

KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU

Kappaleautomaation osaprosessin suunnittelu

Juha Teikari

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö
Konetekniikka
Insinööri(AMK)

KEMI 2011

ALKUSANAT

Kiitän työn valvojina toimineita DI Lauri Kantolaa Kemi-Tornion Ammattikorkeakoulusta, sekä Autoprod Oy:n Jouni Koskenniemeä ja Jari Kiviniemeä. Erityiskiitokset Autoprod Oy:n Jari Kiviniemelle hyvästä opastuksesta mekaniikassa.

Kiitän kaikkia henkilöitä, jotka ovat auttaneet ja opastaneet minua työssäni.

TIIVISTELMÄ

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Tekniikan yksikkö	
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Opinnäytetyön tekijä	Juha Teikari
Opinnäytetyön nimi	Kappaleautomaation osaprosessin suunnittelu
Työn laji	Opinnäytetyö
Päiväys	01.03.2011
Sivumäärä	36
Opinnäytetyön ohjaaja	DI Lauri Kantola
Yritys	Autoprod Oy
Yrityksen yhteyshenkilö/valvoja	Jari Kiviniemi ja Jouni Koskenniemi

Opinnäytetyön aihe on saatu Autoprod Oy:ltä. Lähtökohtana on ideoida ja suunnitella mekaanisesti toimiva kappaleiden keskittäjä kuljettimelle ja samalla oppia toimimaan eri alojen, kuten automaatio- ja ohjelmistotiimien kanssa yhteistyössä.

Keskittäjän tehtävä on suoristaa linjalla kulkeva kappale keskelle kuljetinta leveys- ja pituussuunnassa. Kuljettimella kulkee erilevyisiä, -paksuisia ja -pituisia kappaleita, mikä aiheuttaa omat haasteensa keskittäjän toteutukselle. Keskitettyyn kappaleeseen tartutaan kiinni ylhäältä käsin ja nostetaan välivarastoon, mistä se jatkaa matkaansa prosessissa. Keskittäjä suunnitellaan mekaanisesti toimivaksi kokonaisuudeksi käyttämällä Autodesk Inventor Professional 2008 -suunnitteluohjelmaa.

Aihe rajoittuu kappaleen kuljettimelle keskittävään laitteeseen. Keskittäjän paikkaa pystytään tutkimaan, ideoimaan ja suunnittelemaan Autoprod Oy:n tiloissa. Kohteen tutkiminen tapahtuu tutustumalla mahdollisesti jo olemassa oleviin laitteisiin, jotka tekevät samaa työtä kuin keskittäjä.

Keskitin saatiin suunniteltua valmistettavaan pisteeseen. Valmistuksen kannalta oleelliset asiat kuten piirustukset ovat valmiita. Keskittäjän toimivuus testattiin Autodesk Inventor Professional 2008 -suunnitteluohjelmalla. Keskittäjää ei kuitenkaan valmistettu vielä, koska sen tarvetta prosessissa ei vielä tarkalleen tiedetä.

Asiasanat: automaatio, kuljetin, mekaniikkasuunnittelu.

ABSTRACT

Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology	
Degree Programme	Mechanical And Production Engineering
Name	Juha Teikari
Title	Designing Subprocess Of One Piece Automation
Type of Study	Bachelor`s Thesis
Date	March 01, 2011
Pages	36
Instructor	Lauri Kantola, MSc
Company	Autoprod Oy
Supervisor from Company	Jari Kiviniemi and Jouni Koskenniemi, BSc Autoprod Oy

The thesis was commissioned by Autoprod Oy. The starting point of the project was to design a mechanical item positioner for a conveyer. Furthermore, one goal of the project was to learn how to cooperate with different parties in the field, e.g. with automation and software development teams.

The task of a positioner is to straighten the component into the middle of the conveyer. There are items of different width, thickness, and length on the conveyer that causes certain challenges to the accomplishment of the positioner. The item that is positioned is grasped from above and then lifted to the intermediate storage, where it will continue its way in the process. The outcome of the project will be a mechanically functional entity that is realised by using Autodesk Inventor Professional 2008 design programme.

The focus of this project is limited to the device that will position the item into the conveyer. The place of the positioner can be studied and planned at Autoprod's premises. The research is done by familiarizing with the existing device (if there are any) that will have the same task as the positioner.

The outcome of the project was a positioner that could be manufactured. The elements crucial for production, like the drawings, are ready. The functionality of the positioner was tested by using Autodesk Inventor Professional 2008 programme. The production of the positioner has not been started yet, because more research is needed to see if and how it is needed in the process or not.

Keywords: automation, conveyor, mechanical design.

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT	I
TIIVISTELMÄ	II
ABSTRACT	III
SISÄLLYSLUETTELO	IV
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET	V
1. JOHDANTO	1
2. TOIMINTAYMPÄRISTÖ	2
3. SUUNNITTELUA OHJAAVAT STANDARDIT	3
4. SUUNNITTELU-TOIMINNAN ORGANISOINTI	4
4.1. Suunnitteluryhmä	4
4.2. Suunnittelupari	5
5. SUUNNITTELU-PROSESSIN RAKENNE	6
5.1. Tehtävän selkeytys	8
5.2. Luonnostelu	8
5.3. Alustava malli	9
5.4. Lopullinen malli	10
6. SUUNNITTELU-TOIMINNAN LÄHTÖKOHDAT	11
7. LAITTEEN SUUNNITTELU	12
7.1. Luonnos 1	13
7.2. Luonnos 2	14
7.3. Luonnos 3	16
7.4. Luonnos 4	18
7.5. Alustava malli	19
7.5.1. Soveltuvuus tehtävään	19
7.5.2. Luonnoksen 3 toimintaperiaate	20
7.5.3. Luonnoksen 4 toimintaperiaate	22
8. PAINEILMAYMPÄRISTÖN MITOITUS	25
9. HAMMASPYÖRIEN MITOITUS	27
10. LINEAARIKELKOILLE KOHDISTUVA MOMENTTI	28
11. KUSTANNUSARVIOT	31
11.1. Teräsmateriaalit ja asennus	31
11.2. Komponentit ja laitteet	32
11.3. Luonnokset	33
12. DOKUMENTOINTI	34
13. YHTEENVETO	35
14. LÄHDELUETTELO	36

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

N	newton
Nm	newtonmetri
kN	kilonewton
kNm	kilonewtonmetri
mm ²	neliömillimetri
mm/s	millimetriä sekunnissa
bar	paineen yksikkö bar
Mpa	paineen yksikkö megapaskal
lkm	lukumäärä
max	maksimissaan
€/kg	euroa/kilogramma
€/kpl	euroa/kappale
kpl/kg/m/h	kappale/kilogramma/metri/tunti
3D	kolmiulotteinen

1. JOHDANTO

Opinnäytetyön aihe ”kappaleautomaation osaprosessin suunnittelu” on saatu Autoprod Oy:ltä. Autoprod Oy on syksyllä 2005 perustettu koneautomaation tuotekehitysyritys. Työn tavoitteena on ideoida ja suunnitella kappaleiden keskittäjä kuljettimelle ja samalla oppia toimimaan eri alojen, kuten automaatio- ja ohjelmistotiimien kanssa yhteistyössä.

Keskittäjän tehtävä on suoristaa linjalla kulkeva kappale keskelle kuljetinta leveys- ja pituussuunnassa. Kuljettimella kulkee erilevyisiä, -paksuisia ja -pituisia kappaleita, mikä aiheuttaa omat haasteensa keskittäjän toteutukselle. Keskitettyyn kappaleeseen tartutaan kiinni ylhäältä käsin ja nostetaan välivarastoon, mistä se jatkaa matkaansa prosessissa. Työ suunnitellaan mekaanisesti toimivaksi kokonaisuudeksi käyttämällä Autodesk Inventor Professional 2008 -suunnitteluohjelmaa.

Aihe rajoittuu kappaleen kuljettimelle keskittävään laitteeseen. Keskittäjän paikkaa pystytään tutkimaan, ideoimaan ja suunnittelemaan Autoprod Oy:n tiloissa. Kohteen tutkiminen tapahtuu tutustumalla mahdollisesti jo olemassa oleviin laitteisiin, jotka tekevät samaa työtä kuin keskittäjä. Tutkimiseen käytetään käytännön kokeiluja, sekä tiedonhakua internetistä ja kirjoista.

Annettuun aiheeseen perehdytään ja tehdään taustatutkimusta mahdollisista jo olemassa olevista samaa työtä tekevästä laitteista. Suunnittelutyössä noudatetaan prosessikaaviota. Työssä on käytetty muutamia valmiita prosessikaavioita, joita on sovellettu juuri tähän kyseiseen työhön sopiviksi. Prosessikaavio ohjaa itse suunnitteluprojektin kulkua ja jäsentelee työvaiheet pienempiin vaiheisiin, jotta työssä eteneminen olisi selkeämpää.

2. TOIMINTAYMPÄRISTÖ

Autoprod Oy on syksyllä 2005 perustettu koneautomaation tuotekehitysyritys. Yhtiö kehittää patentoidun tekniikkansa avulla standardoidun kiinnitystekniikan omaavien rakenteiden kokoonpanoautomaattia. Yhtiön kehittämän kokoonpanoautomaatin tuotteistaminen ja ensimmäiset asiakastoimitukset tapahtuvat todennäköisesti vuonna 2011. Tuotteistamiseen liittyy vielä sellaista uutta tekniikkaa, josta yhtiö ei halua antaa julkisuuteen mitään tietoa. /8/

Opinnäytetyössä on käytetty parametristä piirremallinnusjärjestelmää. Parametrisellä piirremallinnusjärjestelmällä tarkoitetaan tietokoneavusteista suunnitteluohjelmistoa, jonka avulla suunniteltava kohde mallinnetaan kolmiulotteisen geometrian avulla. Kolmiulotteista tuotemallia voidaan käyttää huomattavasti kaksiulotteista piirustusta tehokkaammin hyödyksi useassa eri tapauksessa, esimerkiksi tutkittaessa mekaanisen laitteen toimintaa. Tällöin mm. osien törmäykset toisiinsa saadaan helposti selville. Kolmiulotteisten kappaleiden avulla voidaan jäljittää myös mahdolliset kokoonpanoissa esiintyvät virheet, jotka aiheuttaisivat osien yhteensopimattomuutta fyysisessä kokoonpanossa. Yhdestä ja samasta 3D-mallista generoidut piirustukset ovat itse asiassa kokoelmia ikkunoita, joiden kautta mallia katsellaan. Siksi kaikki mallissa tapahtuvat muutokset päivittyvät automaattisesti kaikkiin piirustuksiin, joissa se esiintyy. Opinnäytetyössä on käytetty Autodesk Inventor Professional 2008 -mallinnusohjelmaa.

/3/

3. SUUNNITTELUA OHJAAVAT STANDARDIT

Standardoinnilla pyritään poistamaan hyödykkeiden tarpeettomia erilaisuuksia ja lajirunsautta, sekä määrittelemään tuotteiden ja raaka-aineiden laatu, muodot, mitat ja muut suureet tarkoituksenmukaisella tarkkuudella. Standardoinnin työn tulos julkaistaan asiakirjassa, jota kutsutaan standardiksi./1/

Autoprod Oy noudattaa konedirektiiviä. Konedirektiivi 2006/42/EY on tullut voimaan 29.12.2009. Konedirektiivi koskee koko EU/ETA-aluetta. Suomessa direktiivi on saatettu voimaan koneasetuksella (VNa 400/2008). Uuden direktiivin astuttua voimaan vanhan version 98/37/EY ja sitä vastaavan konepäätöksen (VNp 1314/1994) soveltaminen lopetettiin. Uutta konedirektiiviä tukeva opas on julkaistu 9.12.2009, mutta se on toistaiseksi julkaistu vain englanninkielisenä. /7/

Vuoden 2009 loppuun mennessä oli päivitetty 518 kappaletta konedirektiivin liitteen I olennaisia turvallisuusvaatimuksia tukevia yhdenmukaistettuja CENin standardeja. Päivitettäviä CENin standardeja on kaikkiaan lähes 600 kappaletta. EU:n virallisessa lehdessä julkaistiin 18.12.2009 yhdenmukaistettujen standardien luettelo, jossa on mainittu runsaat 470 standardia. Standardille EN 954-1:1996, joka käsittelee ohjausjärjestelmiä, on annettu vielä kahden vuoden siirtymäkausi yhdenmukaistettuna standardina. Euroopan komissio julkisti 29.12.2009 EU:n virallisessa lehdessä standardin siirtymiskauden pituuden. Konedirektiivi koskee periaatteessa kaikkia koneita, myös omaan käyttöön valmistettavia./7/

4. SUUNNITTELUTOIMINNAN ORGANISOINTI

1800-luvun loppupuolella tapahtunut valtava tekniikan kehitys johtuneen suurelta osin siitä, että suunnittelutoimintaa alettiin toteuttaa ryhmissä yhteisen tavoitteen saavuttamiseksi. Ryhmätyöskentelyssä ajatuksena on, että eri alojen osaajat täydentävät toisiaan. Pelkästään kieleen perustuva ajatuksenvaihtohan oli vain muutamia prosentteja siitä, mihin yksilön tietoinenkaan ajattelu kykenee, puhumattakaan alitajuisesta tiedon käsittelystä. /6/

Autoprod Oy:ssä toimii mekaniikka, automaatio sekä ohjelmisto ryhmien työntekijöitä. Jokaisen alan työntekijät ovat kytköksissä toisiinsa projektin tiimoilta. Esimerkiksi mekaniikkaa suunniteltaessa on otettava huomioon asioita myös automaation ja ohjelmoinnin kannalta. Työntekijöiden väliset suhteet ovat siis tärkeässä osassa työn edistymisen kannalta. Hyvä kommunikointi työntekijöiden välillä tiivistää suunnitteluryhmiä ja parantaa projektin etenemistä.

4.1. Suunnitteluryhmä

Suunnitteluryhmä kootaan tavallisesti toteuttamaan jotain projektia. Ryhmä tulisi pyrkiä kokoamaan siten, että siihen tulee tarpeeksi osaamista riittävän monipuolisesti. Monialaosaamisen ollessa kyseessä on syytä hankkia jokaiselle osa-alueelle ainakin yksi erityisen ammattitaitoinen henkilö./5/

Ryhmään pyritään sekoittamaan sopivasti eri-ikäisiä ammattilaisia. Ryhmän johtoon valitaan tavallisesti alaa tunteva kokenut suunnittelija, joka haluaa tehtävään. Koskaan ei voi olla aivan varma siitä, tuleeko ryhmä täysin toimimaan. Uuden ryhmän toiminta ei yleensä ala kitkattomasti, koska kaikkien on totuttava toimimaan yhteistyössä keskenään. Yleensä ihminen on melko joustava, mutta on silti syytä seurata ryhmän sisäisiä suhteita ja pyrkiä mahdollisesti vaihtamaan sopeutumattomia jäseniä toisiin tehtäviin./5/

Autoprod Oy:n mekaniikkasuunnitteluryhmä koostuu tällä hetkellä neljästä suunnittelijasta. Ryhmään kuuluu kaksi kokeneempaa suunnittelijaa, joista toinen vastaa koko projektin etenemisestä mekaniikan osalta sekä projektin pohjapiirroksista. Kaksi nuorempaa suunnittelijaa suunnittelevat projektin pienempiä kokonaisuuksia. Ryhmässä vallitsee luova ja rento ilmapiiri, mitkä osaltaan auttavat töiden etenemisessä.

Uusien kokonaisuuksien suunnittelussa on tärkeää, että kaikki pystyvät ilmaisemaan omat hulluimmatkin ideansa pelkäämättä tyrmäävää vastareaktiota muilta työntekijöiltä. Uudet innovatiivisimmat ratkaisut saavat monesti alkunsa jopa hullunkurisista ideoista ja siksi on tärkeää, että jokainen voi huoletta ilmaista oman mielipiteensä.

4.2. Suunnittelupari

Suunnitteluryhmissä syntyy yleensä suunnittelupareja. Suunnittelupari tulee erityisen hyvin toimeen keskenään, eikä heidän kommunikointinsa välttämättä rajoitu vain työasioista keskusteluun vaan heistä voi tulla jopa perhetuttuja. Yleensä he seuraavat toistensa töitä ja pyytävät toista kommentoimaan omia töitään. Ominaista heille on, että heidän ammatillinen osaaminen painottuu hieman eri tavoin. Koneensuunnittelussa toinen voi esimerkiksi olla paremmin perillä lujuusopista ja toinen hydraulikasta. Suunnitteluparien muodostuminen on hyvä asia, sillä se lisää kummankin osapuolen osaamista ja luotettavuutta./5/

Autoprod Oy toimii suunnitteluryhmien voimin, eikä varsinaisia suunnittelupareja ole havaittavissa. Suunnitteluparit muodostuvat ajan myötä, eikä niitä ole tarkoituskaan perustaa samalla tavoin kun suunnitteluryhmiä. Voisi sanoa, että suunnittelupareja syntyy jos on syntyäkseen.

5. SUUNNITTELUPROSESSIN RAKENNE

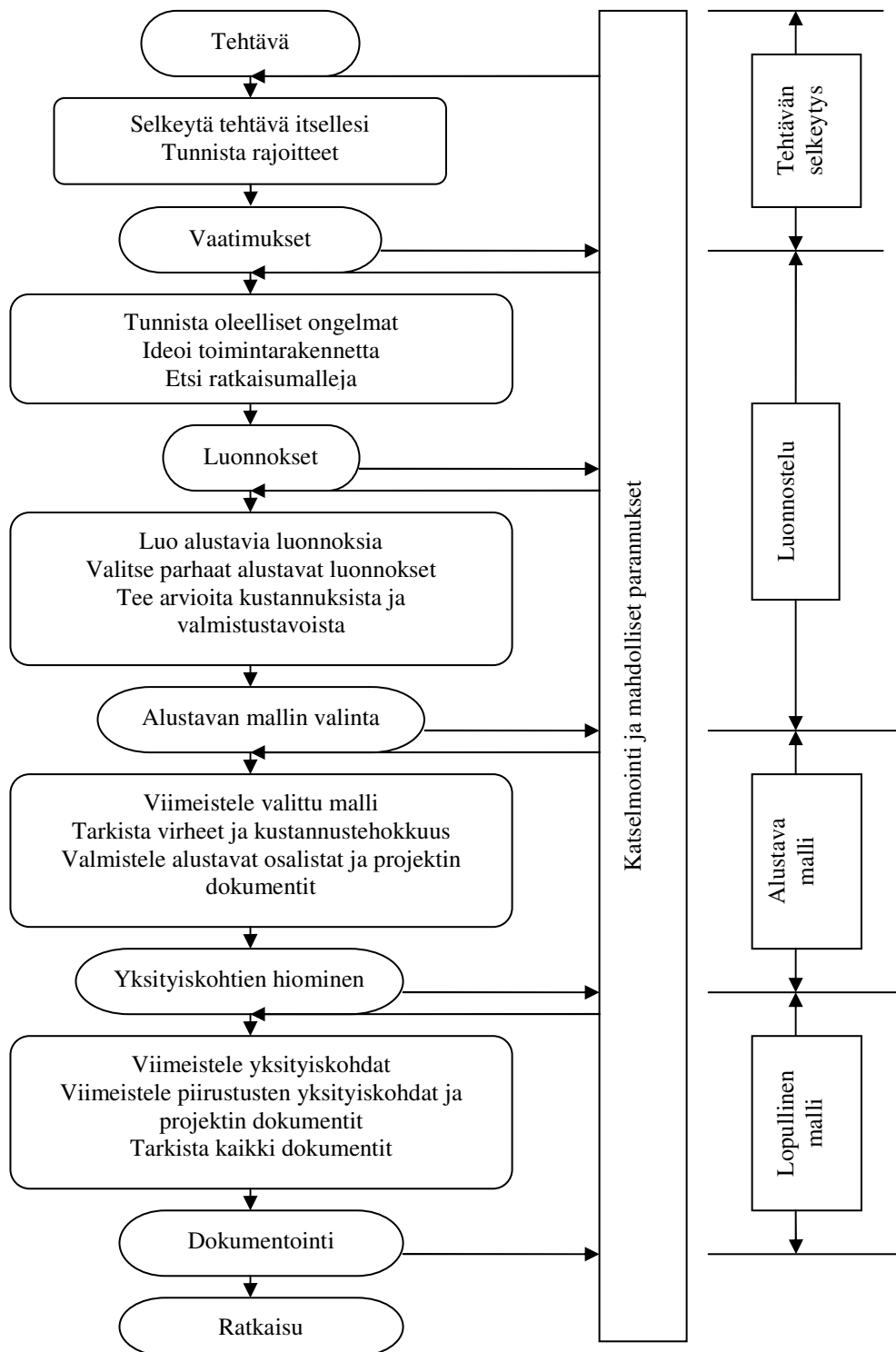
Tässä osiossa käsitellään suunnitteluprosessin rakennetta teoriassa. Laitteen suunnittelussa mukailaan tämän osion kulkua käytännössä.

Suunnittelu on monipuolinen ja pitkälle kehittynyt prosessi. Myös suunnittelijat ja heidän tapansa lähestyä ongelmaa tai tehtävää eroavat toisistaan. Kaikkiin suunnittelutehtäviin kuuluu kuitenkin tiettyjä samoja piirteitä.

Suunnittelu lähtee yleensä liikkeelle tarpeesta. Tarpeen lähtökohta vaihtelee kuitenkin laajalti. Kun suunnittelusta on lähdetty rakentamaan erilaisia ratkaisumalleja, on ongelmaksi muodostunut sen osan kuvaaminen, joka tapahtuu prosessin aikana suunnittelijan päässä. Yleensä suunnittelua on lähestytty kahdesta eri näkökulmasta; on joko korostettu esteettisen ja visuaalisen suunnittelun ensiarvoisuutta tai teknisen ja tuotannollisen suunnittelun toimivuutta.

Eri suunnitteluprosesseista on sovellettu Product design: Fundamentals and Methods kirjasta löydettyjä ”French-”, ”Pahl- and Beitz”, sekä ”VDI 2221” -rakenteita noudattavia suunnitteluprosesseja, koska ne vastasivat parhaiten tämän suunnitteluprojektin tarpeita.

Prosessikaaviosta (kuva1.) selviää suunnitteluprojektin kulku. Kaaviossa oikealla on projektin ”pääotsikot”, jotka on tarkemmin selitetty samannimisissä alaotsikoissa. Laatikoiden välillä olevat nuolet tarkoittavat suuntaa miten projektissa edetään esimerkiksi kohdasta ”vaatimukset” => ”katselmointi ja mahdolliset parannukset” => ”tunnista oleelliset ongelmat jne.”. Kaavio helpottaa projektissa etenemistä jakamalla sen pienempiin osiin.



Kuva 1. Prosessikaavio /2/

5.1. Tehtävän selkeytys

Tässä vaiheessa tuotesuunnittelun osasto tai joku ulkopuolinen asiakas on kerännyt ongelmaan kohdistuvat tiedot ja antanut ne suunnittelijalle. Suunnitteluvaatimukset laaditaan näihin tietoihin perustuen. Vaatimukset määrittelevät toiminnot ja ominaisuudet uudelle tuotteelle. Samalla käy ilmi ratkaisuun ja suunnitteluprosessiin liittyvät rajoitteet kuten standardit ja valmistumispäivämäärä. /2/

Vaatimukset ohjaavat työtä suunnittelun kaikissa vaiheissa. Työn myöhemmissä vaiheissa voi käsitys ongelmasta muuttua ja uutta tietoa tulla esille. Tämän vuoksi alkuperäisen suunnitelman muutokset ja parannukset tulisi päivittää säännöllisesti (katselmointi). /2/

5.2. Luonnostelu

Vaatimukset edellyttävät, että yleiset ratkaisut tulee arvioida, tämä tarjoaa sopivan lähtökohdan lopulliseen ja yksityiskohtaiseen suunnitteluun. Yleisiä ratkaisuja kutsutaan konsepteiksi ja ne dokumentoidaan normaalisti luonnoksina. /2/

Luonnosteluvaihe aloitetaan määrittämällä yleiset ja tärkeät toiminnot, jotta voidaan vahvistaa niiden toimintarakenne. Seuraava työvaihe on sisällyttää alitoiminnot tai -ongelmat kokonaisvaltaiseen ratkaisuun, tämä auttaa pitämään pääkokoonpanon ajan tasalla. Tällaisia yhdistäviä ratkaisuperiaatteita kutsutaan pääasiallisiksi ratkaisuiksi. Pääasiallinen ratkaisu sisältää ne fyysiset ja tekniset muuttujat, jotka ovat tärkeitä tuotteen toimivuuden kannalta. /2/

Pääasiallinen ratkaisu ei saa kuitenkaan perustua ainoastaan tekniseen puoleen. Käyttöön liittyvät kriteerit kuten ulkomuoto, kustannukset ja materiaalivalinnat tulee myös ottaa huomioon. Tämän vuoksi pääasialliset ratkaisut täytyy muuttaa luonnoksiksi, jotka näyttävät osan mitat. Konsepti tai luonnos tulisi tehdä pisteeseen, jossa jokainen osa pystyy suorittamaan suuremman työvaiheen ottaen huomioon rakenteelliset suhteet muihin komponentteihin. Luonnos tulisi tehdä riittävän tarkasti, jotta sen pohjalta olisi mahdollista

arvioida kustannukset, painot ja päämitat, myös toteutettavuus tulisi varmistaa niin pitkälle kuin olosuhteet sallivat. /2/

Luonnostelu nähdään yleensä tärkeimpänä vaiheena suunnitteluprosessissa, koska siinä tehdyt valinnat vaikuttavat vahvasti suunnitteluprosessin myöhempiin vaiheisiin. Heikkoa luonnosta ei koskaan pystytä kääntämään optimaaliseen yksityiskohtien suunnitteluun./2/

Luonnoksia on hyvä tehdä useita erilaisia, jos joku luonnos vaikuttaa aluksi hyvältä mutta tuo myöhemmissä vaiheissa ylitsepääsemättömiä esteitä ei niitä kannata yrittää ratkaista väkisin, luonnoksen voi niin sanotusti jäädyttää ja lähteä tutkimaan ratkaisua eri näkökulmista. Jäädytettyynkin luonnokseen voi tulla yllättäviä ratkaisuja, kun ongelmaa tai tehtävää pyritään välillä katsomaan eri näkökulmista.

Katselmointeja on hyvä tehdä riittävän usein, sillä ne mahdollisesti avaavat uusia näkökulmia suunnitteluun. Autoprod Oy:ssä jokainen valmistettava tuote läpäisee useampia katselmointeja ennen tuotantoon laittoa. Katselmointi pidetään yleensä palaverimuotoisena, missä tuotteen suunnittelusta vastaava suunnittelija kertoo yksityiskohtaisesti omat ratkaisunsa tuotteeseen. Katselmointeja voidaan pitää myös pienemmässä mittakaavassa, esimerkiksi toisen suunnittelijan mielipiteen kysymistä johonkin ongelmaan voidaan pitää katselmointina.

5.3. Alustava malli

Tässä vaiheessa valitusta luonnoksesta kehitetään lopullinen ratkaisu, jota kutsutaan myös lopulliseksi malliksi. Lopullinen malli määrittää kokoonpanojen, komponenttien ja osien järjestyksen, sekä niiden geometriset muodot, mitat ja materiaalit. /2/

Vastoin mitä sana ”lopullinen” antaa ymmärtää, lopullisen ratkaisun ei tarvitse olla täysin yksityiskohtaisesti valmis. Sen vuoksi tämä osio on otsikoitu nimellä ”Alustava malli”. Tuotteen kokoonpano ja osien muoto tulee saattaa siihen pisteeseen, missä voidaan testata

kaikki tuotteen oleelliset vaatimukset. Tilanne olisi ihanteellinen, jos pystyttäisiin valmistamaan tuotteesta valmis malli tai prototyyppi. /2/

Kokoonpanossa tehdyt valinnat sekä komponenttien ja osien muodot ovat vahvasti kytköksissä toisiinsa. Alustavan mallin suunnittelu sisältää enemmän korvaavia jaksoja kuin luonnostason suunnittelu, joissa analyysi, simulaatio ja arviointi vuorottelevat ja täydentävät toisiaan. Alustavan mallin suunnittelu on pääasiassa prosessi, jossa jatkuvasti jalostetaan valittua luonnosta etenemällä ongelmasta toiseen, ennakoimalla vielä tehtäviä päätöksiä ja korjaamalla aiempien päätösten valossa nykytilannetta. Tästä johtuen on vaikea luoda yleisesti pitävä yksityiskohtainen suunnitelma tässä vaiheessa. /2/

Pahl and Beitz -suunnitteluprosessissa muodon suunnittelu jakautuu kahteen osaan. Ensimmäinen osa johtaa alustavaan suunnitteluun, jossa pääasiallinen toiminta keskittyy kokoonpanon, muodon ja materiaalin alustavaan määrittelyyn. Tässä vaiheessa useat luonnosvaihtoehdot ovat usein toimineet rinnakkain, jotta löydettäisiin optimaalisin ratkaisu kokoonpanoon./2/

Toisessa vaiheessa täsmennetään paras alustava suunnittelu siihen pisteeseen, että voidaan tehdä kaikki suurimmat päätökset koskien kokoonpanoa ja tuotteen muotoa. Tässä vaiheessa testataan myös tuotteen toimivuus, ulkomuoto, asiakkaan mieltymykset, luotettavuus, valmistettavuus ja hinta. Normaalisti tämän vaiheen lopussa on tehty suunnitteluun liittyvät piirustukset mittakaavassa, merkattu tärkeimmät mitat, sekä tehty alustava osaluettelo./2/

5.4. Lopullinen malli

Viimeisessä vaiheessa tuotteen geometrinen muoto, mitat, toleranssit, pinnanlaatu ja materiaalit viimeistellään, sekä tehdään kokoonpanopiirustukset, osakuvat ja osaluettelot. Tuotteen kokoamis-, testaus- ja huolto-ohjeet tulee myös tehdä valmiiksi./2/

6. SUUNNITTELU TYÖN LÄHTÖKOHDAT

Suunnittelutyö aloitettiin perehtymällä laitteen toimintaympäristöön ja sitä kautta sille esiintyviin rajoitteisiin. Suurimmat rajoittavat tekijät keskittäjän toiminta-alueella ovat välivarasto ja sen tukijalat, sekä kuljetin. Kuljettimen toisella puolella on esteenä välivarasto ja toisella puolella välivaraston tukijalat. Tässä vaiheessa oli vielä hankalaa ottaa tarkkoja mittoja, koska kuljetinta ei ollut vielä asennettu välivaraston ja sen tukijalkojen väliin. Toimintaympäristöön perehtymällä hahmotetaan pääpiirteittäin, mihin keskittäjän tulisi mahtua ja karkeasti myös sen miten keskittäjän tulisi toimia.

Aluksi etsittiin erilaisia laitteita, joista olisi hyötyä keskittäjän suunnittelussa. Esimerkiksi hakkeen kuljettamisessa kuljettimen hihna on kourulla ja hihnaa keskitetään ohjausrullien avulla. Tällainen kuljetinratkaisu on epätarkka, eikä sitä ole varsinaisesti tarkoitettu kappaleiden keskittämiseen. Keskittäjän tulisi keskittää kappale keskelle kuljetinta muutamien millien tarkkuudella. Löydetyt menetelmät eivät vastanneet tarvetta, joten suunnittelu aloitettiin puhtaalta pöydältä.

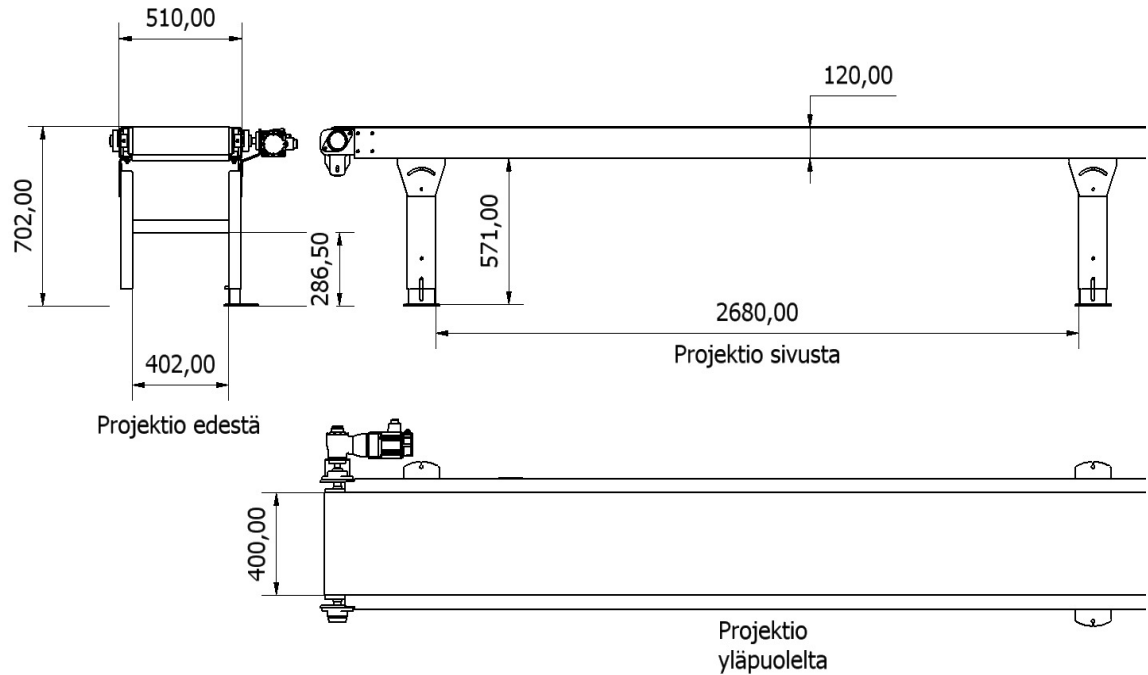
7. LAITTEEN SUUNNITTELU

Tehtävänä on suunnitella kappaleiden keskittäjä hihnakuljettimelle. Keskittäjän tulisi keskittää erilevyiset (70, 98, 123, 148, 173, 198, 223 mm), -pituiset (250 - 6000 mm) ja -paksuiset (42, 48 mm) kappaleet keskelle kuljettimen hihnaa, jotta ne voivat jatkaa matkaansa prosessissa. Kappaleet nostetaan pois kuljettimelta, joten keskittäjä ei voi olla kuljettimen päällä kiinteästi.

Kuljettimen mitat ja sen ympärillä oleva tila asettavat myös rajoituksia suunnittelulle. Kuvasta 2 (projektio edestä) ilmenee kuljettimen korkeus (702 mm), leveys (520 mm), jalkovälin leveys (402 mm), sekä jalkojen välissä olevan tukirakenteen etäisyys maasta (286,50 mm). Kuljetin on matalimmillaan 702 mm korkea, mutta sitä pystytään korottamaan n. 50mm, mikä pitää ottaa huomioon suunnittelussa.

Kuvasta 2 (projektio sivusta) selviää kuljettimen jalkovälin mitta pituussuunnassa (2680 mm), jalan korkeus (571 mm), sekä kuljetinosan paksuus (120 mm).

Kuvasta 2 (projektio yläpuolelta) selviää kuljettimen hinnan leveys (400 mm). Keskityksen jälkeen kappaleen keskikohta tulisi olla keskellä kuljettimen hihnaa.



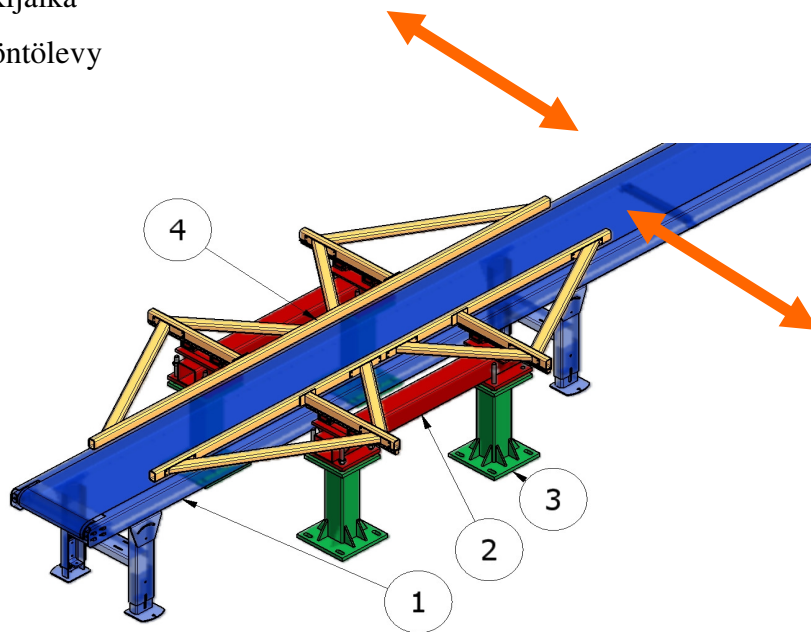
Kuva 2. Hihnakuuljetin

7.1. Luonnos 1

Hihnakuuljettimen molemmin puolin asennettaisiin samanlaiset yksiköt (kuva 3.). Yksiköllä tarkoitetaan yhtä kokonaisuutta, joka koostuu kuvaan 3 numeroilla 2, 3 ja 4 merkityistä osakokoonpanoista. Osakokoonpanot on merkitty eri väreillä helpottamaan kuvan tulkittamista. Keskittäjän vaatima lineaariliike saataisiin aikaan paineilmasylintereillä, jotka tulisivat palkin (nro 2) päälle siten, että sylinterin pää olisi kiinni työntökehikossa (nro 4). Molempien puolien työntökehikot (nro 4) liikkuisivat kuvassa olevien oranssien nuolten mukaisesti lineaarikiskojen varassa. Korkeussäätö onnistuisi tukijalkojen (nro 3) yläpäissä olevilla säädöillä. Säätö toimii kahden lattaraudan välissä olevalla pulttimutterisäädöllä. Yksiköt tulee asentaa niin, että kehikon (nro 4) alapinta on n.5 mm irti hihnakuuljettimen (nro 1) hihnasta. Tarkemmat tiedot hihnakuuljettimesta löytyvät kuvasta 2.

Luonnos 1 on suunniteltu pääosin valmistettavaksi putkipalkkirakenteista. Hitsausta on pyritty käyttämään mahdollisimman vähän, koska hitsisaumat vetelevät rakenteita eikä se ole tarkoissa tehtävissä suotavaa. Kustannusarvio keskittäjästä löytyy kustannusarviot -otsakkeen alta.

- 1 Hihnakuuljetin
- 2 Poikittaispalkki
- 3 Tukijalka
- 4 Työntölevy



Kuva 3. Luonnos 1 ja hihnakuuljetin

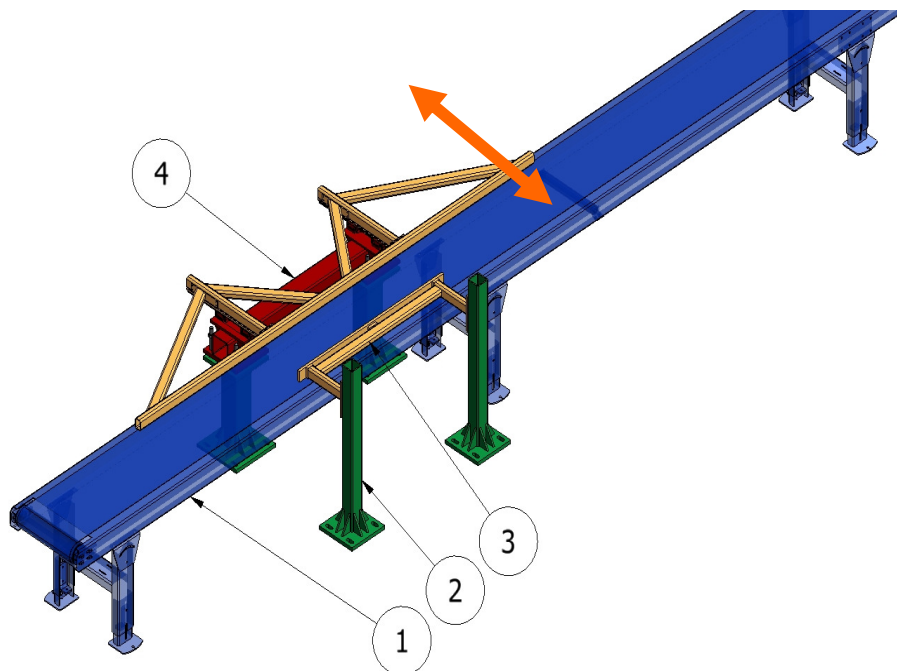
Rakenteeltaan yksiköt ovat tarpeeksi lujia, mutta ongelmaksi osoittautui, että kuljettimen toiselle puolelle ei voida laittaa samanlaista yksikköä tilanpuutteen vuoksi. Ongelma ilmeni tässä vaiheessa, kun saatiin selville suuremman kokonaisuuden mittoja.

7.2. Luonnos 2

Keskusteluissa ohjelmistotiimin jäsenten kanssa kävi ilmi, että kappaleen ei tarvitse olla leveys suunnassa keskellä kuljetin. Tärkeintä on, että kappale on kuljettimella suorassa.

Luonnoksessa 2 säilytettiin luonnoksesta 1 toinen yksikkö (nro 4) ja toiselle puolelle luonnosteltiin kiinteä yksikkö. Kiinteä yksikkö muodostuu kahdesta tukijalasta (nro 2) ja työntölevystä (nro 3). Tällä ratkaisulla kappaleiden keskipiste kuljettimella riippuisi kappaleen leveydestä. Kuvassa 3 oranssi nuoli osoittaa liikkuvan yksikön liikesuunnat. Kustannusarvio luonnoksesta löytyy kustannusarvio -otsakkeen alta.

- 1 Hihnakuuljetin
- 2 Tukijalka
- 3 Kiinteän puolen työntölevy
- 4 Poikittaispalkki



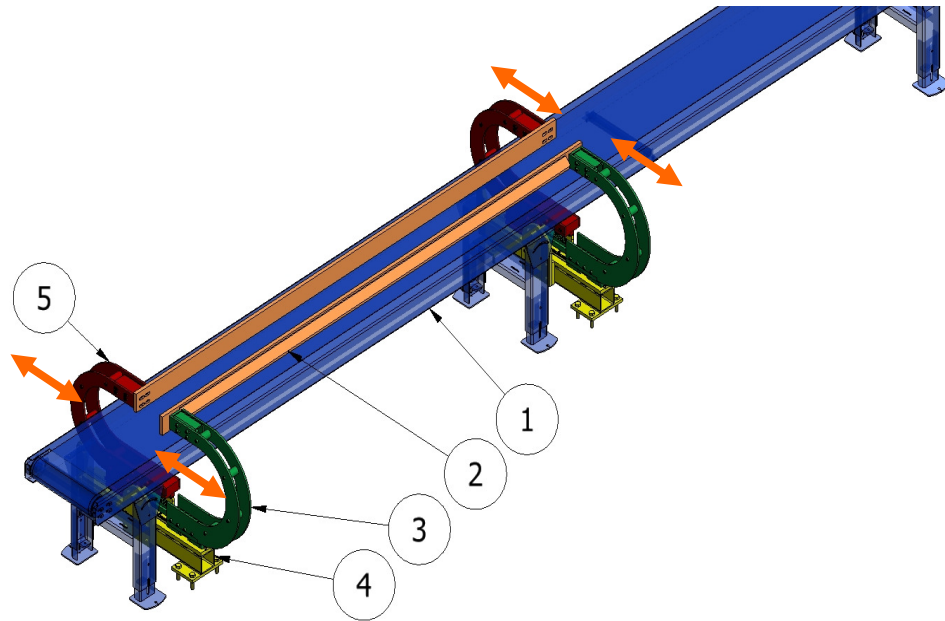
Kuva 3. Luonnos 2 ja Hihnakuuljetin

Ongelmaksi ilmeni kuitenkin kuljettimen hihnan kitka. Hihnan kitkaa päästiin käytännössä kokeilemaan vasta tässä vaiheessa, kun kuljetin oli asennettu. Hihnan kitkaa kokeiltiin kuusi metriä pitkällä kappaleella, joka on suurin keskitettävä kappale. Testauksessa selvisi, että kappaletta työnnettäessä vain toiselta puolelta hihna liikkuu sen mukana. Hihnan tulisi pysyä paikoillaan, kun kappale keskitetään. Tästä johtuen luonnos 2 ei ole hyvä vaihtoehto toteuttamaan keskittäjän tehtävää.

7.3. Luonnos 3

Kolmannessa luonnoksessa keskitys tapahtuu ”C-puristimella”. C-puristin muodostuu kahdesta C-profiilista (kuva 4, nro 3 ja 5). Tässä versiossa on otettu huomioon niin kuljettimen sivuilla oleva tila kuin puristus molemmilta puolilta. Puristusliike saadaan aikaan paineilmasylinterillä ja voima välitetään toiselle puolelle hammaspyörän ja - tangon avulla. C-puristin koostuu kolmesta osakokoonpanosta, C-profiili 1 (kuva 4, nro 3), C-profiili 2 (kuva 4, nro 5) ja jalusta (kuva 4, nro 4). Kappale tulee työntölevyjen (kuva 4, nro 2) väliin, missä se puristetaan suoraan. Kuvassa 4 näkyvät oranssit nuolet kuvastavat C-puristimien liikesuuntia. Kuvassa 4 kaikki samalla värillä merkityt osakokonaisuudet ovat samanlaisia. Kustannusarvio luonnoksesta löytyy kustannusarvio -otsakkeen alta.

- 1 Hihnakuljetin
- 2 Työntölevy
- 3 C-profiili 1
- 4 Jalusta
- 5 C-profiili 2



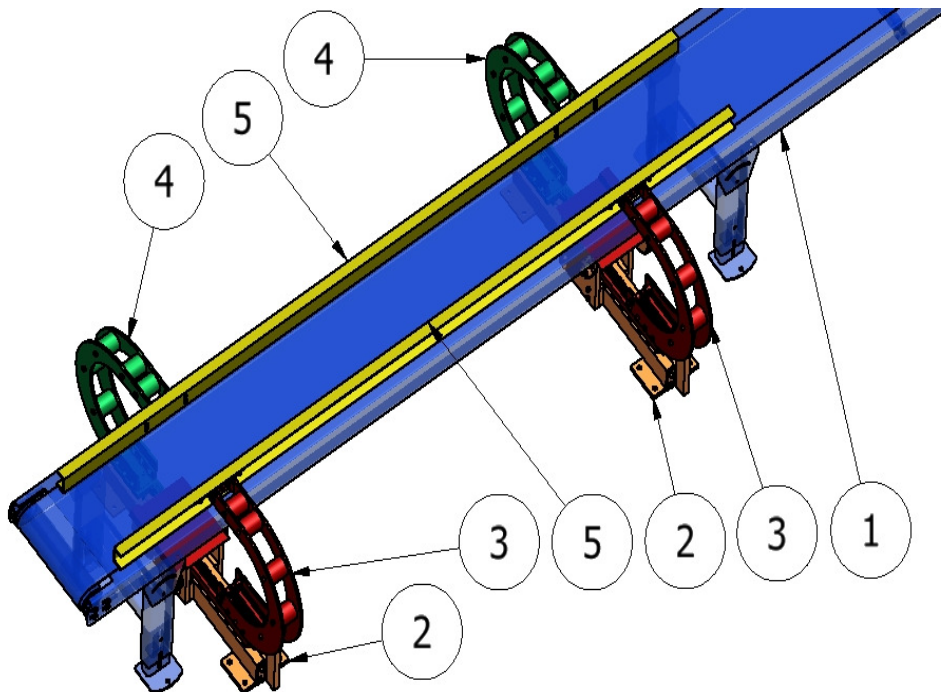
Kuva 4. Luonnos 3 ja hihnakuljetin

C-puristinyksiköitä tulee kuljettimen alle kaksi ja niiden välinen voimansiirto hoidetaan akselilla. Molemmissa yksiköissä on myös omat paineilmasylinterit. Akseli yksiköiden välillä varmistaa, että yksiköt toimivat synkronoidusti.

7.4. Luonnos 4

Neljäs luonnos toimii lähes samalla periaatteella kuin kolmas luonnos. Erona on kuitenkin se, että neljännessä luonnoksessa yksiköiden C-profiilit (kuva 5, nro 3 ja 4) ovat samanlaiset ja helpommin valmistettavissa. Voima välitetään toiselle puolelle hieman eri tavalla kuin kolmannessa luonnoksessa, koska hammastangot ovat samalla tavoin molemmissa C-profiileissa (kuva 5, nro 3 ja 5). Tarkemmat kuvat keskittäjästä ”alustava malli” -otsakkeessa. Kustannusarvio luonnoksesta löytyy kustannusarvio -otsakkeen alta.

- 1 Hihnakuljetin
- 2 Jalusta
- 3 C-profiili, jonka väliin tulee paineilmasylinteri
- 4 C-profiili
- 5 Työntölevy



Kuva 5. Luonnos 4 ja hihnakuljetin

7.5. Alustava malli

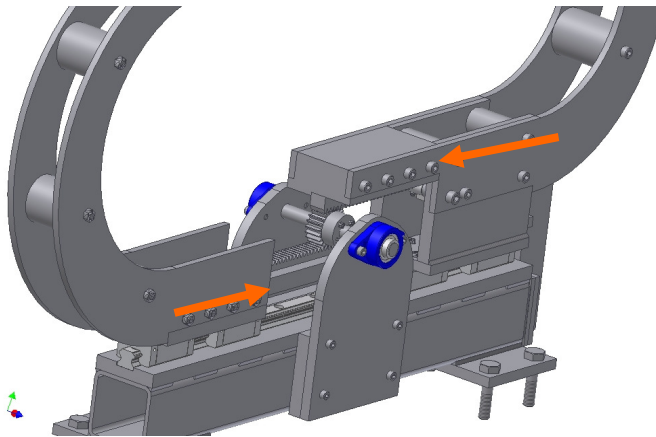
Kolmas ja neljäs luonnos todettiin hyviksi malleiksi toimivuutta, hintaa ja valmistusta ajatellen. Kustannusarviossa (Taulukko 6) paljastuu, että luonnos 3 on halvempi kuin luonnos 4. Alustava malli otsakkeessa vertaillaan luonnoksen 3 ja 4 hyviä ja huonoja puolia.

7.5.1. Soveltuvuus tehtävään

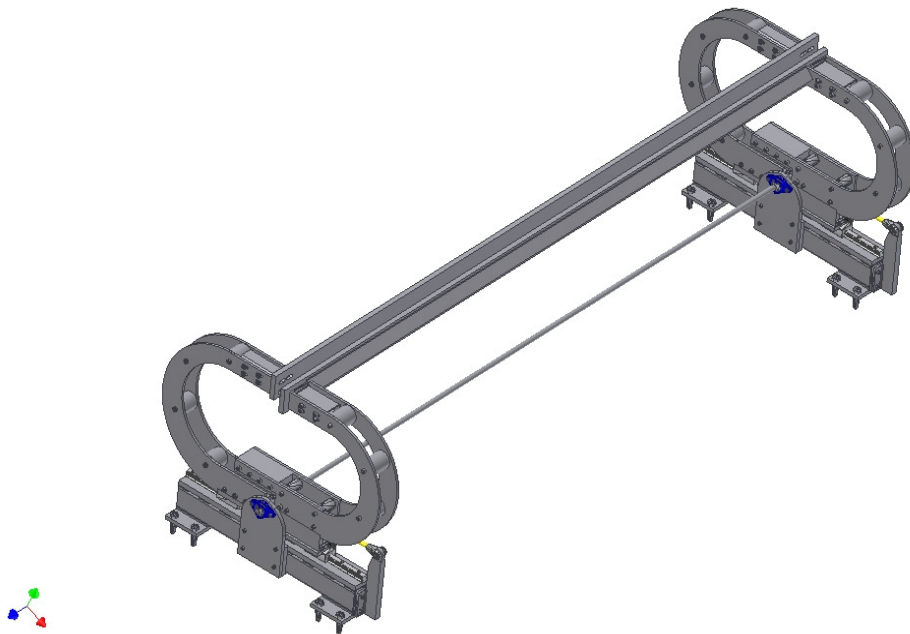
Luonnokset 3 ja 4 ovat hyvin pitkälle samanlaisia. Molemmat luonnokset puristavat kappaleen suoraan molemmilta puolilta kuljetinta kuvien 4 ja 5 mukaisesti. Kumpikin luonnos on soveltuva tehtävään, joten mahdolliseen valmistukseen menevä keskittäjä valikoituu muiden ominaisuuksien myötä. Suurin eroavaisuus luonnosten välillä on voiman välityksessä toiselle C-profiilille, joten päätös mahdolliseen valmistukseen menevästä keskittäjästä löytyy mahdollisesti sitä kautta. Luonnosten 3 ja 4 toimintaperiaatteet on kuvattu tarkemmin otsakkeissa ”Luonnoksen 3 toimintaperiaate”, sekä ”Luonnoksen 4 toimintaperiaate”.

7.5.2. Luonnoksen 3 toimintaperiaate

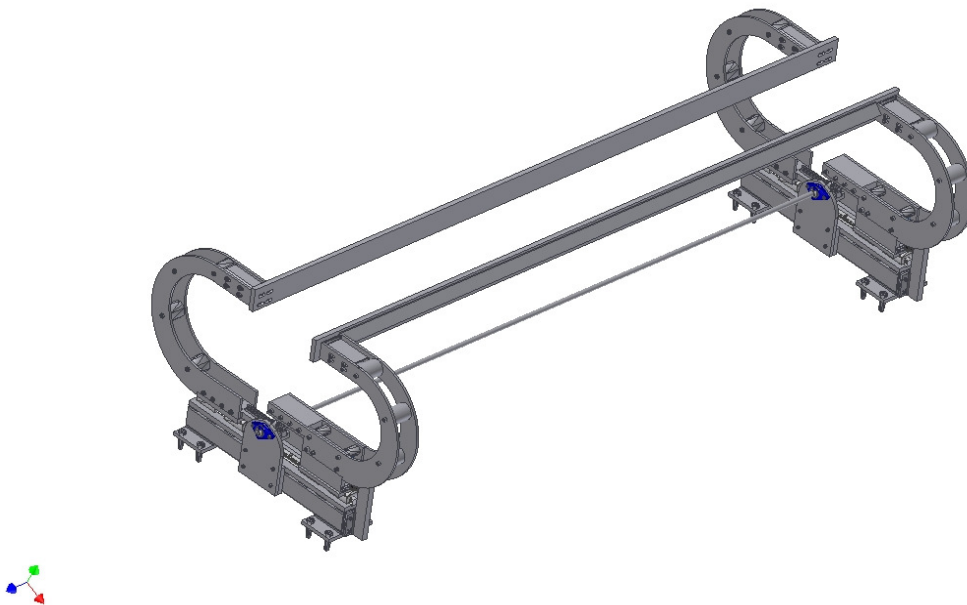
Kuvassa 6 selviää luonnoksen 3 toimintaperiaate. Työntövoima saadaan aikaan paineilmasylinterillä, joka on oikeanpuoleisen C-profiilin välissä (kuva 6). Keskellä oleva hammaspyörä välittää voiman C-profiililta toiselle. Paineilmasynterillä ollessa kiinni ovat C-profiilit kuvan 6 mukaisessa asennossa ja keskittäjä auki-asennossa. Paineilmasynterillä työntyessä ulos liikkuvat C-profiilit oranssien nuolien osoittamaan suuntaan, jolloin kappaleen keskittäminen tapahtuu. Kuvassa 7 näkyy luonnos 3 auki-asennossa jolloin kappaleen odotetaan tulevan työntölevyjä väliin. Kuvassa 8 on luonnos 3 puristus-asennossa, jolloin kappale puristuu työntölevyjä väliin ja suoristuu keskelle kuljetinta. Puristusliikkeen jälkeen keskittäjä palautuu auki -asentoon (kuva 7) ja kappale nostetaan pois kuljettimelta.



Kuva 6. Luonnoksen 3 C-puristinyksikkö



Kuva 7. Luonnos 3 puristus-asennossa



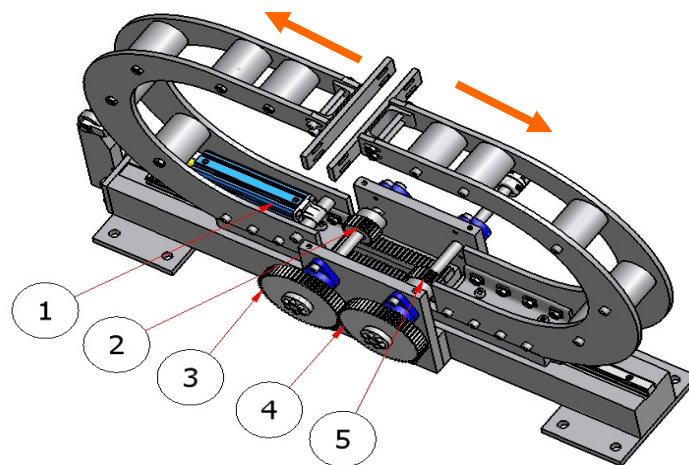
Kuva 8. Luonnos 3 auki-asennossa

7.5.3. Luonnoksen 4 toimintaperiaate

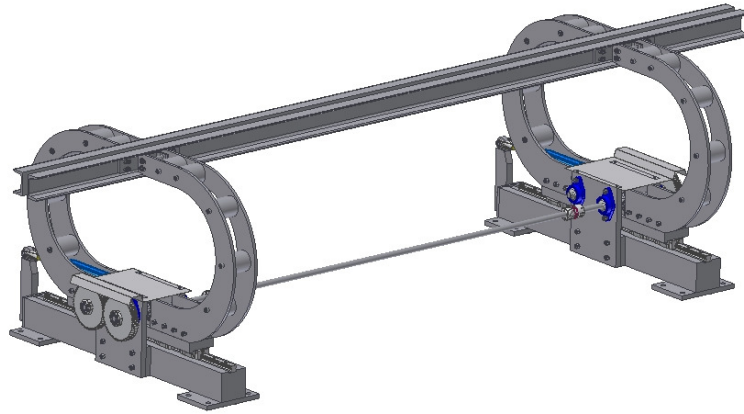
Luonnoksen 4 C-profiilit (kuva 5, Nro 3 ja 4) ovat samanlaisia lukuun ottamatta kahta reikää, jotka tulevat kuvan 9 vasemmanpuoleiseen C-profiiliin paineilmasylinterin kiinnitystä varten. Kuvassa 9 keskittäjä on puristus-asennossa ja paineilmasylinteri työntynyt ulos.

Luonnoksessa 4 voima välittyy toiselle C-profiilille neljän hammaspyörän kautta. Paineilmasyylinterin (Kuva 9, Nro 1) mennessä kiinni asentoon pieni hammasratas (Kuva 9, Nro 2) ja iso hammasratas (Kuva 9, Nro 3) pyörivät myötäpäivään. Isot hammasrattaat (Kuva 9, Nro 3 ja 4), ovat kosketuksissa toisiinsa ja numeron 3 pyöriessä myötäpäivään pyörii numero 4 vastapäivään. Ison hammasrattaan (Nro 4) pyöriessä vastapäivään pyörii samalla myös pieni hammaspyörä (Nro 5) vastapäivään, jolloin molemmat C-profiilit liikkuvat oranssien nuolien suuntaan ja keskittäjä avautuu.

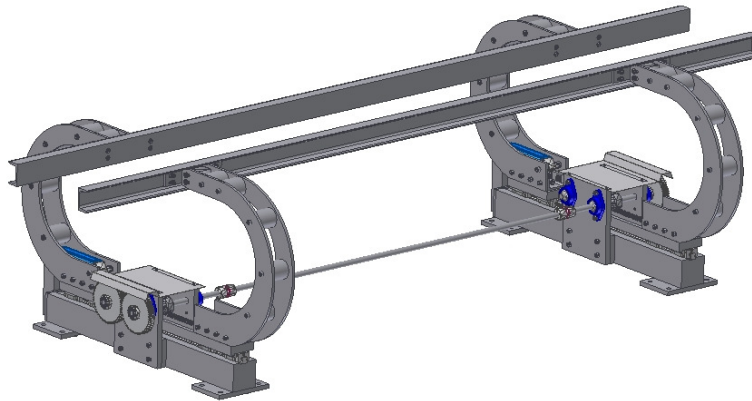
- 1 Paineilmasyylinteri
- 2 Pieni hammasratas
- 3 Iso hammasratas
- 4 Iso hammasratas
- 5 Pieni hammasratas



Kuva 9. Luonnoksen 4 C-puristinyksikkö



Kuva 10. Luonnos 4 puristus-asennossa



Kuva 11. Luonnos 4 auki-asennossa

Yhteenvedona alustavista malleista voidaan todeta, että luonnoksen 3 toimintaperiaate on yksinkertaisempi kuin luonnoksen 4. Luonnoksessa 4 on etuna, että molempien puolien C-profiilit ovat lähes identtisiä. Miinuksena luonnoksessa 4 on, että voiman välitykseen toiselle puolelle joudutaan käyttämään useampaa hammaspyörää, mistä tulee lisää kustannuksia.

Kääntäjän lopulliseksi malliksi valikoitui luonnos 4, koska sen arvioitiin olevan varmatoimisempi kuin luonnoksen 3. Lopullinen päätös tehtiin arvioimalla luonnoksia, koska keskittäjästä ei pystytty valmistamaan prototyyppiä.

8. PAINEILMASYLINTEREIDEN MITOITUS

Paineilmasyylinterin tärkeimmät ominaisuudet laitteen kannalta ovat, että iskunpituutta on 150 mm, männän nopeus on 100 mm/s ja työntövoima käyttöpaineen ollessa 8 baaria on yli 800 Newtonia. Taulukosta 1 saadaan selville, että ainoastaan sylinterin halkaisijan ollessa 32 mm ei työntövoima riitä 800 Newtoniin. Sylinterin sijoittuminen ja toimintaperiaate selviää kuvasta 12. Taulukon 1 sarakkeet ”Iskun pituus mm max.”, ”Männän nopeus mm/s” ja ”Sylinterin halkaisija” ovat suoraan sylinteritoimittajan (SMC) katalogista. Taulukossa 1 sarake ”Käyttöpaine bar” määräytyy Autoprodilla käytettävän ilmanpaineen mukaan.

Taulukossa 1 käytetyt kaavat on selitetty alla:

Männän ala mm^2 on laskettu alla olevalla kaavalla:

$$A[mm^2] = \pi * \frac{(D[mm])^2}{4} \quad (1)$$

missä

D on sylinterin halkaisija

A on männän ala

Paine Mpa on laskettu alla olevalla kaavalla:

$$P_2[Mpa] = \frac{P_1[bar]}{10} \quad (2)$$

missä

P₁ on käyttöpaine

P₂ on paine

Työntövoima on laskettu alla olevalla kaavalla:

$$F_{työntö}[N] = A[mm^2] * P_2[Mpa] \quad (3)$$

missä

A on männän ala

P₂ on paine

F_{työntö} on työntövoima

Taulukko 1. Paineilmasyylinterien mitoitus

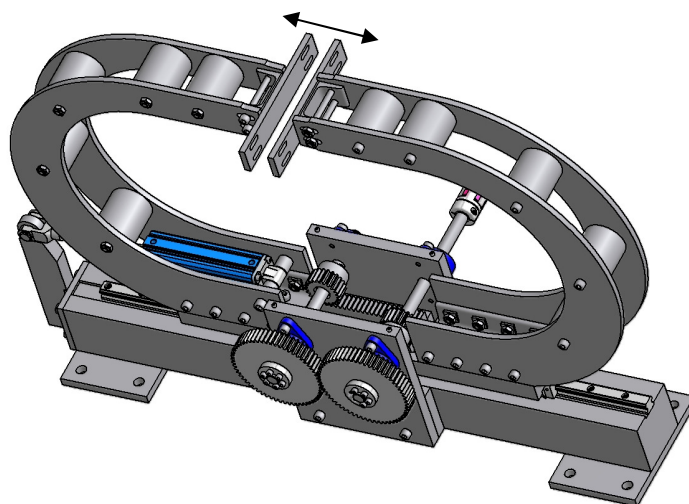
Sylinterin malli	Iskun pituus mm max.	Männän nopeus mm/s	Sylinterin halkaisija mm	Käyttö paine bar	Männän ala mm ²	Paine Mpa	Työntövoima N
CDQ2- Kompaktisylinteri	150	50-500	32	8	804,2	0,8	643,4
CDQ2- Kompaktisylinteri	150	50-500	40	8	1256,6	0,8	1005,3
CDQ2- Kompaktisylinteri	150	50-500	50	8	1963,5	0,8	1570,8
C55-ISO- Kompaktisylinteri	150	50-500	40	8	1256,6	0,8	1005,3
C55-ISO- Kompaktisylinteri	150	50-500	50	8	1963,5	0,8	1570,8
CP95- ISO/VDMA- Profiilisylinteri	160	50-1000	40	8	1256,6	0,8	1005,3

9. HAMMASPYÖRIEN MITOITUS

Taulukosta 2 selviää vääntömomentti mikä hammaspyörälle ja -tangolle, sekä akselille kohdistuu. Vääntömomentti sarakkeesta löytyy myös kaava millä vääntömomentti on laskettu. Tulokseksi saatu vääntömomentti (22 Nm) on melko pieni. Akseliksi valittiin kuitenkin halkaisijaltaan 20 mm oleva akseli, koska se on helposti saatavilla ja siihen on paras kiinnittää hammaspyörät ja laakerit.

Taulukko 2 hammaspyörille ja -tangoille kohdistuva vääntömomentti /4/

Haluttu lineaarivoima (F)	800	N
Haluttu nopeus (v)	100	mm/s
Hammasmoduli (m)	2,5	
Hammasluku (z)	22	kpl
Jakohalkaisija (Do) ($DO=m*z$)	55	mm
Vääntömomentti (Md) ($Do*F/2000$)minst	22	Nm



Kuva 12. Luonnoksen 4 C-puristin yksikkö puristus-asennossa

10. LINEARIKELKOILLE KOHDISTUVA MOMENTTI

Tässä osiossa on laskettu voimat, jotka vaikuttavat suunnittelussa valittaviin komponentteihin, sekä ainevahvuuksiin ja valmistustapaan.

Voima on työntölevyyden kohtisuoraan kohdistuva (kuvassa 13 merkitty oranssilla nuolella) ja varsi on työntölevystä kahden lineaarikelkan väliin mitattu etäisyys (kuvassa 13 merkitty punaisella nuolella).

Kohtisuoraan työntölevyyden kohdistuva voima on mitattu suurimmalla kappaleella (6000 mm x 223 mm x 48 mm), jota keskittäjän täytyy keskittää. Tulokseksi saatiin 0,8 kN. Varsi on mitattu keskittäjän 3D-mallista, joka on 500 mm.

Lineaarikelkoille kohdistuva momentti tulee alla olevasta kaavasta:

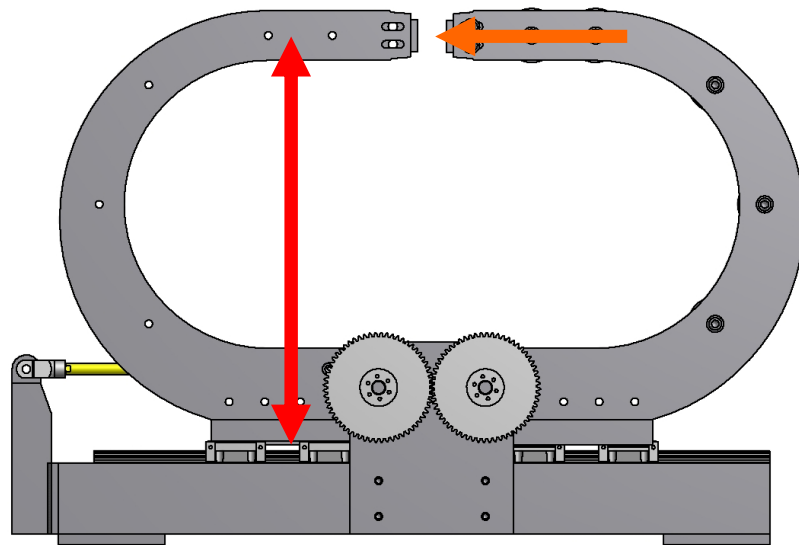
$$M[kNm] = F[kN] * L[m] \quad (4)$$

missä

F on voima

L on varsi

M on lineaarikelkoille kohdistuva momentti



Kuva 13. Luonnoksen 4 C-puristin yksikkö puristus-asennossa

Taulukon 3 kelkkamallisarakeessa on HIWIN -lineaarikelkkojen mallimerkintöjä. Jokainen malli kestää eritavalla rasitusta (määritelty HIWIN -lineaarikelkkojen luettelossa) ja taulukon tarkoituksena on saada valituksi oikeanlainen lineaarikelkka. Viimeinen sarake ”Kahden kelkan kestävä momentti” tarkoittaa kahden lineaarikelkan kestävä momenttia. Taulukon 3 mukaan siis kaikki kelkkamallit kestävä tarvittavan rasituksen (0,4 kNm). Lineaarikelkaksi valittiin kuitenkin HGW 25 CC -malli, koska sen kiinnittämismahdollisuudet olivat sopivimmat käyttötarkoitukseen. Taulukon 3 sarakkeet ”Kelkkamalli” ja ”Kelkan kestävä momentti kNm” ovat suoraan HIWIN lineaarikelkkojen luettelosta. Sarake ”Kelkkojen Lkm” tarkoittaa luonnoksessa 4 käytettävien kelkkojen lukumäärää.

Taulukon 3 sarake ”Kahden kelkan kestävä momentti kNm” on laskettu alla olevalla kaavalla:

$$M_2[kNm] = M_1[kNm] * Lkm[kpl] \quad (5)$$

missä

M_1 on yhden kelkan kestävä momentti

Lkm on kelkkojen lukumäärä

M_2 on kahden kelkan kestävä momentti

Taulukko 3. Linearikelkkojen kestävä vääntömomentti

Kelkkamalli	Kelkan kestävä momentti kNm	Kelkkojen Lkm	Kahden kelkan kestävä momentti kNm
HGW 25CC	0,88	2	1,76
EGW 25CA	0,32	2	0,64
HGH 20HA	0,47	2	0,94

11. KUSTANNUSARVIOT

Kustannusarvio on tehty suuntaa antavilla hinnoilla. Arviota varten on selvitetty laitteeseen tulevien materiaalien, asennuksen, komponenttien, sekä laitteiden hintoja. Kustannusarviossa on huomioitu useampia luonnoksia. Taulukot on tehty Microsoft Excel -taulukkolaskentaohjelmalla.

11.1. Teräsmateriaalit ja asennus

Materiaalien, tässä tapauksessa teräksen, hinta ilmoitetaan muodossa €/kg. Hitsattavat/rei'itettävät -sarake tarkoittaa terästä, jota hitsataan tai johon porataan reikiä tai tehdään kierteitä. Koneistettavat -sarake tarkoittaa terästä, jota täytyy koneistaa. Taulukosta voidaan todeta, että koneistettavat teräkset ovat huomattavasti kalliimpia valmistaa. Suunnittelija pystyy vaikuttamaan kustannuksiin koneistettavien osien määrässä.

Asennustyöt tehdään tuntityönä ja niiden määrä ilmoitetaan muodossa €/h.

Taulukko 4 teräsmateriaalien- sekä asennuksen kustannusarvio

	€/kg
Hitsattavat/rei'itettävät	4,2
Koneistettavat	15
	€/h
Asennustyöt	40

11.2. Komponentit ja laitteet

Komponenttien ja laitteiden hintoja saatiin selville tutkailemalla eri komponentti- ja laitevalmistajien hinnastoja. Hammaspyörien tiedoissa M on moduuli ja z on hammasluku. Akselin tiedoissa d on akselin halkaisija.

Taulukko 5. Komponenttien/laitteiden kustannusarviot

	€/kpl	Laitteen/ komponentin tiedot
Paineilmasylinteri	90	SMC, Kompaktisylinteri, CD55B40-150M+ kiinnitykset
Hammaspyörä Pieni	50	Teräs SS EN 10083-1-2C45 M2,5 z=22
Hammaspyörä Iso	105	Teräs SS EN 10083-1-2C45 M2,5 z=60
Lineaarikelkka	40	Hiwin, HGW25-CC
Sakarakytkin	200	R+W, EK2-sarja
Lukitusholkki 110	15	TLK-110-20x28
Lukitusholkki 131	25	TLK-131-20x47
	€/m	
Lineaarijohde	70	Hiwin, HGR25-R
Hammastanko	100	Teräs SS EN 10025-E295 M2,5
Akseli	20	ISO 1035/1, d=20mm

11.3.Luonnokset

Taulukossa on laskettu eri ratkaisuvaihtoehtojen kustannuksia. Jokaisen luonnoksen alla on siihen kuuluvien materiaalien, asennuksen, komponenttien sekä laitteiden kustannukset. Hinnat tulevat taulukoista 4 ja 5.

Taulukko 6. Luonnosten kustannusarvioita

	Luonnos 1		Luonnos 2		Luonnos 3		Luonnos 4	
	kpl/kg/m/h	€	kpl/kg/m/h	€	kpl/kg/m/h	€	kpl/kg/m/h	€
Hitsattavat/rei'itettävät (kg)	310	1302	200	840	300	1260	350	1470
Koneistettavat (kg)	60	900	50	750	90	1350	100	1500
Asennustyöt (h)	8	320	8	320	8	320	8	320
Paineilmasylinteri (kpl)	2	180	1	90	2	180	2	180
Hammaspyörä Pieni (kpl)		0	0	0	2	100	4	200
Hammaspyörä Iso (kpl)		0		0		0	4	420
Lukitusholkki 110 (kpl)		0		0	2	30	4	60
Lukitusholkki 131 (kpl)		0		0		0	4	100
Sakarakytkin		0		0	2	400	2	400
Akseli (m)		0		0	2,5	50	3	60
Lineaarikelkka (kpl)	8	320	4	160	8	320	8	320
Lineaarijohde (m)	3	210	2	140	2	140	2	140
Hammastanko (m)		0	0	0	1	100	1	100
Yht.		3232		2300		4250		5270

Luonnokset 1 ja 2 ovat huomattavasti halvempia kustannuksiltaan kuin luonnokset 3 ja 4. Luonnokset 1 ja 2 eivät kuitenkaan sovellu käyttötarkoitukseen, joten näin alhaisiin kustannuksiin ei päästä. Luonnoksia 3 ja 4 voidaan käyttää annettuun tehtävään joten kustannuksien pohjalta valinta olisi luonnos 3. Lopulliseksi valikoitui kuitenkin luonnos 4 koska sen toimintavarmuus on arviolta parempi kuin luonnos 3:lla.

12. DOKUMENTOINTI

Suunnittelun dokumentointi tapahtui Autoprod Oy:n sisäisen tietokannan avulla. Kaikki suunnitteluun liittyvät tiedostot tallennetaan tietokantaan suunniteltavan laitteen piirustusnumeron perusteella. Piirustusnumero määräytyy sen osa-alueen pohjalta mihin suunniteltava laite sijoittuu.

Ideointivaiheesta tehdyt muistiinpanot, ostettavien komponenttien tiedot, laitteen piirustukset, tarjouskyselyt ja tarjoukset tallennetaan piirustusnumerosta määräytyvän kansion alle omaan kansioon. Näin ollen kaikki laitteeseen liittyvät tiedot löytyvät helposti saman kansion alta.

13. YHTEENVETO

Keskittäjää ei toistaiseksi valmistettu, koska sen tarve kokonaisuudessa on vielä avoin. Prosessin edetessä pidemmälle tiedetään, onko keskittäjälle tarvetta. Keskittäjän tarve tulee esille vasta kun muuta prosessia saadaan testattua laajemmalti.

Pyrkimyksenä on, että keskittäjää ei tarvitsisi valmistaa, koska se aiheuttaa vain lisäkustannuksia. Keskittäjän mahdollinen tarve ilmeni, kun asioita katsottiin pidemmällä tähtäimellä. Keskittäjän tullessa mahdollisesti tarpeelliseksi voidaan se laittaa suoraan tuotantoon. Suunnittelutyössä menevä aika saadaan näin ollen pois ja aikaa kuluu vain valmistuttamiseen. Keskittäjän suunnittelussa kului aikaa noin 2kk ja sen valmistamiseen on arvioitu kuluvan noin 1kk, joten kyse on merkittävästä ajan säästöstä.

Asennuksen kannalta tärkeimpiä asioita on saada keskittäjän yksiköt samaan tasoon. Keskittäjä tulee kiila-ankkureilla kiinni betonilattiaan. Kiila-ankkureilla voidaan säätää keskittäjän korkeus oikeaan korkoon kuljettimen kanssa. Ongelmallisinta on saada juuri yksiköt samaan korkoon keskenään.

Kiila-ankkuri kiinnitys ei ole tarkoin mahdollinen kiinnitysmuoto. Keskittäjän kiinnitysreiät tulee tehdä siis riittävällä välyksellä, jotta se pystytään asentamaan oikeaan korkoon.

14. LÄHDELUETTELO

/1/ Autio, Arvo & Hasari, Heikki, Koneenpiirustus, 1. uudistettu painos, Otava, 1998.

/2/ N.F.M Roozenburg & J. Eekels, Product Design: Fundamentals and Methods, -, Wiley, 1995.

/3/ Hietikko, Esa, Autodesk INVENTOR, 1. painos, Readme.fi, 2007.

/4/ Oy Mekanex AB, Laskentasisivut, [WWW-dokumentti], [<http://www.mekanex.se/fi/>], 01.03.2011.

/5/ Siirilä, Tapio & Pahkala, Jorma. EU -määräysten mukainen koneiden turvallisuus, Inspecta Koulutus Oy, 1999.

/6/ Tuomaala, Jorma, Luova Koneensuunnittelu, 1.painos, Tammertekniikka Ky, 1995.

/7/Suomen standardisoimisliitto SFS ry, Uusittu konedirektiivi tullut voimaan, [WWW-dokumentti], [<http://www.sfs.fi/ajankohtaista/tiedotteet/20100201113916.html>], 02.11.2010.

/8/Veraventure Oy, Yritysesittelyt, [WWW-dokumentti], [<http://www.veraventure.fi/sijoitustoiminta/ViewCompany.aspx?UserID=12410>], 04.11.2010.