjärjestelmän kameran alapuolelle asennettavalle kupuvalaisimelle suunniteltiin alempaan vaakapalkkiin asennettava kiinnike (kuva 32). Kiinnikkeen sivuttais- ja korkeussäätö on toteutettu kuten toisen kameran kiinnikkeessä, säätövara on lajittelukuljettimeen nähden sivuttais- ja korkeussuunnassa +/- 5 mm. Kupuvalaisimen kiinnityspisteiden sijainti mitoitettiin siten, että ääriasentoonkin asennetun kupuvalaisimen massakeskipiste on kiinnikkeen päällä, jottei kiinnitysruuveihin kohdistu ylimääräistä vääntöä.

Kuva 32. Kupuvalaisimen kiinnikkeen päämitat.



Laitteiston sijoittelu telineeseen kuvassa 33 esitetyllä tavalla perustuu laitetoimittajan esisuunnittelun tuloksiin. Kiinnikkeiden ja telineen suunnittelussa pyrittiin mahdollisimman tehokkaaseen tilankäyttöön, jättäen kuitenkin riittävästi säätömahdollisuuksia konenäköjärjestelmän lopullista asennusta varten. Suunniteltujen kiinnikkeiden avulla on konenäön komponenttien asentaminen mahdollista siten, että niiden liittimet osoittavat samansuuntaisesti lajittelukuljettimen reunaa kohden, jolloin kaapeleiden reititys on mahdollisimman yksinkertaista.

Kuva 33. Asennetun laitteiston tilavarausmallit, kiinnikkeet ja niiden sijoittelu.



7 Hylkäysjärjestelmä

Konenäköjärjestelmän hylättäväksi tunnistaman tölkin poistamiseksi lajittelukuljettimelta suunniteltiin konenäköjärjestelmän jälkeen sijoitettava, paineilmatoimiseen sylinteriin perustuva laitteisto. Hylkäyslaitteiston yhteyteen oli myös tarpeen liittää erillinen hylätyn tölkin keräin, josta lajittelun jälkeen hylätyt tölkit ovat vaivattomasti siirrettävissä kohti kierrätystä.



7.1 Hylkäyslaitteisto



Hylättävä tölkki poistetaan lajittelukuljettimelta työntämällä se kaksitoimisella pneumaattisylinterillä sivuun kuljetinketjun päältä. Käytännön kokeissa havaittiin riittäväksi iskun pituudeksi 30 mm, jolloin iskun kohdistuessa tölkin massakeskipisteen läheisyyteen poistui tölkki kuljetinketjun päältä vakaasti pystyasennossa sylinterin iskun suuntaisesti.

Riittävän nopean sylinteri/venttiili yhdistelmän valinnassa hyödynnettiin automaatioteknologia toimittaja Feston pneumaattisen mitoituksen selainpohjaista laskentaohjelmaa. Laskentaohjelman lähtöarvoiksi syötettiin iskun pituudeksi 30 mm, 6 baarin järjestelmäpaine, kuorma ja liikkeeseen kuluva aika asetettiin pienimpiin mahdollisiin arvoihin (0,5 kg ja 70 ms). Annetuilla lähtöarvoilla ohjelma ehdotti kolmea eri sylinteri/venttiili yhdistelmää. Ehdotetut vaihtoehdot olivat lähtöarvojen mukaisen liikkeeseen kuluvan ajan perusteella tarkin, taloudellisin ja suorituskykyisin vaihtoehto. Ensimmäisenä ohjelmalla laskettiin vaihtoehdot työntävän liikkeen osalta, joista suorituskykyisimmän yhdistelmä vaihtoehdon teoreettinen työntöliikkeeseen kuluva aika oli 53 millisekuntia. Vastaavan yhdistelmän vetoliikkeeseen kuluva ajaksi antoi laskentaohjelma 70 millisekuntia. Sylinteriksi valittiin laskentaohjelman tuloksiin perustuen (kuva 34) Feston ISO 21287 standardin mukainen ADN-20-30-A-P-A sylinteri ja VUVG-LK10-M52-AT-M7-1R8L-S monostabiili 5/2-suuntaventtiili. (Festo Group, n.d.a) Valitulla yhdistelmällä saavutettava teoreettinen hylkäyssykliin kuluva 123 millisekuntia täyttää lajittelijalle asetetun läpimenoaika tavoitteen varmuuskertoimella 1,6. Paineilmaa venttiilille syöttämään valittiin Feston MS4-LFR-1/4-D6-C-P-VC-AG-BAR-B suodatinsäädin, jonka

nimellinen virtausnopeus 1500 l/min (Festo Group, n.d.b) on sylinteri/venttiili yhdistelmälle riittävä.

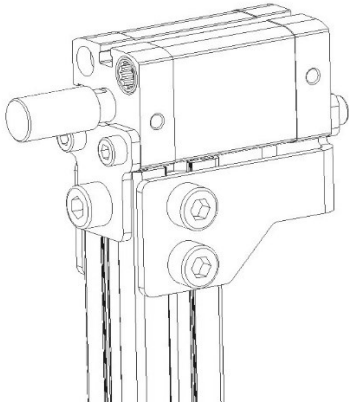
Kuva 34. Laskentaohjelmiston tulokset, yhdistelmä kuvakaappauksia työntävän ja vetävän liikkeen laskentatuloksista (Festo Group, n.d.a).

	Cylinder ADN-20-30-A-P-A 536239	Positioning Time 53 ms
	Piston diameter 20 mm	CO₂ emission / cycle 0.01 g
	Valve VUVG-LK10-M52-AT-M7-1R8L-S 8042551	Air consumption / cycle 0.17 l
	Flow rate 340 l/min	

	Cylinder ADN-20-30-A-P-A 536239	Positioning Time 70 ms
	Piston diameter 20 mm	CO₂ emission / cycle 0.01 g
	Valve VUVG-LK10-M52-AT-M7-1R8L-S 8042551	Air consumption / cycle 0.17 l
	Flow rate 340 l/min	

Pneumatiikkasyliinteri suunniteltiin asennettavaksi kuljettimen laitaan hyödyntämällä luvussa 6.1 esiteltyjä komponentteja. Sylinterin männänvarren päädyn kierteeseen suunniteltiin polyamidista valmistettava yksinkertainen sylinterimallinen 13 mm halkaisijaltaan oleva puskin, jota kiertämällä voidaan tarvittaessa hienosäätää puskinen etäisyyttä tölkestä. Sylinterirungon päissä oleviin kiinnityspisteisiin suunniteltiin 3 mm:n EN 1.4301 teräslevystä valmistettavat kiinnikkeet, joiden avulla sylinteri voidaan asentaa tukevasti 30x30 mm alumiiniprofiilin päälle (kuva 35).

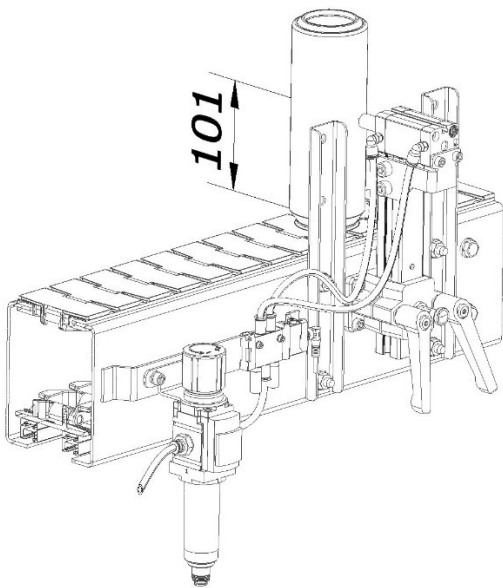
Kuva 35. Sylinteri asennettuna alumiiniprofiilin päälle.



Kiinnikkeet mitoitettiin siten, että sylinteriä ohjaavan venttiilin ollessa kiinni sylinterin männänvarren puskin on noin kolmen millimetrin etäisyydellä kuljettimella kulkevasta tölkistä. Alumiiniprofiiliin porattavat kohdistusreiät määräytyivät eri tölkkikokojen massakeskipisteiden etäisyyksien mukaisesti, jolloin hylkäysjärjestelmän asetusmuutokset voidaan toteuttaa käyttämällä lukittavaa GN 147.7 liukuyksikköä.

Suodatinsäädinyksikölle ja venttiilille suunniteltiin 5x30 mm EN 1.4301 latasta taivutettu lajittelukuljettimen laitaan hitsattava kiinnitysrauta. Kiinnitysraudan sijainti mitoitettiin mahdollisimman lähelle sylinteriä. Hylkäyslaitteiston komponenttien sijoittelu on esitetty kuvassa 36.

Kuva 36. Hylkäyslaitteiston sijoittelu kuljettimen laitaan.

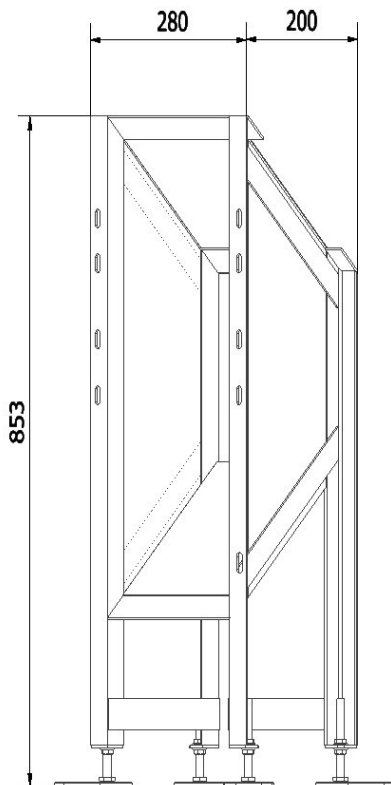


7.2 Keräin

Lajittelukuljettimen yhteyteen asennettavan keräimen tehtävänä on ohjata hylkäysjärjestelmän hylkäämät tölkit erilliseen keräysastiaan. Keräin oli suunniteltava siten, että hylätty tölkki kulkee keräimen läpi keräysastiaan mahdollisimman vakaasti, jottei useampi perättäin hylätty tölkki tuki keräimen suuaukkoa ja näin ollen aiheuta koko lajittelijan pysähtymistä. Suuaukon korkeus mitoitettiin suurimman valmistettavan tölkkikoon mukaisesti, jättäen yläpuolelle 40 mm välystä varmistamaan tölkin esteetön kulku keräimeen, mikäli hylätty tölkki menettää vakautensa ennen keräimen sisään päätymistä.

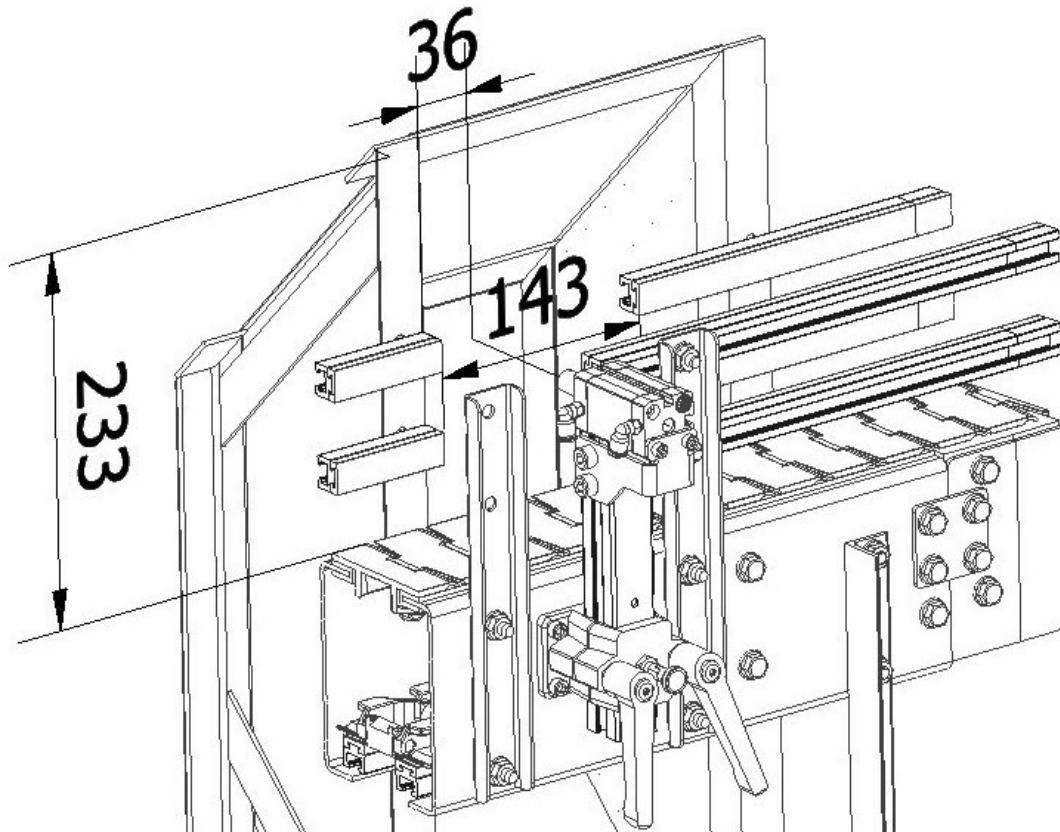
Keräimen rungon materiaaleiksi valittiin EN 1.4301 teräksestä valmistetut 30x30x3 mm kulmarauta, 30x3 mm lattarauta ja 1 mm levy. Kulmiin pystyyn sijoitettavat kulmaraudat toimivat kerääjän runkona, jalkoina ja kiinnityspisteinä lajittelukuljettimeen. Säätöjalkojen rakenteena päätettiin käyttää samaa ratkaisua kuin kuljettimissa. Rungon rakennetta jäykistettiin lattarauodoilla, jotka toimivat myös tölkin ohjaamisen käytettävien teräslevyjen kiinnityspisteinä. Keräimen päämitat ja rakenne esitetty kuvassa 37.

Kuva 37. Keräimen päämitat.



Keräintä ei todennäköisesti ole tarvetta säätää jalkojen korkeutta lukuun ottamatta, joten kokoonpanomenetelmäksi valittiin hitsaus. Keräin kiinnitetään lajittelukuljettimen runkoon ja sivutukiin pulttiliitoksin. Kuvassa 38 havainnollistettuna keräimen ja hylkäyslaitteiston keskinäinen sijainti.

Kuva 38. Keräimen sijainti.



8 Yhteenveto

Opinnäytetyössä suunnitellulla tyhjen juomatölkkiä lajittelijalla pystytään lajittelemaan tavoiteltu 300 tölkkiä minuutissa. Teoriassa laitteen kuljettimet ja hylkäysjärjestelmä mahdollistavat jopa 500:n tölkin lajittelun minuutissa.

Laitteisto suunniteltiin modulaariseksi kokonaisuudeksi, jossa jokaisen osakokonaisuuden suunnitelmia voidaan suhteellisen yksinkertaisesti muuttaa vastaamaan erilaisten konenäön komponenttien ja asennussijaintien asettamia vaatimuksia. Laitteen asetusmuutosten toteuttamiseksi saatiin suunniteltua yksinkertaiset ja helppokäyttöiset mekanismit, eikä laitteen suorittama lajittelu vaadi käyttäjältään aktiivisia toimia. Näin ollen on tölkkien lajittelu suunnitellulla laitteella todennäköisesti huomattavasti tehokkaampaa aiempaan menetelmään verrattuna.

Tyhjen juomatölkkiä lajittelijan mekaniikan suunnittelu oli kokonaisuutena tarkasteltuna laaja ja opettavainen projekti. Useamman erityyppisen kuljettimen suunnittelu oheislaitteineen toimivaksi kokonaisuudeksi osoittautui mielenkiintoiseksi haasteeksi. Yksittäisten osakokonaisuuksien suunnittelu oli osatoimittajien suunnitteluoppaita ja ohjeita hyödyntämällä kohtuullisen virtaviivaista.

Opinnäytetyön lopputuloksena tehdyn 3D-mallin perusteella on tilaajayrityksessä mahdollista saattaa suunnittelu loppuun elektroniikkakomponenttien osalta ja ryhtyä tarvittavien valmistus- ja kokoonpanopiirustusten valmistukseen.

Lähteet

AB SKF. (n.d.). Principles of selecting mounted bearing solutions, Product overview.

<https://www.skf.com/group/products/mounted-bearings/principles-of-selecting-mounted-bearing-solutions/product-overview>

EU:n konedirektiivi 2006/42/EY.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006L0042&from=FI>

Festo Group. (n.d.a). Pneumatic Sizing.

<https://www.festo.com/fi/en/x/pneumatic-sizing>

Festo Group. (n.d.b). MS4-LFR-1/4-D6-C-P-VC-AG-BAR-B. Haettu 18.4.2022 osoitteesta

<https://www.festo.com/fi/en/a/8098259/>

Intralox LLC. (2022). ENGINEERING MANUAL MODULAR PLASTIC CONVEYOR BELTS.

<https://www.intralox.com/resources/engineering-manual>

McGuire, P. (2010). Conveyors Application, Selection, and Integration. Taylor and Francis Group, LLC.

Otto Ganter GmbH & Co. KG. (n.d.a). Technical Annexe. Haettu 2.4.2022 osoitteesta

https://www.ganternorm.com/fileadmin/user_upload/downloads/kataloge/catalogues/technischer_anhang.pdf

Otto Ganter GmbH & Co. KG. (n.d.b). 3.8 Adjusting, moving with guides, spindles, and ball rollers. Haettu 2.4.2022 osoitteesta

https://www.ganternorm.com/fileadmin/user_upload/downloads/kataloge/catalogues/gruppe_3.8.pdf

Regal Rexnord Corporation. (n.d.). GENERAL CATALOG CONVEYOR COMPONENTS AND EQUIPMENT.

<https://www.systemplastsmartguide.com/INT/Smart-Guide/10110A/>

Schaeffler Austria GmbH. (n.d.). Design of bearing arrangements.

<https://medias-at.schaeffler.com/en/design-of-bearing-arrangements>

SFS-EN ISO 12944-2. (2018). Maalit ja lakat. Teräsrakenteiden korroosionesto suojamaaliyhdistelmillä. Osa 2: Ympäristöolosuhteiden luokittelu. SFS-Online.

Liite 1: Kuljetinhihnan soveltuvuuden laskenta, mittayksiköt osatoimittajan taulukoiden mukaisesti.

Tuote kuorma	Kuljetinhihnan paino	Kuljettimen pituus vetoakselilta pääteakselille	Kuljettimen korkeuden muutos	Liukupintojen ja kuljetinhihnan välinen kitkakerroin	Tuotteen ja kuljetinhihnan välinen kitkakerroin
$M := 2.7 \frac{kg}{m^2}$	$W := 5.8 \frac{kg}{m^2}$	$L := 4 \text{ m}$	$H := 0 \text{ m}$	$F_W := 0.10$	$F_P := 0.27$
Kuljettimella pakkautuneina olevien tuotteiden kuorma (100% pakkautuneisuus)					
$M_P := M \cdot F_P = 0.729 \frac{kg}{m^2}$	Vedon korjauskerroin $S_F := 1$	Kuljetinhihnan vedon kesto $B_S := 1940 \frac{kg}{m}$	Lämpötila kerroin $T := 0.97$	Lujuus kerroin $S := 1$	
1. Kuormituksesta aiheutuva veto					
$B_P := ((M + 2 \cdot W) \cdot F_W + M_P) \cdot L + (M \cdot H) = 8.636 \frac{kg}{m}$					
2. Korjattu kuljetinhihnan kuormituksesta aiheutuva veto					
$A_{BP} := B_P \cdot S_F = 8.636 \frac{kg}{m}$					
3. Sallittu kuljetinhihnan veto					
$A_{BS} := B_S \cdot T \cdot S = 1881.8 \frac{kg}{m}$					
4. Sallitun ja kuormituksesta aiheutuvan vedon vertailu					
Sallittu veto ylittää laskennallisen kuormasta aiheutuvan vedon, joten valittu hihna on riittävän luja.					
$A_{BS} > A_{BP} = 1$					
5. Laskennallinen prosentuaalinen vetokuorma sallitusta					
$\frac{A_{BP}}{A_{BS}} \cdot 100 = 0.459$					

Liite 2: Kuljetinhihnan vetoakselin taipuma ja vääntömomentti.

Vetoakselin taipuma

Lähde: Intralox LLC, 2022, ss. 457, 467.

Vetoakselin kuorma

Akselin tukematon pituus

$$W := (A_{BP} + Q) \cdot B = 7.796 \text{ kg} \quad L_S := 439 \text{ mm} \quad E := 21100 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

Taipuma

$$I := 213300 \text{ mm}^4$$

$$D := \frac{5}{384} \cdot \frac{W \cdot L_S^3}{E \cdot I} = 0.002 \text{ mm}$$

Vetoakselin vääntömomentti

Hammaspyörien jakohalkaisija

Vääntömomentti

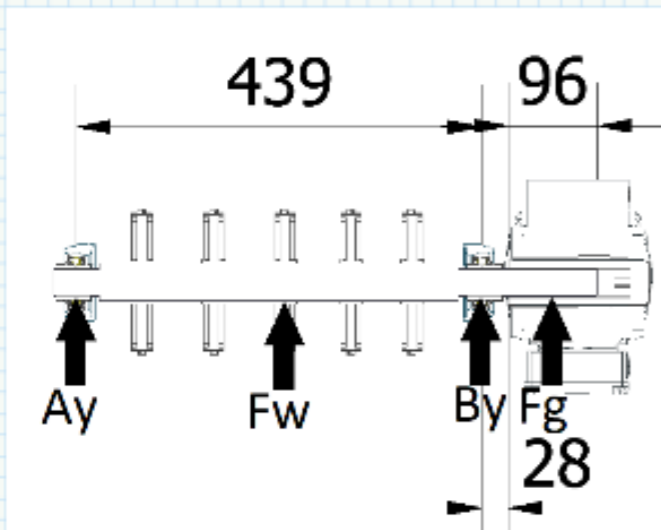
Vääntömomentti yhdysvaltalaiseksi mittayksiköksi muutettuna Intralox LLC:n akselin laakeripinnan minimi halkaisija taulukon hyödyntämiseksi.

$$P_D := 155 \text{ mm}$$

$$T_O := A_{BP} \cdot B \cdot \frac{P_D}{2} = 0.246 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$T_O = 21.378 \text{ lb} \cdot \text{in}$$

Liite 3: Hihnakuojettimen laakereiden tukivoimat.



Laakereiden tukivoimat

$$g := 9.81 \frac{m}{s^2}$$

Akselin paino/pituus

$$Q := 12.55 \frac{kg}{m}$$

Hihnan leveys

$$B := 0.368 \text{ m}$$

Vaihdemoottorin kuorma arvioitu noin 1,5 kertaisella varmuudella. Vaihdemoottoriin kytkettävän vetoakselin tukematonta massaa ei ole otettu laskuissa huomioon. Akseleiden omamassat laskettu veto- ja pääteakselille samansuuruisiksi

Vaihdemoottorin akselikuorma Akselin pituus tukien välissä

$$F_g := -18 \text{ kg} \cdot g = -176.58 \text{ N} \quad L_A := 0.439 \text{ m}$$

Hihnan vedon ja akselin kuorma

$$F_w := A_{BP} \cdot B \cdot g + L_A \cdot Q \cdot g = 85.224 \text{ N}$$

$$L_1 := \frac{0.096 \text{ m}}{2} + 0.028 \text{ m} = 0.076 \text{ m} \quad L_2 := \frac{0.439 \text{ m}}{2} = 0.22 \text{ m} \quad L_3 := 0.439 \text{ m}$$

$$M_B := 0$$

Vetoakselin laakereiden tukivoimat

$$-A_y \cdot L_3 - F_w \cdot L_2 + F_g \cdot L_1 = M_B \xrightarrow{\text{solve}, A_y} \frac{-73.181836004350797267 \cdot \text{N} \cdot \text{m}}{\text{m}} = -73.182 \text{ N}$$

$$A_y := -73.2 \text{ N}$$

$$A_y + B_y + F_w + F_g = 0 \xrightarrow{\text{solve}, B_y} 91.35564462 \cdot \text{N} + 73.2 \cdot \text{N} = 164.556 \text{ N}$$

$$B_y := 164.5 \text{ N}$$

Pääteakselin laakereiden tukivoimat $\text{clear}(A_y, B_y)$

$$-A_y \cdot L_3 - F_w \cdot L_2 = M_B \xrightarrow{\text{solve}, A_y} \frac{-42.61217769 \cdot \text{N} \cdot \text{m}}{\text{m}} = -42.612 \text{ N}$$

$$A_y := -38 \text{ N}$$

$$A_y + B_y + F_w = 0 \xrightarrow{\text{solve}, B_y} -85.22435538 \cdot \text{N} + 38.0 \cdot \text{N} = -47.224 \text{ N}$$

$$B_y := -39 \text{ N}$$

Liite 4: Regal Rexnordin System Plast Spec laskentaohjelmiston tulokset valitulle kuljetinketjulle.

User: Jonas Lundberg
Description: Sorter

Chain-Belt Details	
Item Description	NGE880TAB-K325
Part Number	AA1100310
Type	Chain
Pitch	38.1 mm
Width	82.5 mm
Material	NGE (grey blue)

[View Product on SmartGuide](#) 

Sprocket Details:	
Item Description	880-12R30M-DMS
Part Number	12395
Teeth number	12
Bore (Ø or sq)	30.0 mm
Type	DMS
Version	split
Sprocket Qty	1

[View Product on SmartGuide](#) 

Idler details	
Item Description	880-12R30M-DS
Part Number	12711
Teeth number	12
Bore (Ø or sq)	30.0 mm
Type	DS
Version	split
Idler Qty	1

[View Product on SmartGuide](#) 

Product Details:	
Product Type	Aluminum Can
Weight	13.0 gr
Diameter	66.3 mm
Applicative parameters:	
Application Type	One row per one track
Lubrication	Dry/No Lubrication
Product Pitch	66.3 mm
Speed	20.0 m/min
Throughput	18099 pcs/h
Start-Up	Continuos operation
Temperature	18-30 °c

Final Results:	
Total Pull	13.57 N
Throughput	18099.0 pcs/h
Net shaft power*	0.0054 kW
Torque	1.0 Nm
Total Length	8.38 m
Motor Speed	43.25 RPM
Back Line Pressure	5.45 N

*power rating does not consider gearbox efficiency and service factors. Gearbox efficiency and service factors can be 50% more.



SPEC® - SYSTEM PLAST ENGINEERING CALCULATOR
Version V 1.20.5
Measure unit: Metric



Layout Details													
#	Type	Length (mm)	Angle (deg)	Radius (mm)	Inclination (deg)	Accumulation (%)	Carry way	COF	Return way	COF	Pull [N]	Percentual Working Load (%)	PV Limit (%)
1	Straight	100			0 deg	100	UHMWPE-PA	0.14	UHMWPE-PA	0.14	5.84	0.31	
2	Straight	2090			0 deg	100	UHMWPE-PA	0.14	UHMWPE-PA	0.14	9.79	0.53	
3	Curve Left	850	90 deg	500.0	0 deg	100	UHMWPE-PA	0.14	UHMWPE-PA	0.14	12.3	0.66	25.0%
4	Straight	570			0 deg	100	UHMWPE-PA	0.14	UHMWPE-PA	0.14	13.38	0.72	
5	Straight	100			0 deg	100	UHMWPE-PA	0.14	UHMWPE-PA	0.14	13.57	0.73	

Warnings	
#	
	The selected chain/belt is suitable for the application

Bill Of Materials			
Item Description	Part Number	Quantity	Measure Unit
880-12R30M-DS	12711	1	#
880-12R30M-DMS	12395	1	#
NGE880TAB-K325	AA1100310	8.38	m



System Plast S.R.L.
 Via Guareschi, 2
 Telgate, 24060 - Italy
 Customer Service: 035-83-51-301
 Fax: 035-83-51-399
 Technical Service: 800-626-2093
 www.regalrexnord.com

APPLICATION CONSIDERATIONS

The proper selection and application of power transmission products and components, including the related area of product safety, is the responsibility of the customer. Operating and performance requirements and potential associated issues will vary appreciably depending upon the use and application of such products and components. The scope of the technical and application information included in this publication is necessarily limited. Unusual operating environments and conditions, lubrication requirements, loading supports, and other factors can materially affect the application and operating results of the products and components and the customer should carefully review its requirements. Any technical advice or review furnished by Regal Beloit America, Inc. and/or its affiliates ("Regal") with respect to the use of products and components is given in good faith and without charge, and Regal assumes no obligation or liability for the advice given, or results obtained, all such advice and review being given and accepted at customer's risk.

For a copy of our Standard Terms and Conditions of Sale, please visit <http://www.regalbeloit.com> (please see link at bottom of page to "Standard Terms and Conditions of Sale"). These terms and conditions of sale, disclaimers and limitations of liability apply to any person who may buy, acquire or use a Regal product referred to herein, including any person who buys from a licensed distributor of these branded products.

Regal, Spec and System Plast are trademarks of Regal Beloit Corporation or one of its affiliated companies.
 ©2018 Regal Beloit Corporation, All Rights Reserved.

