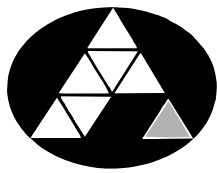


POHJOIS-KARJALAN AMMATTIKORKEAKOULU
Muovitekniikan koulutusohjelma

Juha-Matti Mäkinen

PORRASSYÖTTIMEN MEKANISMIN KEHITTÄMINEN

Opinnäytetyö
Toukokuu 2012



POHJOIS-KARJALAN
AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2012
Muovitekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
p. (013) 260 6800 p. (013) 260 6906

Tekijä(t)
Juha-Matti Mäkinen

Nimeke
Porrassyöttimen mekanismin kehittäminen
Toimeksiantaja
Kaptas Oy

Tiivistelmä

Työ tehtiin Kaptas Oy:n toimeksiantona. Työn tarkoituksena oli selvittää porrassyöttimen toimintamekanismi ja kehittää olemassa olevaa mekanismia. Tavoitteena oli luoda malli, josta prototyypin suunnittelu ja rakentaminen voidaan aloittaa. Työ toteutettiin mekaniikkasuunnitteluna. Lähdemateriaalina käytettiin koneen valmistajien antamia tietoja, kone-suunnittelun oppaita sekä Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiviä 2006/42/EY.

Työssä suunniteltiin porrassyöttinlaite, jota on kehitelty monipuolisemmaksi ja joka toimintaperiaatteeltaan on mahdollisimman yksinkertainen. Työn toteutus alkoi tutustumalla tarjolla olleeseen lähdeaineistoon. Tämän jälkeen hahmoteltiin porrassyöttimen perusmekanismi, johon alettiin miettiä parannuksia. Viimeisenä vaiheena suunniteltiin ja mallinnettiin kehitelty laite.

Työn lopputuloksena luotiin 3D-malli kehitetystä laitteesta. Mallissa on esillä mekanismin rakenne, alustava rungon mitoitus ja toimintaperiaate. Työssä luotu malli ei ole valmis laite, vaan pohjatyö varsinaiselle koneen suunnittelulle. Suunnittelu onnistui ja toimeksiantajalle toimitettiin malli, jonka pohjalta porrassyöttimen prototyypin suunnittelu ja rakentaminen voidaan aloittaa.

Kieli
suomi

Sivuja 30
Liitteet 2
Liitesivumäärä 3

Asiasanat
porrassyötin, mekaniikkasuunnittelu, tuotannonohjaus



THESIS
May 2012
Degree Programme in Plastic engineering
Karjalankatu 3
FIN 80200 JOENSUU
FINLAND
Tel. 358-13-260 6800

Author(s)
Juha-Matti Mäkinen

Title
Improving mechanism of step feeder
Commissioned by
Kaptas Oy

Abstract

The thesis was commissioned by Kaptas Oy. The object of the thesis was to examine operating principle of a step feeder and improve the current mechanism. The goal was to create a model which will be used to design and build a prototype. The thesis was made with the principles of mechanical design. The used reference material consisted of information provided by the machine manufacturers, machine design guides and the European Parliament and Council Directive 2006/42/EY.

The thesis was to design step feeder which have been developed for a more versatile and which operational principle is as simple as possible. The implementation of the thesis began by studying the available reference material. After this the basic mechanism of the step feeder was outlined. This outline was used as a basis for the improvements. The last task was to design and model of the improved machine.

The 3-D model was created as the result of the improved machine. The model shows the construct of the mechanism, preliminary measurements of the frame and the principle of operation. The model created in the thesis is groundwork to actual machine development, not a finished machine. The design was successful and the model that will be used as a base of designing and building a prototype, was delivered to the client.

Language
Finnish

Pages 30
Appendices 2
Pages of Appendices 3

Keywords
step feeder, mechanical design, production control

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

1 Johdanto	5
2 Tehtävänanto	5
3 Työn toteutus.....	6
4 Porrassyöttimen suunnittelu	7
4.1 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/42/EY.....	7
4.2 Lähtötiedot	8
4.3 Mekanismin kehittäminen	10
4.4 Lisäporrasyksikkö	12
4.5 Porrassyöttimen moottori	18
4.6 Porrasyksiköiden lukitus	18
4.7 Porrassyöttimen runko	21
5 Tulokset.....	25
5.1 Porrasyksiköt ja voimansiirto.....	25
5.2 Runko	26
5.3 Valmis malli	27
6 Pohdinta	28
Lähteet.....	30

Liitteet

Liite 1 Kuva luodusta mallista

Liite 2 Porrassyöttimen päämitat

1 Johdanto

Nykypäivänä tuotannonohjaus ja tuotantolinjojen automatisointi ovat teollisuudessa entistä suuremmissa roolissa. Hyvin toimiva automatisoitu linjasto tehostaa tuotantoa sekä helpottaa valmistusprosessin valvontaa. Toimiva linjasto koostuu luotettavista ja toiminnaltaan yksinkertaisista laitteista, sekä huolellisesti tehdystä prosessiohjelmoinnista. (Hesse 2000, 9–10.)

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on selvittää pienosalinjastossa käytettävän porrassyöttimen toimintaperiaate sekä kehittää jo olemassa olevan laitetta. Porrassyötin on yksinkertainen ja hiljainen syötin, joka valmiiksi asemoi kappaleen ja syöttää sen linjastolle, jossa kappale joko pakataan tai asetetaan kokoonpanoon (Hesse 2000, 31). Työssä keskitytään kehittämään olemassa olevaa mekanismia ja selvitetään laitteen toimintaperiaatetta. Työssä luodaan 3D-malli suunnitellusta laitteesta. Työn toimeksiantaja on Kaptas Oy.

Työ alkoi selvittämällä porrassyöttölaitteen toimintaperiaate sekä tämän hetkinen markkinahinta. Hintaselvityksessä saatujen tietojen myötä tehtävä rajautui porrassyöttölaitteen suunnitteluun. Suunnittelun lähtökohtana oli tehdä mahdollisimman säädettävissä oleva laite, joka kuitenkin toiminnaltaan on mahdollisimman yksinkertainen. Lisäksi laitteen valmistuskustannusten on oltava ostohintaa alhaisemmat. Työssä suunniteltu laite ei ole valmis kokonaisuus, vaan suunnittelupohja prototyyppiä varten.

2 Tehtävänanto

Toimeksiannon kohteena oli porrassyötin. Porrassyöttimen tehtävä on syöttää pienosalinjastolla tasaisesti kappaleita joko kokoonpanoa tai pakkausta varten. Porrassyöttimen etuja verrattuna muihin syötintyyppeihin ovat pieni meluhaitta (alle 78 dB) sekä suhteellisen tasainen syöttövauhti. (Hesse 2000, 31–32.)

Toimeksianto oli kaksiosainen. Ensin tuli selvittää laitteen hintataso sekä mahdolliset maahantuojat. Hintataso selvitettiin tarjouskyselyn avulla ja laitteen ostohinta vaikutti toimeksiannon toiseen osaan. Tarjouskyselyssä käytettiin esimerkkikappaleena pientä terässylinteriä. Tarjousten perusteella laitteen hinta osoittautui toimeksiantajan näkökulmasta liian kalliiksi. Koska syöttimen hinta ylitti toivotun summan, toimeksiannon pääosaksi muodostui porrassyöttimen suunnittelu.

Toisessa osassa tuli joko suunnitella kappaleen ohjaimet ostettavaan porrassyöttimeen tai suunnitella porrassyötinlaite, joka on paremmin säädettävissä ja joka on hintatasoltaan halvempi kuin markkinoiden vastaavat laitteet. Hintakyselyn tuloksena päädyttiin jälkimmäiseen vaihtoehtoon, eli laitetta alettiin suunnitella itse.

3 Työn toteutus

Porrassyöttimestä tehtiin tarjouspyyntö eri valmistajille. Tarjouspyynnössä ilmoitettiin syöttäväksi kappaleeksi terässylinteri, jonka pituus oli 250 millimetriä ja halkaisija 12 millimetriä. Kappale oli mallikappale, joka valittiin tarjouspyyntöä varten. Kaikille valmistajille ilmoitettiin samat mitat, jotta saatiin vertailukelpoisia hintatietoja. Tarjouksia saatiin yksi kappale. Tarjous oli huomattavan korkea, jonka seurauksena siirryttiin suunnittelemaan laitetta itse.

Suunnittelu toteutettiin vaiheittain. Aluksi perehdyttiin porrassyöttimen toimintaperiaatteeseen, jonka jälkeen mietittiin erilaisia kehitysideoita. Tämän jälkeen laitetta alettiin suunnitella aloittaen porrasyksiköistä. Porrasyksikön jälkeen suunniteltiin runko ja lisättiin laitteen toimintaan tarvittavat osat.

Suunnittelun pohjana käytettiin tarjolla olevia teknisiä tietoja laitteesta, Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiviä 2006/42/EY sekä muita koneensuunnittelun oppaita. Mekanismia suunniteltaessa tuli huomioida direktiivin asetukset sekä muut yleiset laitesuunnitteluun liittyvät turvallisuustekijät.

Direktiivi 2006/42/EY, josta käytetään nimitystä konedirektiivi, säätelee koneiden turvallisuuteen ja terveyteen liittyviä vaatimuksia Euroopan unionin alueella. Konedirektiivin tehtävä on opastaa koneen valmistajaa suunnittelu- ja rakennusvaiheessa. Konedirektiivi pitää sisällään terveyteen ja turvallisuuteen liittyvät vaatimukset. (Euroopan Unioni 2006.)

4 Porrassyöttimen suunnittelu

4.1 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/42/EY

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/42/EY määrittelee yleisesti sovellettavat olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset sekä tiettyjen koneryhmien erityisvaatimukset Euroopan talousalueella. Direktiivi opastaa koneen valmistajaa suunnittelu- ja rakennusvaiheisiin liittyvissä vaatimuksissa. Direktiivistä käytetään yleisemmin nimitystä konedirektiivi. Direktiiviä sovelletaan koneisiin, vaihdettaviin laitteisiin, turvakomponentteihin, nostoapuvälineisiin, ketjuihin, köysiin, vöihin, nivelakseleihin sekä puolivalmisteisiin. Direktiiviä ei sovelleta muun muassa turvakomponentteihin, jotka on tarkoitettu käytettäväksi niiden kanssa identtisten komponenttien varaosina ja jotka ovat alkuperäisen koneen valmistajan toimittamia. Direktiiviä ei myöskään sovelleta suurjännitelaitteisiin, jotka ovat kytkin- ja ohjauslaitteita tai muuntajia. (Euroopan Unioni 2006.)

Direktiivi sisältää koneen suunnitteluun ja rakentamiseen liittyviä ohjeistuksia sekä yleiset terveyteen ja turvallisuuteen liittyvät vaatimukset. Lähtökohtaisesti koneen tulee täyttää direktiivissä asetetut vaatimukset, jolloin CE-merkinnän edellytykset täyttyvät. Koneen suunnittelun kannalta olennaiset vaatimukset on kirjattu konedirektiivin ensimmäiseen liitteeseen.

Konedirektiivin yleisten periaatteiden mukaan koneen valmistajan tai tämän valtuutetun edustajan on varmistettava, että suoritetaan riskin arviointi, jotta koneeseen sovellettavat

terveys- ja turvallisuusvaatimukset voidaan määrittää. Kone on sen jälkeen suunniteltava ja rakennettava ottaen huomioon riskin arvioinnin tulokset. Direktiivin ensimmäisessä liitteessä säädetyt terveys- ja turvallisuusvaatimukset ovat pakottavia. Jos saatavilla olevalla tekniikalla ei kuitenkaan voida saavuttaa asetettuja vaatimuksia, on kone suunniteltava ja rakennettava vastaamaan mahdollisimman pitkälle näitä vaatimuksia. (Euroopan Unioni 2006.)

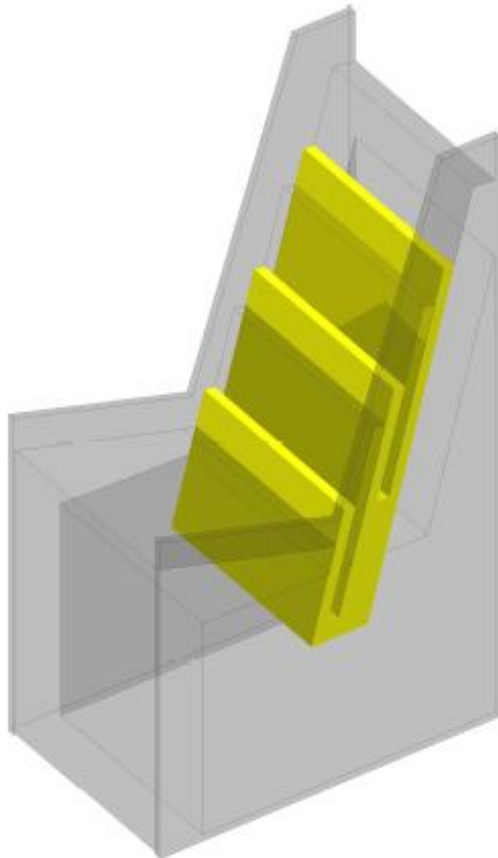
4.2 Lähtötiedot

Porrassyötinlaitteen suunnittelu alkoi toimintaperiaatteen selvittämisellä. Tietolähteinä käytettiin laitteen valmistajien Internet-sivuilla tarjoamia teknisiä tietoja ja kuvia (kuva 1). Mallikappaleena toimi sylinteri, jonka halkaisija oli 15 mm ja pituus 200 mm. Toimintaperiaatteen selvittämisessä ongelmaksi muodostui laitteen valmistuspiirustusten puuttuminen sekä se, ettei kyseistä laitetta ollut mahdollisuutta käydä tutkimassa. Tarjolla olleiden videoiden (Computer Age Engineering 2009) sekä annettujen teknisten tietojen perusteella laitteen toimintaperiaate oli kuitenkin pääpiirteittäin selvitettävissä.



Kuva 1. Köberlein & Seigert GmbH:n porrassyötin (Köberlein & Seigert GmbH 2011)

Porrassyötin koostuu liikkuvasta porrasyksiköstä, rungosta sekä porrasyksikköä liikuttavasta moottorista. Porrasyksikkö voi olla yksittäinen osa (kuva 2), tai koostua erillisistä porraslevyistä, jotka ovat kiinnitetty toisiinsa välipaloilla (RNA Automation 2011). Porrasyksikön liikettä ohjaavat johteet. Porrassyöttimen runko koostuu kotelosta, syöttökaukalosta sekä kiinteistä porraslevyistä. Liikkeen antava moottori on sähkömoottori, jonka teho on noin 0,4 kW.



Kuva 2. Porrassyöttimen perusidea.

Suunnittelu aloitettiin hahmottelemalla perusporrassyöttimen rakenne. Perusmallina käytettiin yksittäisestä porrasyksiköstä koostuvaa versiota. Suunnittelun mallina käytettiin eri valmistajien kuvia laitteesta sekä annettuja teknisiä tietoja. Mallin tarkoitus oli hahmottaa laitteen mekaanista toimintaperiaatetta sekä antaa pohja mekanismin kehittämiselle.

4.3 Mekanismin kehittäminen

Mekanismin kehittämisessä tavoitteena oli tehdä laitteesta mahdollisimman säädettävissä oleva ilman, että mitään laitteen osaa tarvitse vaihtaa. Mekanismin tuli myös olla toteutettavissa suhteellisen edullisesti. Mahdollisia kehitysideoita oli muutamia.

Ensimmäinen idea oli lisätä laitteeseen toinen porrasyksikkö, joka olisi normaalissa tilanteessa ala-asennossa toimien osana kiinteää porrasta. Kun syötettävän kappaleen kokoa muutetaan, lisäporras kiinnitetään porrasyksikköön, jolloin liikkuvan portaan syvyys kasvaa ja samalla syöttimellä voidaan tällöin syöttää isompaa tuotetta. Tämä idea päätyi tarkempaan suunnitteluun ja toimi kehitystyön päätavoitteena.

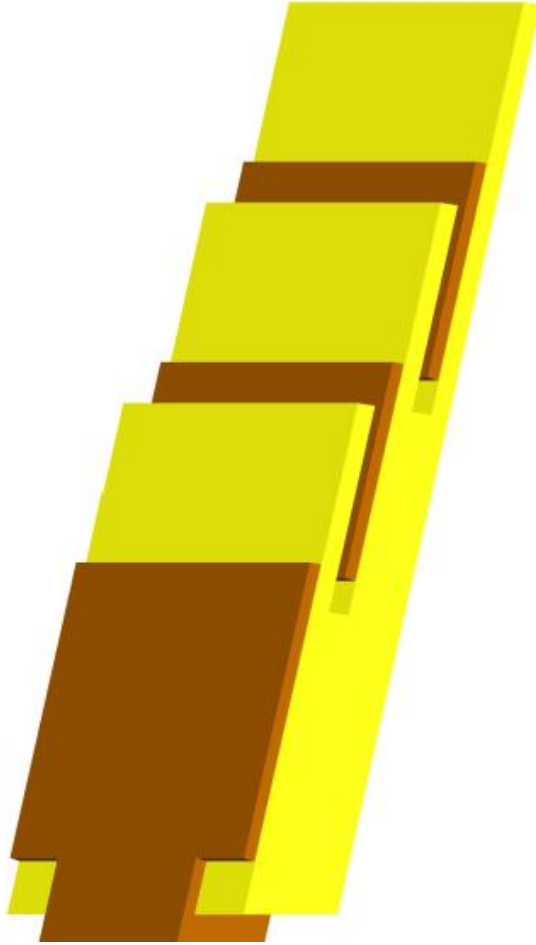
Toinen kehitysidea oli laitteen kallistuskulman säädettävyys. Tällä saadaan aikaiseksi portaiden tasojen kulmamuuutos. Kulman muutoksella ei kuitenkaan oletettavasti olisi ollut havaittavaa käytännön hyötyä, sillä laitteen kulman muutos ei muuttaisi itse syöttötapaa kovinkaan paljoa. Havaittavin etu olisi laitteen syöttökorkeuden muutoksessa, mutta laitteen korkeutta voidaan säätää myös muilla tavoilla. Mekanismia ei alettu kehittää, sillä kyseisellä ominaisuudella ei saataisi havaittavaa hyötyä laitteen toiminnan kannalta.

Kolmas kehitysidea oli portaiden leveyden säätämismekanismi. Tämä tosin osoittautui lähes mahdottomaksi toteuttaa, sillä liikkuvien portaiden takia reunoihin olisi jätettävä rakoja, joihin taas syötettävät tuotteen menisivät. Monimutkaisella mekaniemillä ongelman voisi välttää, mutta oletettavasti kustannukset nousisivat korkeiksi. Mekanismia ei alettu kehittää, sillä se ei olisi toteutettavissa ilman, että laitteen toimintaperiaate olisi muuttunut huomattavan monimutkaiseksi.

Idea toisen porrasyksikön lisäämiseen syntyi, kun mietittiin miten voidaan muuttaa syötettävää kappaletta ilman, että laitetta tarvitsee vaihtaa. Tarkoituksena on, että mikäli syötettävän kappaleen mitat muuttuvat suuremmiksi, voidaan toinen porrasyksikkö ottaa käyttöön ja näin ollen koko laitetta ei tarvitse vaihtaa isompaan. Toisaalta myös vastava voidaan toteuttaa käänteisesti, mikäli kappaleen tiedetään muuttuvan pienemmäksi. Tällöin ei ole tarvetta välttämättä ostaa kahta erikokoista syötinlaitetta, jos yrityksessä on mahdollisuus käsitellä erikokoisia kappaleita eri aikoihin. Kun kaikkien käsiteltävien

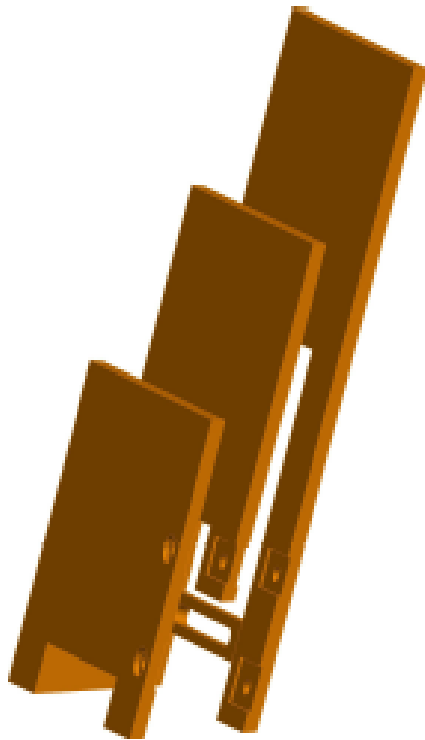
tuotteiden pakkaus- ja/tai kokoonpanolinjojen ei tarvitse pyöriä samanaikaisesti, voidaan samaa porrassyötintä käyttää kahdella eri linjalla.

Alun perin porrasyksikkö ajateltiin yksittäiseksi osaksi, jonka lomaan lisäporrasyksikkö istutettaisiin. Tässä ongelmaksi syntyi koko laitteen kasaaminen. Mikäli molemmat porrasyksiköt olisi valmistettu yksittäisestä kappaleesta, toinen yksikkö tulisi upottaa toisen sisälle (kuva 3).



Kuva 3. Porrasyksiköt.

Kuvassa ruskeaa lisäporrasyksikköä ei saa paikalleen ilman, että keltaiseen pääporrasyksikköön tehdään leikkauksia. Tällöin kuorena toimivaan porrasyksikköön tulisi leikata valtavia aukkoja, jotta kokoonpano olisi edes mahdollinen (kuva 4). Tällöin tosin syntyy mahdollisuus vääntymisille, mikä taas lyhentäisi koneen käyttöikää huomattavasti. Lisäksi portaiden liikeradat olivat hankalat huomioida suunnitteluvaiheessa.



Kuva 4. Pääporrasyksikkö leikkauksineen.

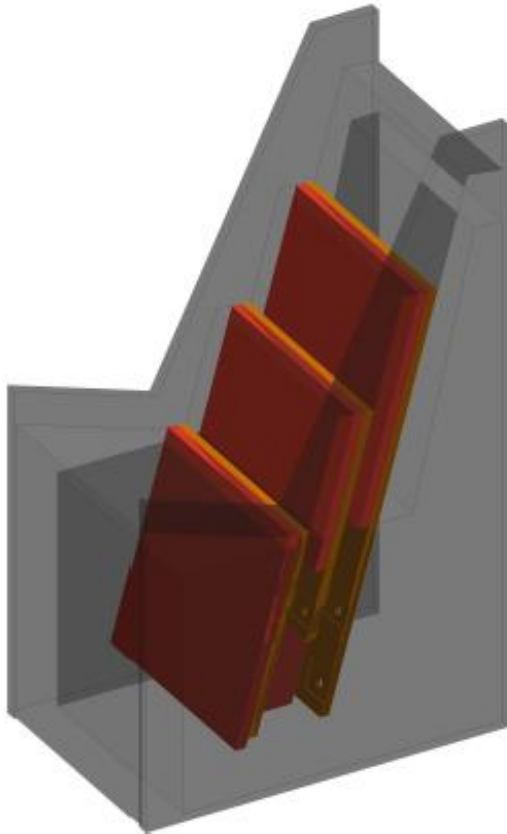
Myöhemmässä vaiheessa mallia mekanismin suunnitteluun otettiin ainoasta porrassyöttimestä löytyneestä räjäytyskuvasta (RNA Automation 2011). Tästä kuvasta ilmeni, että perusmekanismi voidaan toteuttaa myös levyistä kasatulla porrasyksiköllä. Koska levyistä kasatussa porrasyksikössä ei ole varsinaista runkoa, voidaan porrasyksiköt helposti kasata lomittain ja liikeradat huomioida huomattavasti paremmin.

4.4 Lisäporrasyksikkö

Kehitettäessä porrassyöttimen mekanismia syntyi idea asentaa toiset liikkuvat portaat laitteeseen. Tämä tuli toteuttaa mahdollisimman yksinkertaisella ja toimintavarmalla tavalla.

Idean toteutus alkoi mallintamalla porrassyöttimen perusmekanismi. Tässä vaiheessa porrasyksikkö ajateltiin yhdeksi kiinteäksi osaksi, jota sähkömoottori liikuttaa. Seuraa-

vaksi alkoi toisen porrasyksikön lisääminen ensimmäisen rinnalle. Ideana oli asemoida porrasyksiköt sisäkkäin, jolloin mekanismin osat saadaan helposti lukittua yhteen. Ongelmaksi muodostui kuitenkin rakenne, joka käytännöllisesti katsoen teki kokoamisesta mahdottoman. Jotta kokoonpano olisi ollut toteutettavissa, tuli toiseen porrasyksikköön tehdä erinäisiä leikkauksia, jolloin lisäporrasyksikkö saataisiin asennettua paikalleen (kuva 5).



Kuva 5. Porrasyksiköt alkuperäisen idean mukaisesti.

Leikkausten suunnittelu ei kuitenkaan ollut yksinkertaista, sillä laitteen liikkeiden hahmottaminen osoittautui hankalaksi. Liikettä olisi voinut hahmottaa paremmin tekemällä mekanismista videon, mutta videosta saatava hyöty ei korvannut videon luontiin kuluva-aikaa varsinkaan, kun videoita olisi joutunut tekemään lähes joka muutoksen jälkeen. Tämä saattaa tosin olla myös käyttäjäkohtainen asia. Loppujen lopuksi alkoi tulla selväksi, ettei ajateltua mekanismia voitu toteuttaa näillä lähtökohdilla. Toisen porrasyksikön leikkauksista seuraisi todennäköisesti vääntymiä, eikä porrasyksiköitä voitaisi käyttää toisista erillään ilman, että osat törmäisivät toisiinsa. Kahden porrasyksikön mekanismi tuli siis miettiä uudelleen.

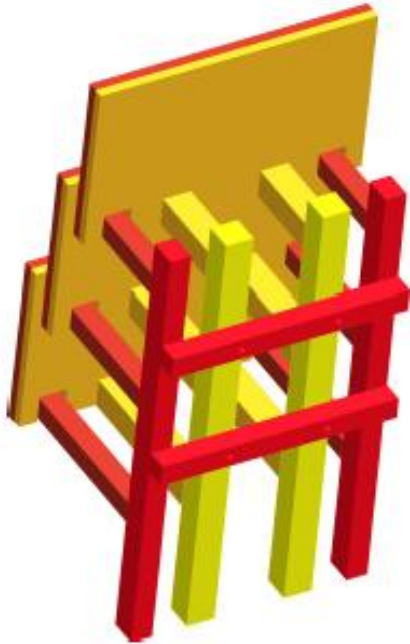
Taustatutkimuksen jälkeen selvisi, ettei porrasyksikön välttämättä tarvinnut olla yksittäinen osa, vaan se voi myös koostua levyistä, sekä tukivarsista. Tämä tieto antoi jo huomattavasti paremmat lähtökohdat mekanismin kehittämiseksi. Porrassyötinlaitteen perusmallia muokattiin niin, että sen porrasyksikkö koostui levyistä ja niiden välisistä kiinnityksistä (kuva 6). Levyt eivät kuitenkaan ole suoraan kiinni toisissaan, vaan ne kiinnittyvät erillisiin pystypalkkeihin.



Kuva 6. Pääporrasyksikkö.

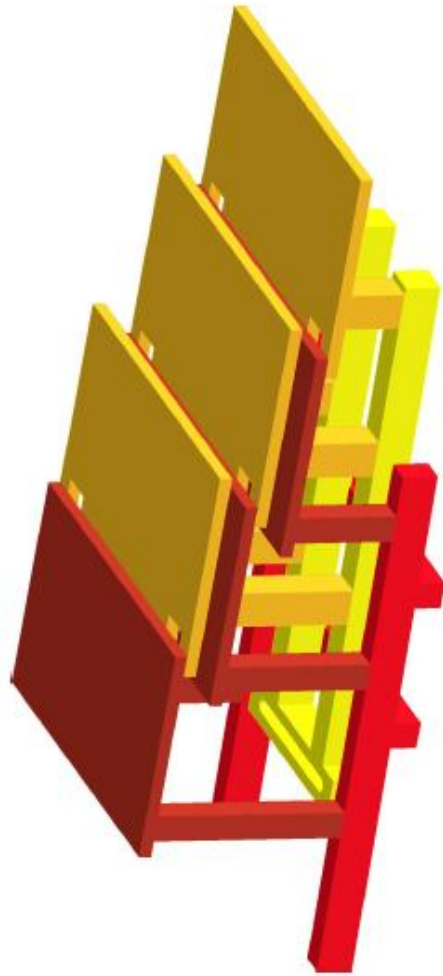
Tämän jälkeen alettiin mallintaa lisäporrasyksikköä laitteeseen. Levyt asemoitiin lomittain niin, että katsottaessa laitetta edestä pääporrasyksikön levyt olivat takana ja lisäporrasyksikön levyt edessä. Porrasyksiköiden levyjen väliset kiinnitykset toteutettiin niin, että joka levystä lähti kaksi vartta, jotka kiinnittyivät laitteen takana pystyasennossa oleviin tankoihin. Kiinnitykset voidaan toteuttaa myös yhdellä pystytangolla per porrasyksikkö. Tällöin pitää mekanismeissa huomioida vääntymisien mahdollisuus. Kiinnitykset toteutettiin näin, jotta minimoitaisiin mahdollisuudet vääntymisille. Mikäli vääntymiä ei myöhemmässä kehittämissä ilmene, voidaan toiset varret sekä toinen pystypalkki poistaa kokonaan. Levyt ja niiden väliset kiinnitykset muodostivat porrasyksikön (kuva 7). Levyjen ja tankojen väliset kiinnitykset voidaan tehdä joko hitsaamalla tai

ruuvikiinnityksillä. Ruuvikiinnityksen etuja on helpompi kokoonpano ja osien vaihdettavuus. Huonoja puolia on se, että lähes jokaiselle ruuvin kannalle on tehtävä upotus.



Kuva 7. Porrasyksiköt ja niiden väliset kiinnitykset.

Porrasyksiköiden ei ole tarkoitus liikkua eri tahdissa, vaan joko vain pääporrasyksikkö liikkuu tai molemmat porrasyksiköt liikkuvat samassa tahdissa. Liikkeissä tuli huomioida hetki, jolloin molemmat porrasyksiköt ovat ala-asennossa. Tällöin pääporrasyksikkö saattaisi törmätä lisäporrasyksikön rakenteisiin. Tämän välttämiseksi pääporrasyksikön levyihin mallinnettiin leikkaukset niihin kohtiin, joissa törmäys lisäporrasyksikön rakenteisiin oli mahdollinen. Nämä leikkaukset aiheuttivat sen, että pääporrasyksikön noustessa yläasentoon leikkaukset tulevat näkyviin ja syötettävät kappaleet menisivät mekanismin väliin (kuva 8). Tämä ongelma ratkaistiin lisäämällä levyjen kokoa niin paljon, ettei leikkaus enää tullut näkyviin. Luonnollisesti myös lisäporrasyksikön levyjen kokoa oli muutettava, jotta levyjen väliset kiinnitykset voitiin toteuttaa.

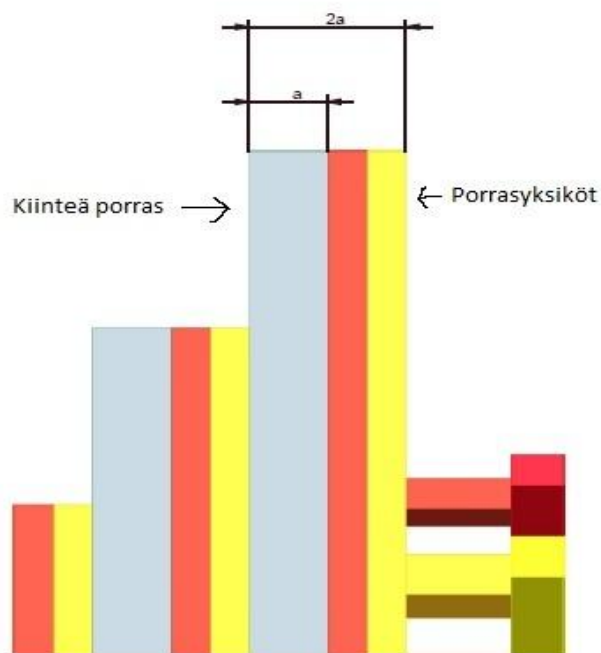


Kuva 8. Keltaisen pääporrasyksikön leikkaukset tulevat esiin punaisen lisäporrasyksikön takaa.

Kehitettyssä mekaniismissa on kaksi porrasyksikköä, pääporrasyksikkö ja lisäporrasyksikkö. Pääporrasyksikön porraslevyt ovat lähimpänä kiinteitä portaita ja lisäporrasyksikön porraslevyt ovat pääporrasyksikön levyjen edessä. Porrasyksikön levyt kiinnitetään toisiinsa palkeilla. Kiinnitykset voidaan hoitaa joko hitsaamalla tai pulteilla. Molemmisssa porrasyksiköissä on kaksi pystypalkkia, johon levyt kiinnitetään poikkipalkeilla. Pääporrasyksikön levyihin pitää leikata tila, johon lisäporrasyksikön kiinnityspalkit mahtuvat. Tällöin mekaniismissa ei tapahdu yhteentörmäyksiä. Alun perin lisäporrasyksikön pystypalkit kiinnitettiin kahdella poikittaisella palkilla. Näiden palkkien tehtävänä oli siirtää pääporrasyksikön liike lisäporrasyksikölle. Poikkipalkkeihin piti tulla lukitustapit, joilla pääporrasyksikkö kiinnitetään lisäporrasyksikköön, kun lisäporrasyksikön halutaan liikkuvan. Myöhemmin käyttöön tullut voimansiirtoidea poistaa poikkipalkki-

en tarpeellisuuden. Palkit voivat kuitenkin olla hyödyllistä lisätä lopulliseen laitteeseen, mikäli tarvetta mekanismin jäykistämiseksi ilmenee.

Jotta lisäporrasyksiköstä saataisiin paras hyöty, on laitteen runkoa suunniteltaessa tehtävä pieni muutos perusporrassyöttimeen. Normaalisissa porrassyöttimessä paikallaan olevat portaat ja liikkuvat portaat ovat mitoiltaan samankokoiset. Mikäli paikallaan oleva porras olisi pienempi, ei syötettävä kappale pysyisi portaalla, vaan tippuisi takaisin syöttimen kulhoon. Näin ollen kappaleet eivät syöttyisi linjastolle, vaan jäisivät pyörimään syöttökulhon ja ensimmäisen portaan välille. Jos normaaliin porrassyöttimeen lisättäisiin lisäporrasyksikkö, muuttuisi samalla paikallaan olevan portaan mitat. Tällöin lisäportaan ollessa levossa laite toimisi normaalisti, mutta jos lisäporras otettaisiin käyttöön, olisi paikallaan olevan portaatan pinta-ala pienempi kuin liikkuvan portaatan ja näin ollen syötettävä kappale ei pysyisi siinä. Jotta ongelmaa ei syntyisi, tulisi paikallaan olevan portaatan pinta-alaa muuttaa. Suunnittelussa oletettiin ihanteelliseksi tilanne, jossa liikkuvien portaiden yhteispinta-ala on sama kuin paikallaan olevan portaatan pinta-ala. Tällöin lisäportaan ollessa levossa paikallaan oleva porras on isompi kuin liikkuva porras. Tästä ei pitäisi olla laitteen toiminnan kannalta minkäänlaista vaikutusta (kuva 9).



Kuva 9. Kiinteän portaatan ja liikkuvien portaiden mittasuhteet.

4.5 Porrassyöttimen moottori

Porrassyöttimessä käytettävä sähkömoottori on teholtaan vähintään n. 0,4 kW ja moottorityyppi on alustavan suunnitelman mukaisesti kulmavaihdemoottori. Moottorin teho on arvio, joka perustuu porrassyötinlaitteen valmistajien antamiin teknisiin tietoihin. Normaalisissa porrassyötinlaitteissa moottorin tehoksi on ilmoitettu 0,37–0,4 kW, riippuen laitteen valmistajasta. Mekanismi saataisiin toimimaan myös perinteisellä sähkömoottorilla, mutta kulmavaihdemoottorilla saadaan laitteen kokoa pienemmäksi ja samalla toimintaperiaate saadaan pidettyä mahdollisimman yksinkertaisena. Lisäksi voimansiirto lisäporrasyksikölle saadaan toteutettua helpommin kulmavaihdemoottorilla.

Moottorin valmistajaa ja moottorin toimintamekanismia ei ole valittu valmiiksi. Moottorissa tulee kuitenkin olla mahdollisuus käyttää läpiakselia, eli toisioakselin tulee olla käytettävissä molemmilta puolilta kulmavaihdetta. Lisäksi toisioakselin tulee olla 90 asteen kulmassa moottoriin nähden. Moottori sijoitetaan joko pystyasentoon tai jyrkkään kulmaan rungon takaseinään. Moottorin kierrosnopeutta tulee pystyä säätämään tarpeen mukaan.

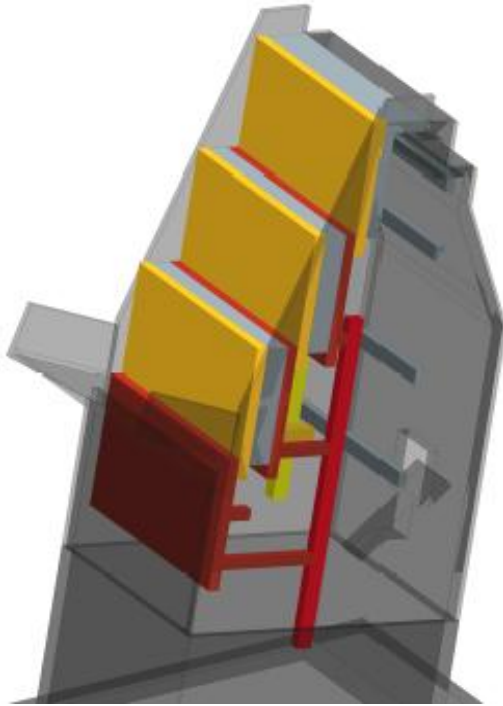
4.6 Porrasyksiköiden lukitus

Jotta ajateltu mekanismi voisi toimia, olisi kehitettävä toimiva lukitusmekanismi porrasyksiköiden välille. Mekanismin tulisi olla mahdollisimman helppokäyttöinen ja yksinkertainen. Perusidea on, että kun porrasyksiköt eivät ole lukittuna toisiinsa, lisäporrasyksikkö pysyy paikallaan laitteen ollessa käytössä. Kun porrasyksiköt lukitaan toisiinsa, molemmat yksiköt liikkuvat samassa tahdissa. Jotta mekanismista ei tulisi liian monimutkaista, lukitusta operoitaisiin vain laitteen ollessa pois päältä. Lukitusmekanismi vaatii laitteelta myös sen, että porrasyksiköillä olisi sama nolla-asento, johon yksiköt voidaan helposti palauttaa ja jossa lukitus toteutetaan.

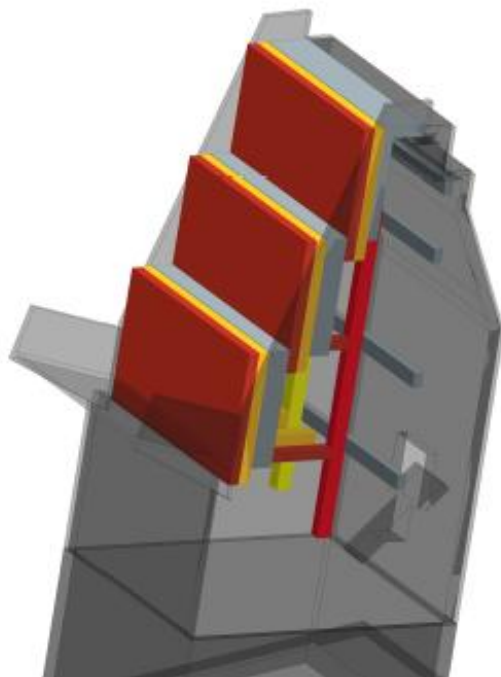
Helpoin tapa hoitaa lukitus olisi tappilukitus, jossa porrasyksiköiden välille laitettaisiin sopivan vahvuiset tapit, jotka siirtäisivät liikkuvan porrasyksikön liikkeen. Vaadittava tapin paksuus pitäisi mitoittaa laitteen koon ja syötettävän kappaleen mukaan, jotta tapit eivät katkeaisi laitteen ollessa liikkeessä. Tappien mitoituksessa pitäisi kiinnittää huomiota leikkaantumiseen, sillä tappeihin pitäisi kohdistua vain poikittaisia voimia. Tappilukitus olisi yksinkertaisin tapa hoitaa kiinnitys, ja samalla sen pitäisi myös olla edullisin vaihtoehto. Tapit täytyy suunnitella niin, etteivät ne pääse liikkumaan lukituksen jälkeen pitkittäissuunnassa, sillä laitteen liike ja lukituskohdan kulma voivat muuten irrottaa tapit paikaltaan. (Parmley 2000.)

Sovitettaessa johteita mekanismiin kuitenkin huomattiin, ettei tappilukitusta voida toteuttaa kovinkaan yksinkertaisesti. Lukituksen käyttötila olisi hyvin pieni ja käyttäjän näkökulmasta epämiellyttävä. Jotta lukitusta olisi helppo käyttää, tulisi tappien sovitusta jättää hieman väljäksi. Tällöin tapit olisi helppo laittaa paikalleen, mutta ne pääsisivät liikkumaan laitteen käytön aikana. Tämä aiheuttaisi lukitusmekanismin kulumista ja nostaisi laitteen melutasoa. Tämän takia voimansiirto lisäporrasyksikölle mietittiin uudelleen.

Mekanismissa voimansiirto lisäporrasyksikölle tuli toteuttaa niin, että lisäporrasyksikön ollessa käytössä se liikkuu samassa tahdissa pääporrasyksikön kanssa, eli porrasyksiköt toimivat käytännössä yhtenä porrasyksikkönä (kuva 10 ja 11). Koska yksinkertaista, helppoa ja käyttäjän kannalta ergonomista lukitusmekanismia ei kyetty keksimään, voimansiirto päädyttiin toteuttamaan toisella tavalla.



Kuva 10. Pelkkä pääporrasyksikkö käytössä



Kuva 11. Molemmat porrasyksiköt käytössä

Porrassyöttimeen oli valittu voimanlähteeksi kulmavaihdemoottori (kuva 12). Moottorin valinnassa tuli huomioida kulmavaihteelle asetetut edellytykset, joita ovat toisioakselin kulma moottoriin nähden sekä toisioakselin käytettävyys kulmavaihteen molemmilta puolilta. Tarkoituksena on, että moottorin ollessa käynnissä akseli antaa liikkeen pää-

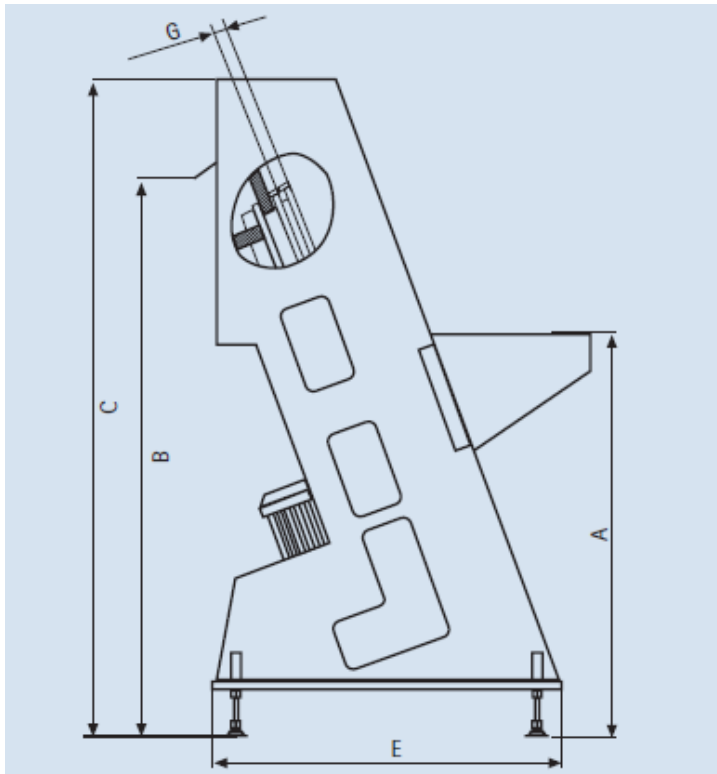
porrasyksikölle kulmavaihteen toiselta puolelta. Samalla kulmavaihteen toisella puolella akselin toinen pää pyörii ilman, että sitä on liitetty mihinkään osaan mekanismia. Kun on tarkoitus alkaa käyttää lisäporrasyksikköä, moottori sammutetaan ja pääporrasyksikkö palautetaan alas nolla-asentoon. Tämän jälkeen toisioakselin toinen pää kiinnitetään lisäporrasyksikköön lisäämällä kiinnityskappale akselin ja lisäporrasyksikön rakenteen välille. Kun moottori käynnistetään ja akseli alkaa liikkua, liikkuvat porrasyksiköt samassa tahdissa. Tämä mahdollistaa porrasyksiköiden lukituksen muuttamisen porrassyöttimen sivusta.



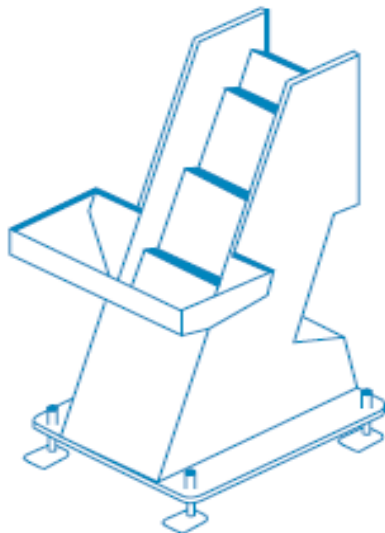
Kuva 12. Esimerkkinä Siemens-merkinen kulmavaihdemoottori (Siemens Oy 2012).

4.7 Porrassyöttimen runko

Porrassyöttimen runko suunniteltiin mahdollisimman yksinkertaiseksi, jotta muokkaustoimenpiteet on helppo toteuttaa suunnitelmiin. Runko koostuu kahdesta porraslevystä, kylkilevystä, takalevystä, syöttökourusta ja ylätasosta. Runko ei ole suunniteltu loppuun asti, eli kyseessä ei ole valmis malli, vaan mahdollisimman helposti muokattavissa oleva suunnitelma. Normaali porrassyötin eroaa rungon osalta hieman suunnitellusta. Syynä tähän on kehitetyn mekanismin vaatima tila sekä se, että rungon mallia yritettiin pitää mahdollisimman yksinkertaisena. Runkoa suunniteltaessa lähtömallina käytettiin RNA Automationin porrassyöttimen runkoa (kuva 13 ja 14).



Kuva 13. RNA Automationin porrassyötin (RNA Automation 2006).



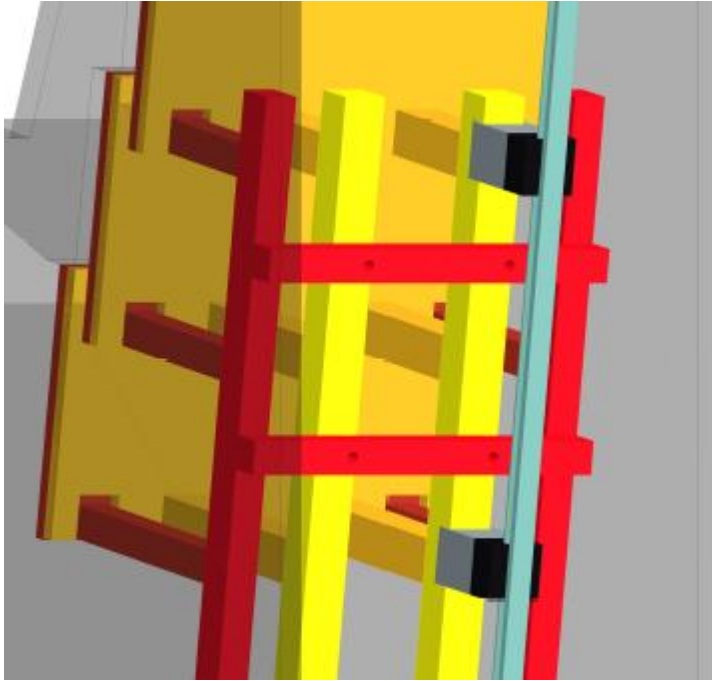
Kuva 14. RNA Automationin porrassyötin (RNA Automation 2006).

Kylkilevyt suunniteltiin aluksi identtisiksi lähinnä siitä syystä, ettei suunnitteluhetkellä ollut havaittavissa tarvetta kahdelle erimalliselle kylkilevyille. Tarpeen vaatiessa kylkilevyjä voidaan muokata paremmiksi. Mekanismisuunnittelun edetessä kuitenkin huomattiin, että kylkilevyihin tuli tehdä pieni muutos, jotta voimansiirto lisäporrasyksikölle voitiin toteuttaa. Kyseinen muutos on sopivan kokoinen luukku, josta kiinnitys mootto-

rin ja lisäporrasyksikön välille voidaan toteuttaa. Takalevy suunniteltiin kylkilevyjen kiinnityspinnaksi sekä sähkömoottorin ja johteiden kiinnitystä varten. Johteita varten suunniteltiin erilliset palkit, joihin johteet kiinnitetään ja jotka kiinnittyvät takalevyyn sekä kylkilevyihin. Moottori on suunniteltu jäämään osittain laitteen ulkopuolelle, kuitenkin huomioiden sen, että moottorin liikkuvat osat ovat rungon sisäpuolella. Moottorin lopullinen asemointi riippuu moottorin mitoista sekä muodosta. Moottorin muoto ja koko myös vaikuttavat lopulliseen takalevyn malliin.

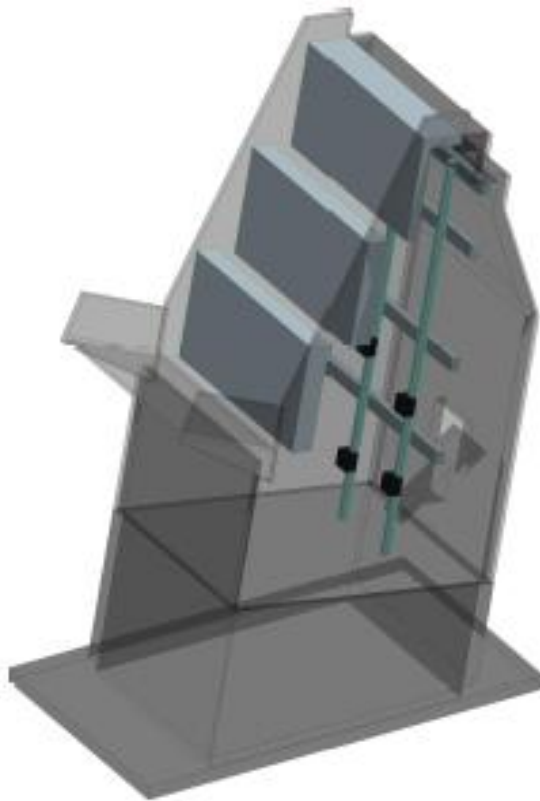
Porraslevyt ovat identtiset ja ne kiinnitetään kylkilevyihin. Porraslevyjen väliin jää tila porrasyksiköitä varten. Ylätasoa on se osa, jonka päälle porrasyksikkö nostaa syötettävän tuotteen ja joka toimii kosketuspintana linjaston seuraavan laitteen kanssa. Ylätasoa ei ole mitoitettu mihinkään tiettyyn tuotteeseen. Ylätasoa voi muuttua malliltaan täysin erinäköiseksi tai jopa korvautua syöttöhihnalla. Syöttökouru on rungon osa, johon syötettävät tuotteet kaadetaan ja josta porrasyksikkö nostaa tietyn määrän kappaleita seuraavalle laitteelle. Syöttökouru ei ole mitoitettu tarkasti, mutta mitoitusta tehtäessä on huomioitava kourun reunan korkeus lattiatasosta. Tämä on tärkeää työergonomian kannalta, jotta kouruun on helppo kaataa lisää tuotteita. Alustavasti syöttökourun reunan korkeus lattiatasosta on alle 700 millimetriä. Suunnitellussa mallissa mitta jäi vielä pienemmäksi, sillä runkoon ei tehty säädettäviä jalkoja.

Porrasyksiköt liikkuvat johteiden varassa. Johteita on kaksi, yksi porrasyksikköä kohti. Johtimet kiinnitetään takaseinään ja kiinnitys porrasyksiköihin tapahtuu varren avulla. Toimintavarmuuden kannalta varsien on oltava mahdollisimman lyhyitä, mutta mekaniisissa käytettyjen ratkaisujen vuoksi varret eivät voi olla kovin lyhyitäkään. Lisäksi huomioitava asia porrasyksiköiden kiinnityksessä on se, että toisen porrasyksikön kiinnitykset johtimeen on oltava riittävän etäällä toisistaan, jotteivät ne törmää liikkeessä lisäporrasyksikön rakenteisiin. Tämä ei kuitenkaan ole ongelmana, mikäli lopullisessa mallissa lisäporrasyksikön rakenteeseen ei tule poikkipalkkeja (kuva 15).



Kuva 15. Punaisen lisäporrasyksikön ollessa paikallaan johtimen alempi kelkka törmää lisäporrasyksikön poikkipalkkiin. Lopullisessa mallissa poikkipalkkeja ei todennäköisesti ole.

Rungon mitoitus on suunnitellun mekanismin kannalta kriittinen vain muutamilta mitoiltaan ja mittasuhteiltaan. Tärkeimpiä on rungon porraslevyjen paksuus verrattuna porrasyksikön porraslevyihin sekä syöttökourun reunan korkeus lattiatasosta. rungon porraslevyjen tulee olla yhtä paksuja kuin molempien porrasyksiköiden porraslevyjen paksuus yhteenlaskettuna. Syöttökourun yläreunan korkeus maanpinnasta tulee olla mahdollisimman matala, jotta kouru on helppo täyttää. Valmis runko koostuu siis syöttökourusta, kylki- ja takalevyistä, johteiden kiinnityspalkeista sekä kiinteistä porraslevyistä (kuva 16).



Kuva 16. Laitteen runko.

5 Tulokset

5.1 Porrasyksiköt ja voimansiirto

Kehitetyssä mekanismissa on kaksi porrasyksikköä, pääporrasyksikkö ja lisäporrasyksikkö. Porrasyksikön levyjen kiinnitys toisiinsa tapahtuu palkeilla. Kiinnitykset voidaan toteuttaa hitsaussaumoilla tai pulteilla. Pulttikiinnityksissä on huomioitava tarvittavat upotukset. Molemmissa porrasyksiköissä on pystypalkki, johon levyt kiinnitetään poikkipalkilla.

Porrassyöttimessä paikallaan olevan portaan ja sen kanssa samalla tasolla olevien liikkuvien portaiden pinta-alat ovat samankokoiset. Mikäli paikallaan olevan portaan pinta-

ala olisi pienempi, ei syötettävä kappale pysyisi portaalla, vaan tippuisi takaisin syöttimen kulhoon. Tällöin laite ei pystyisi syöttämään kappaleita eteenpäin.

Porrassyöttimessä käytettävä sähkömoottori on teholtaan n. 0,4 kW ja moottorityyppi on kulmavaihdemoottori. Moottorin valmistajaa ei ole valittu valmiiksi. Moottorissa tulee olla mahdollisuus käyttää läpiakselia, eli toisioakselin tulee olla käytettävissä molemmilta puolilta kulmavaihdetta. Lisäksi toisioakselin tulee olla 90 asteen kulmassa moottoriin nähden. Moottori sijoitetaan joko pystyasentoon tai jyrkkään kulmaan rungon takaseinään. Moottorin kierrosnopeutta tulee pystyä säätämään tarpeen mukaan.

Moottoria käytetään molempien porrasyksiköiden liikuttamiseen. Käytettäessä pelkääntään pääporrasyksikköä moottorin akseli on kiinnitettynä pääporrasyksikköön ja pyöriessään se liikuttaa porrasyksikköä pystysuunnassa. Kun halutaan käyttää lisäporrasyksikköä, kiinnitetään akselin toinen pää lisäporrasyksikköön ja akseli alkaa liikuttaa pyöriessään molempia porrasyksiköitä samassa tahdissa. Porrasyksiköiden välinen lukitus toteutetaan siis suoraan moottorin akselilla.

5.2 Runko

Porrassyöttimen runko suunniteltiin mahdollisimman yksinkertaiseksi ajatellen tulevia muokkaustoimenpiteitä. Runko koostuu kahdesta porrasleyvystä, kylkilevyistä, takalevyistä, syöttökourusta ja ylätasosta. Runko ei ole suunniteltu valmiiksi, eli kyseessä ei ole suoraan käytettävissä oleva malli, vaan mahdollisimman helposti muokattavissa oleva suunnitelma.

Kylkilevyt suunniteltiin identtisiksi. Takalevy suunniteltiin kylkilevyjen kiinnityspinnaksi sekä sähkömoottorin ja johteiden kiinnitystä varten. Johteita varten suunniteltiin erilliset palkit, joihin johteet kiinnitetään ja jotka kiinnittyvät takalevyyn. Moottori on suunniteltu jäämään osittain laitteen ulkopuolelle. Moottorin liikkuvat osat jäävät kuitenkin laitteen rungon sisäpuolelle.

Porrasleyvyt ovat identtiset ja ne kiinnitetään kylkilevyihin. Porrasleyvyjen väliin jää riittävä tila porrasyksiköitä varten. Ylätaso on se osa, jonka päälle porrasyksikkö nostaa

syötettävän tuotteen ja joka toimii kosketuspintana linjaston seuraavan laitteen kanssa. Ylätason mitat ja malli eivät ole lopulliset. Syöttökouru on rungon osa, johon syötettävät tuotteet kaadetaan ja josta porrasyksikkö nostaa kappaleita seuraavalle laitteelle. Syöttökourua mitoitettaessa on huomioitava kourun reunan korkeus lattiatasosta. Suunnittelussa mallissa mitta on alle 550 millimetriä. Lopullisessa mallissa mitan on oltava alle 700 millimetriä. Syy mittoihin on työergonomia.

Porrasyksiköt liikkuvat johteiden varassa. Johteita on kaksi, yksi porrasyksikköä kohti. Johteet kiinnitetään takaseinään ja kiinnitys porrasyksiköihin tapahtuu varren avulla. Toimintavarmuuden kannalta varsien on oltava mahdollisimman lyhyitä, mutta silti riittävän pitkiä, jotta mekanismi voidaan toteuttaa.

5.3 Valmis malli

Porrassyöttimestä tehtiin 3D-malli, joka toimitettiin toimeksiantajalle. Liitteessä 1 on yleiskuvat toimitetusta mallista. Liitteessä 2 on laitteen päämitat. Mitat ovat esimerkkimittoja ja ne voivat muuttua tehtäessä laitteen prototyyppejä. Liitteessä annettuja mittoja ei siis tule pitää lopullisina laitteen mittoina.

6 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä porrassyötinlaitteen toimintaan ja kehittää laitteen mekanisme ilman, että mahdolliset tuotantokustannukset nousisivat liian korkeiksi. Työssä suunniteltua laitetta käytetään kehityspohjana uudelle porrassyötinlaitteelle ja toimiva laite nähdään toivottavasti markkinoilla tulevien vuosien aikana.

Porrassyöttimen mekanismiin suunniteltu kehitysidea on tietävästi ainutlaatuinen, sillä markkinoilla olevat laitteet ovat kaikki samanlaisia ja niiden toimintaperiaate on päällisin puolin sama. Se, saadaanko suunniteltu kahden porrasyksikön mekanismi toimimaan käytännössä, ei ole täysin varmaa, mutta ainakin mekaaniselta kannalta katsottuna se toimii. Ajateltu voimansiirtomekanismi taas voi olla laitteen toimivuuden kannalta hie-man kyseenalaisempi, mutta ongelma voidaan tarvittaessa kiertää lukitusmekanismia muuttamalla.

Jatkon kannalta suunnittelussa kannattaa miettiä, onko voimansiirto toteutettu järkevästi vai olisiko tappilukitus sittenkin ollut se oikea ratkaisu. Tosin jos tappilukituksen myöhemmässä vaiheessa päädytään, kannattaa huomioita laitteen melutason muutokset. Porrassyöttimen yksi vahvuus kun on juuri alhainen melu. Lisäksi paineilman käyttöä voisi miettiä voimanlähteenä. Tällöin voimansiirto porrasyksiköille voitaisiin toteuttaa pneumaattisilla kytkennöillä.

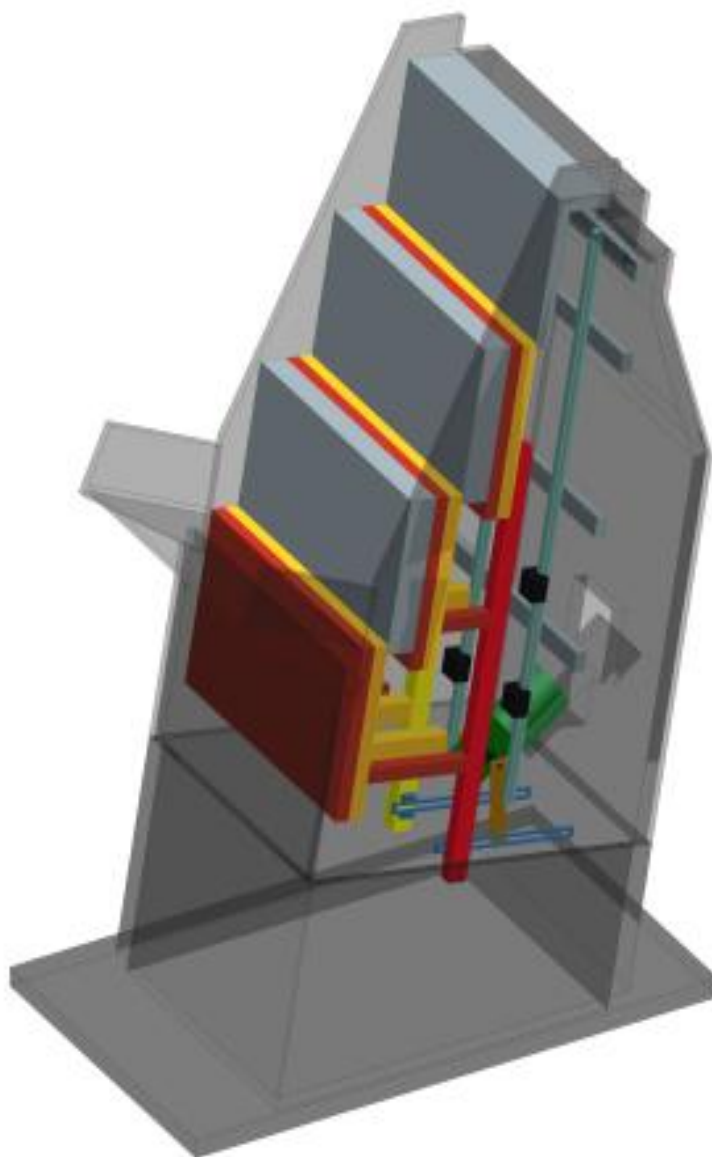
Myös hylätyiksi tulleita kehitysideoita kannattaa miettiä, sillä varsinkin portaiden leveyden säätömahdollisuus lisäisi laitteen säädettävyyttä runsaasti. Lisäksi porrassyöttimen runkoa on mietittävä jonkin verran uusiksi, sillä tämän mallin mukaisesti tehtynä laite vie ehkä mekanismiinsa nähden liikaa tilaa. Myös syöttökaukalo voisi olla erimallinen, jolloin sen tilavuutta olisi helpompi kasvattaa.

Laitteen suunnittelu oli hankalaa, koska lähdemateriaalia oli vaikea löytää. Eri valmistajien sivuilla laitteesta kerrottiin lähinnä vain sen ulkomitat ja suorituskyky, mutta mekani- nismista tai sisämitoista ei löytynyt juurikaan materiaalia. Tämä on sinänsä ymmärrettä-

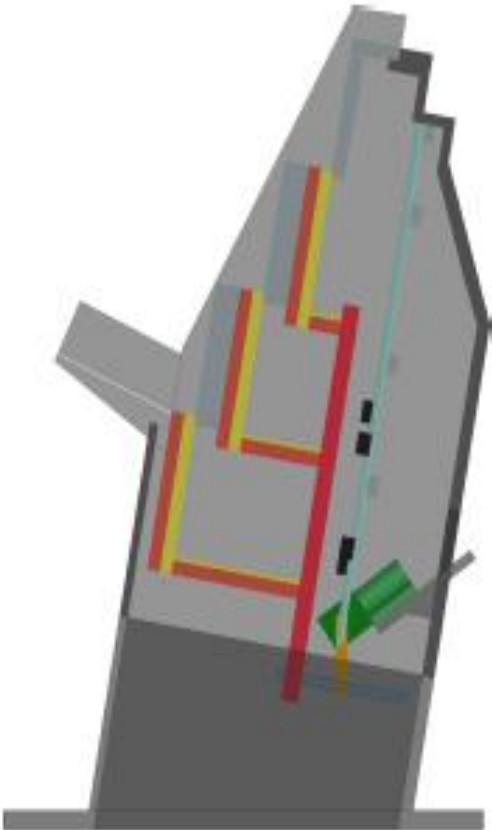
vää, sillä valmistaja, joka avoimesti kertoo laitteensa toimintaperiaatteen jää kilpailussa hyvin nopeasti jalkoihin. Näin on silloin, kun kyseessä on yksinkertainen laite. Suurimmalta osin jouduin käyttämään suunnittelussa päättelyä sekä opintojeni aikana kerääntynyttä tietämystä. Tämä aiheutti paikoin hyvinkin hankalia tilanteita, jolloin usein ainoa ratkaisu oli heittää ajateltu suunnitelma roskeen. Kuitenkin loppujen lopuksi laitteen mekanismin kehitys onnistui kokemustasooni nähden kohtalaisen hyvin.

Lähteet

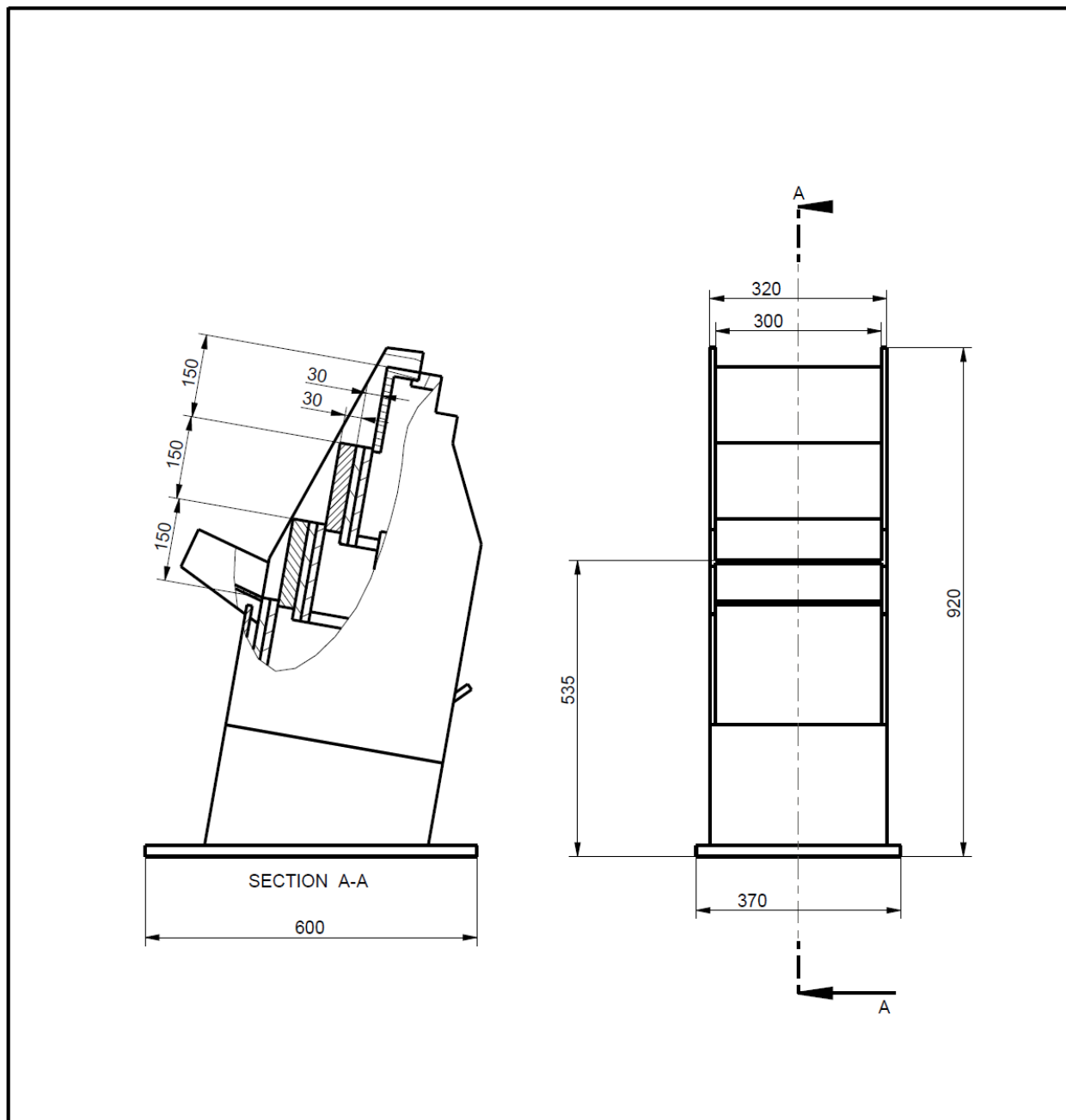
- Computer Age Engineering Inc. 2009. Step feeders at work.
http://www.youtube.com/watch?v=MBTn0yQ_dKQ. 10.5.2011.
- Euroopan Unioni. 2006. Direktiivi 2006/42/EY. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:157:0024:0086:FI:PDF>. 10.5.2011.
- Hesse, S. 2000. Rationalization of Small workpiece feeding. Esslingen: Festo AG &Co.
- Köberlein & Seigert GmbH. 2011. Step Feeder A-series. http://www.koerberlein-seigert.net/stufenfoerderer_a_serie.html?&L=1. 20.5.2011.
- Parmley, R. 2000. Illustrated sourcebook of Mechanical Components. Yhdysvallat: McGraw-Hill Professional.
- RNA Automation Ltd. 2006. Standard Equipment.
http://www.rnaautomation.com/downloads/RNAStepFeeder_GB.pdf. 28.5.2011.
- RNA Automation Ltd. 2011. Ersatzteilliste.
<http://www.rnaautomation.com/downloads/Stepfeedersparepartslist.pdf>. 18.9.2011.
- Siemens Oy. 2012. Kartiohammasvaihdemoottorit.
http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/kaytto-tekniikka_ja_liikkeenohjaus/vaihdemoottorit_motox/kartiovaihdemoottorit.htm. 14.3.2012.



Kuva luodusta mallista



Porrassyöttimen päämitat



4		RUNKO				1		
3		PORRASSYOTIN_U				1		
2		MOOTTORI				1		
1		LIITOSKAPPALE				2		
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys	Standardi tai luettelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl		
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Liitty	Lajimerkki	Nimitys		
		1:10				KOKO		
Piirt	240412 NO		<h1>PKAMK</h1>		Ent	Uusi	Rev	
Suun					Piirustusnumero			
Tark					Massa			
Hyy								