

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
Teknillinen tiedekunta
LUT Metalli
BK10A0400 Kandidaatintyö ja seminaari

VOITELUAINENPAKKAUSTEN AUTOMAATTINEN KORKITUSLAITTEISTO

Automatic Corking Machine for Lubricant Packages

Työn tarkastajana on toiminut tutkijaopettaja Kimmo Kerkkänen

Lappeenrannassa 24.4.2010

Petri Kärkkäinen
Ruotsalaisenraitti 3 B25
53850 Lappeenranta
+358 44 2973808

SISÄLLYSLUETTELO

1 Johdanto.....	1
2 Pakkaamisen perusteet	2
2.1 Pakkauksen tarkoitus	2
2.2 Tuotteiden asettamat vaatimukset pakkaukselle.....	2
2.3 Muoviset pakkausmateriaalit ja niistä valmistettavat pakkaukset	4
2.4 Korkit	5
2.5 Erilaiset pakkausmenetelmät ja niissä käytettävät pakkausvälineet	6
2.6 Annostelulaitteistot	7
2.7 Tilavuusannostelu	8
2.8 Muut annostelutavat	9
2.9 Voiteluaineelle sopivat pakkausmenetelmät	10
2.10 Pakkauksen suunnittelu tuotannon perusteella	11
3 Korkituslaitteiston suunnittelu	12
3.1 Ongelmaan tutustuminen ja asiakkaan vaatimusten selvittäminen.....	12
3.2 Vaatimuslistan laatiminen ja tarkastus	14
4 Luonnosteluvaihe.....	16
4.1 Toimintorakenteen laatiminen	16
4.2 Vaikutuseriaatteiden haku	17
4.3 Ideamatriisin kokoaminen.....	18
4.4 Ratkaisuvaihtoehdot ja niiden arviointi	19
5 Kehittely	27
5.1 Korkituslaitteiston jatkokehittelyn aloittaminen	28
5.2 Pakkausten kohdistuslaitteisto	30

5.3 Korkkien paikoitusjärjestelmä	31
5.4 Korkkien vastaanotto korkkitäryttimeltä	32
5.5 Korkkitustoiminto	33
5.6 Lujuuslaskenta	35
5.7 Pneumatiikan perusteita	37
5.8 Toimilaitteiden yhdistäminen ja lopputulos.....	39
5.9 Kustannusarvio	40
6 Yhteenveto suunnittelutyöstä	42
Lähteet	44
Liitteet	

1 JOHDANTO

Työn tarkoituksena on suunnitella voiteluaineiden pakkaukseen käytettävälle linjastolle toimiva korkitusjärjestelmä. Linjasto sijaitsee Lappeenrannassa ja on Söderling Oy:n omistuksessa. Linjaston tarkoituksena on toimia automaattisesti ja pakata voitelurasva erillisiin pakkauksiin. Pakkaus aloitetaan 180 kg kokoisesta säiliöstä, jonka sisällön laitteisto pakkaa pienempiin 400 g pakkauksiin, jotka laitteisto siirtää valmiisiin jakelulaatikoihin.

Tämä raportti on jaettu karkeasti kahteen osioon, joista ensimmäisessä käsitellään yleisiä pakkauksessa huomioon otettavia asioita niin pakkauksen että pakkauslaitteiston suunnittelusta. Toisessa vaiheessa esitellään korkituslaitteiston suunnittelu välivaiheineen.

2 PAKKAAMISEN PERUSTEET

2.1 Pakkauksen tarkoitus

Tuotteen laadun ja hinnan optimoimiseksi tulee pakkauksen täyttää sille asetetut tehtävät. Pakkauksen tehtävät liittyvät suojaamiseen, markkinointiin ja logistiikkaan. Pakkauksen kuuluu varmistaa tuotteen laatu suojaamalla sitä siten, että se saapuu loppukäyttäjälleen hyvälaatuisena ja ehjänä. Pakkaus täyttää edellä esitetyt vaatimukset, kun se suojelee pakattua tuotetta pilaantumislta, rikkoutumiselta, häviämiseltä ja varastamiselta. Edellä mainittujen lisäksi pakkauksen tärkeä tehtävä on myös suojella tuotetta ympäristöltä ja useassa tapauksessa ympäristöä tuotteelta itseltään. Pakkauksen valintaan ja varsinkin suunnitteluun on syytä panostaa jo tuotekehitysprosessin alusta lähtien. Pakkausten suunnittelu ja toteutus vaikuttavat myös paljon itse tuotteen pakkaamislaitteiston suunnitteluun. [1,2]

2.2 Tuotteiden asettamat vaatimukset pakkaukselle

Elintarvikkeiden pakkaamiseen käytetään maailmassa lähes 50 % kaikista pakkausmateriaaleista. Elintarvikkeet ovat myös kaikkein monimutkaisimpia ja ongelmallisimpia tuotteita suojaamisen osalta, sillä ne pilaantuvat helposti. Elintarvikkeet tulee myös suojata ulkopuolisilta epäpuhtauksilta. Elintarvikkeiden pakkaamisessa pitää ottaa huomioon erittäin monenlaisia turvallisuusseikkoja. Tässä raportissa käsitellään kuitenkin non-food tuotteita pakkaavan pakkauslaitteiston suunnittelua, joten elintarvikkeiden pakkausta ei tässä yhteydessä käsitellä tämän tarkemmin. [1]

Non-food tuotteiksi voidaan yksinkertaisesti laskea kaikki sellaiset tuotteet, jotka eivät ole suoranaisia elintarvikkeita. Tämä jaottelu on erittäin karkea, sillä non-food tuotteisiin kuuluu erittäin suuri ja monimuotoinen joukko tuotteita, joten jokaista tuotetta koskevia yksittäisiä riskejä on lähes mahdoton lähteä esittelemään erikseen. Tässä keskitytään erittelemään juuri

voiteluaineiden ja vastaavien tuotteiden pakkaukseen kuuluvia riskejä ja vaatimuksia. Yleisesti non-food tuotteita vahingoittavina riskeinä voidaan mainita mekaaniset raskaudet, korrosio, kosteus, homeet ja staattinen sähkö. Voidaan perustellusti ajatella, että voiteluaineet ovat hiukan elintarvikkeiden ja non-food tuotteiden välimaastossa, sillä niillä on joitain yhteisiä riskejä myös elintarvikkeiden kanssa. Näistä riskeistä voidaan mainita ainakin puhtausvaatimus eli voiteluaineen sekaan ei saa mennä vieraita aineita tai muuten voi olla riskinä voiteluaineen toimimattomuus käyttökohteessaan. [1, 3]

Jotta voidaan arvioida riskejä, joille tuote on erityisen altis sekä altistuu suurimmalla todennäköisyydellä, tulee tuotteen fysikaalisesta luonteesta tietää joitain seikkoja. Tärkeitä ovat tuotteen koko, massa, painopisteen ja symmetriakeskipisteen sijainti, sen pinnan luonne sekä sen hauraus. Näiden fysikaalisten ominaisuuksien lisäksi tulee tietää joitain kemiallisia ominaisuuksia, kuten veden, vesihöyryn, kaasujen ja hajujen vaikutus tuotteeseen. Erittäin tärkeä on myös tietää, sisältääkö tuote elävää solukkoa, ovatko mikrobiologiset muutokset mahdollisia ja onko se mahdollisesti alttiina ulkoapäin tulevien mikrobien mahdolliselle vahingolliselle vaikutukselle. Kaikkien edellä olevien seikkojen lisäksi on tärkeintä tietää, mihin käyttöön pakattava tuote on tarkoitettu ja millaisen reitin se kulkee, ennen kuin saavuttaa lopullisen käyttäjänsä. On myös syytä huomata, että jokainen tuote tulee pakata sellaiseen materiaaliin, joka parhaiten soveltuu kyseisen tuotteen varastointiin. Varastoinnin lisäksi on otettava huomioon myös tuotteen kuljetus ja jakelu. Pakkauksen tulee lisäksi viestiä kuluttajalle pakatun tuotteen ominaisuuksista sekä käyttömahdollisuuksista. Lisäksi hyvä pakkaus vähentää merkittävästi kokonaisuuden ympäristölle aiheuttamia rasituksia. Hyvälläkin pakkauksella ei kuitenkaan voida muuttaa huonoa tuotetta hyväksi eli uudelleenostopäätökseen vaikuttaa pakattu tuote eikä pakkaus, vaikka pelkällä pakkauksellakin voidaan myydä huono tuote kertaalleen kuluttajalle. [1, 2]

2.3 Muoviset pakkausmateriaalit ja niistä valmistettavat pakkaukset

Koska suunniteltavan voiteluainepakkauslaitteiston pakkaukset on valmistettu muovista, seuraavassa käsitellään hiukan muovisia pakkausmateriaaleja ja niistä valmistettavissa olevia pakkauksia. Muovit ovat tyypillisesti keinotekoisia aineita, jotka kemian teollisuus on kehittänyt. On myös tavallista, että muovien ominaisuudet määritellään jo suunnitteluvaiheessa. Täten muovista voidaan valmistaa hyvin monenlaisia pakkauksia moneen eri käyttötarkoitukseen. [1]

Muovit jaetaan yleensä kahteen suureen pääryhmään eli kerta- ja kestumuoveihin. Kertamuovi voidaan pehmittää lämpöä apuna käyttäen muovattavaan muotoon vain kerran. Tämän jälkeen kertamuovi kovettuu ja jäykistyy, eikä sen uudelleenmuovaus enää onnistu. Kestomuovit taas vastaavasti voidaan muotoilla useasti uudestaan ja näin niiden käyttökohdettakin voidaan muuttaa tarvittaessa. Kestomuovit ovat pakkauksissa useimmin käytettyjä muoveja. [1]

Voidaan sanoa, että kaikkien muovipakkausten valmistus seuraa periaatteessa samaa valmistusperiaatetta. Muovi sulatetaan, muotoillaan ja jäädytetään. Tässä projektissa käytettävät voiteluainepakkaukset ovat jäykkiä muovipakkauksia, joten niiden muotoilussa on käytetty muottia. Sulattaessa on myös mahdollista liittää yhteen kaksi yleensä samaa materiaalia olevaa muovikappaletta siten, että niiden välisen liitoskohdan rakenne on identtinen muun materiaalin kanssa. Muovikappaleiden liittäminen ilman liimoja ja muita apuaineita pelkän kuumasautumisen avulla onkin yksi suurimmista muovin työstettävyyden eduista. [1]

Jäykissä muovipakkauksissa käytetyin muovi on polyeteeni niin kuin muissakin muovipakkauksissa. Jäykkiä muovipakkauksia valmistetaan yleensä muottiinpuhallus- ja ruiskupuristusmenetelmällä, levystä muovaamalla eli syventämällä ja solumuovipakkauksia muottipaisutusmenetelmällä. Muottiinpuhallus sekä ruiskupuristus tehdään

periaatteessa kumpikin ekstrudoimalla ja puristamalla tuote suulakkeen läpi. Koneet ja menetelmät kuitenkin eroavat toisistaan monessakin mielessä. Kummastakin menetelmästä on lisäksi olemassa muunnoksia, jotka erottuvat toisistaan varsinkin saatujen lopputuoteryhmien perusteella. [1]

On erittäin todennäköistä että pakattavien voiteluaineiden pakkaus on valmistettu muottipuhalluksella, koska sillä perinteisesti valmistetaan juuri erilaisia onttoja esineitä, kuten pulloja, kanistereita ja tynnyreitä. Lisäksi on yleistä varsinkin suurien valmistussarjojen kohdalla, että niitä varten rakennetaan pakkauksen valmistus-, täyttö- ja suljentakoneet samaan linjastoon. Näin voidaan valmistaa pakkaukset samassa paikassa kuin missä tuote pakataan. [1]

Ruiskupuristus on muottipuhalluksen tavoin erittäin yleinen muovin työstömenetelmä, jolla voidaan valmistaa mm. erilaisia kansia, juomakoreja, kuljetuslaatikoita ja tölkkejä. Tällä menetelmällä on mahdollista myös valmistaa suhteellisen helposti hyvinkin monimutkaisia rakenteita. [1]

Muottipuhallusta ja ruiskupuristusta yhdistää se tekijä, että kummallakin valmistustavalla voidaan valmistaa monenlaisia esinemuotoja. Tämän mahdollistaa se, että muotit ovat kaksi- tai useampiosaisia ja ne avataan jäähtytyksen jälkeen, jotta valmistettu esine saataisiin niistä pois. [1]

2.4 Korkit

Pakkauksen muoto ja varsinkin pakattava tuote määräävät oikein sulkimen valinnan. Väärällä suljinvalinnalta pakkauksen tiiveys saattaa kärsiä. Sulkimen päätehtävinä voidaan mainita ainakin seuraavat seikat:

- Sulkimen pitää sulkea ja pitää pakkaus niin tiiviinä, ettei mikään pääse pakkauksesta ulos eikä myöskään sisälle pakkaukseen

- Sulkimen tulee myös samalla olla helposti avattavissa ja tarvittaessa myös uudelleen suljettavissa siten, että pakkauksen tiiveys säilyy myös uudelleensulkemisen jälkeen
- Nykyään on myös yleistä, että sulkimelta vaaditaan ns. näpistelyvarmuutta eli pakkauksen avaamisen ei pitäisi olla mahdollista ilman, että avaamisesta jää todisteita pakkaukseen
- Tärkeää on myös, etteivät pakkauksen sisältö ja suljin saa vaikuttaa toisiinsa.

Sulkimet valmistetaan yleensä metallista tai muovista ja varsinkin pullojen sulkimissa muovisulkimet ovat nopeasti syrjäyttämässä perinteiset metallisulkimet. [1]

Koska tarkasteltavissa voiteluainepakkauksissa ei vaadita tyhjiötä tai painetta, voidaan niiden sulkemiseen käyttää normaalisulkimia. Muita olemassa olevia suljintyyppisiä ovat ilman pakkaukseen pääsyn estävät tyhjiösulkimet sekä painesulkimet, jotka ovat käytössä suljettaessa hiilihappopitoisia juomia sisältäviä pakkauksia. Normalisulkimista puhuttaessa tarkoitetaan yleensä erilaisia tulppia sekä kansia, kuten luonnonkorkki ja muovikapseli (kierretulppa). [1]

2.5 Erilaiset pakkausmenetelmät ja niissä käytettävät pakkausvälineet

Kuten jo edellä mainittiin, sopivaa pakkausmenetelmää sekä pakkausvälineitä valittaessa on tunnettava pakattava tuote. Tuotteesta täytyy tietää ainakin tuotteen rakenne sekä lujuus. Tämän lisäksi on tunnettava käytössä olevat tuotantomenetelmät sekä tuotannon vauhti ja käytettävissä olevat resurssit. Voiteluaineet luokitellaan sitkoiksi eli tahnamaisiksi aineiksi ja tämä vaikuttaa valittavaan pakkaustapaan sekä luonnollisesti valittavaan pakkaukseen. Tuotteen lujuus vastaavasti on ominaisuus, jolla on merkitystä sekä pakkausta että pakkausmenetelmää valittaessa. Tämän valinnan tärkeys

korostuu varsinkin pakattaessa hauraita, pehmeitä tai muuten helposti vahingoittuvia tuotteita. Voiteluaine ei varsinaisesti voi vahingoittua, vaikka se pudotettaisiin tai altistettaisiin törmäyksille. Edellä esitetyt ominaisuudet tulevat voiteluaineen pakkauksessa voimaan vasta siinä vaiheessa, kun voiteluaine on jo pakattu pakkauksiin. Eli voiteluainepakkauksien käsittely voi olla suhteellisen rajuakin ilman, että pakkauksen sisällä oleva voiteluaine vahingoittuisi. On huomattava, että mikäli tuotteen rakenne, lujuus ja muoto sen sallivat, tulee se pakata niin, että tuote tukee pakkausta eli on pakkauksen lujuuden osana. Tämä toteutuu sitkoissa voiteluaineissa erittäin hyvin, koska voiteluaine muotoutuu pakkauksen mukaiseen muotoon ja lisää näin pakkauksen lujuutta. Tuotteen lujuus mitataan tavallisimmin kokeellisesti pudottamalla, puristamalla ja täryttämällä tuotetta. [1]

Jotta voidaan valita tilanteeseen sopiva pakkausmenetelmä oikein, tulee tuotannosta tietää tuotannon vauhti, jatkuvuusaste, vuotuinen volyymi, kerrallaan valmistettavan erän suuruus, tuotteen muoto ja miten se on ryhmitelty tullessaan valmistuslinjasta. Pitääkö tai voidaanko tuote pakata välittömästi vai vaatiiko tuote erityiskäsittelyjä, kuten ilmastoitus- tai jäähtymisajan. On myös otettava huomioon tuotteiden välivarastoisuuden mahdolliset häiriöt ja tuotannon keskeytymisen yhteydessä. Mikäli tuotteen valmistus on erityisen epätasaista, tulee pakkausmenetelmää valittaessa selvittää, kuinka tuotantovirta voidaan tasata, jotta pakkaaminen voidaan suorittaa samassa tahdissa. On hyvä muistaa, että käyttöön otettavan pakkausmenetelmän valinnan ratkaisee aina taloudellisuus. Tämä johtuu pakkauskoneitten erittäin kalliista hinnasta, joka pakottaa tekemään erittäin tarkkoja investointilaskelmia ennen koneen hankintaa. [1]

2.6 Annostelulaitteistot

Tuotteen rakenne määrää tavan, jolla tuote tullaan annostelemaan pakkaukseensa. Lisäksi pitää ottaa huomioon tuotteen käsiteltävyys, johon lukeutuu tuotteen reologiset ominaisuudet. Tästä voidaan esimerkkinä mainita jauhojen pakkaus. Vehnäjauho on karkeaa ja valuu helposti, mutta

vastaavasti perunajauho valuu erittäin huonosti. Annostelutyypit voidaan jakaa kolmeen päätyyppiin, jotka ovat: tilavuusannostelu, punnitseminen ja laskeminen. [1]

2.7 Tilavuusannostelu

Tarkastelussa olevan voiteluainepakkauslaitteiston annostelulaitteiston toiminta perustuu suurelta osin tilavuusannosteluun, vaikka laitteistoa voidaankin pitää lajissaan erittäin uniikkina järjestelmänä. Tilavuusannostelijan toiminnan ja valinnan kannalta voidaan pitää perusvaatimuksena tuotteen irtotiheyden pysymistä suhteellisen tasaisena, joka valuvassa voiteluaineessa toteutuukin. Tuotteen rakenne ja valuvuus määräävät tuotteelle sopivan tilavuusannostelijan rakenteen. Valittavissa olevat tilavuusannostelijat voidaan jakaa kolmeen pääryhmään:

- Kuppiannostelijat
- Ruuviannostelijat
- Mäntäannostelijat

Kuppiannostelija on erittäin yleinen pakkauskoneissa käytetty annostelulaite. Se sopii hyvin tuotteille, jotka asettuvat helposti ja tasaisesti mittakuppiin ja jotka omaavat hyvät valuvuusominaisuudet. On kuitenkin huomattava, ettei kuppiannostelija ole oikea valinta tuotteille, jotka pölyävät tai tuotteille, jotka ”holvaantuvat” valuessaan. Kuppiannostelijan valintaa tukee sen helppokäyttöisyys, toimintavarmuus ja suhteellisen halpa hinta. Se on myös varsin helppo kytkeä kaikkiin vertikaalisiin pakkauskoneisiin. On kuitenkin huomattava, että mikäli tuotetta myydään painon perusteella, on pakkauksen paino tarkistettava tarkistuspunnituksella kuppiannostelijaa käytettäessä. [1]

Kuppiannostelijassa on kahdesta päällekkäin asetetusta lautaslevystä muodostuvat sylinterit, jotka sopivat sisäkkäin. Näiden lautasten välimatka on säädettävissä ja sitä muuttamalla voidaan sylinterin eli annoskupin tilavuutta muuttaa. Annoskupit täyttyvät ja tyhjentyvät lautasten pyöriessä. Mittakuppiin valuvan tuotteen pinnantasaus tapahtuu yleensä koneeseen

liitetyllä harjalla. Kuppiannostelija toimii mainiosti myös erittäin nopean pakkauskoneen yhteydessä ongelmitta. [1]

Ruuviannostelija on tehokkain kohteessa, jossa pakattava tuote juoksee huonosti, paakkuuntuu helposti tai pölyää. Ruuviannostelijan annostelutarkkuus on yleensä erittäin suuri ja mahdolliset annosten väliset painoerot johtuvatkin yleensä tuotteen irtotiheyden vaihteluista, eivätkä ruuviannostelijasta. Päästäkseen mahdollisimman hyvään lopputulokseen, tulee ruuviannostelijan ruuvin malli valita oikein. [1]

Ruuviannostelijan toimintaperiaate on suhteellisen yksinkertainen. Ruuviannostelija koostuu ahtaasta pystysuorasta sylinteristä ja tässä sylinterissä pyörivästä ruuvista. Annoksen koko määrätään ruuvin kierrosluvulla annosta kohden. Ruuvin kierrosluvun lisäksi ruuvin halkaisijalla ja nousulla voidaan säätää annoskoko halutuksi. Sijoittamalla ruuvin alapää hyvin lähelle täyttökohdetta ei pölyävienkään tuotteiden annostelu tuota ongelmaa. Jos pakattava tuote muuttuu, on syöttöruuvi helppo vaihtaa uudelle tuotteelle sopivaksi. [1]

Mäntäannostelija on käytössä myös tässä tarkasteltavassa voiteluainepakkausjärjestelmässä. Mäntäannostelijan toiminta perustuu mäntäpumppuun, joka imuvaiheessa vetää pakattavaa tuotetta määrätyn tuoteannoksen verran annossäiliöön ja puristusvaiheessa painaa tämän tuoteannoksen pakkauskoneen syöttöputkeen, josta se päättyy pakkaukseen. Mäntäannostelun vahvuutena on erittäin suuri annostelutarkkuus. [1]

2.8 Muut annostelutavat

Vaikka voiteluaineenpakkauslaitteistossa käytetäänkin tilavuusannostelua, on syytä esitellä vaihtoehtoisia tapoja annostella tuotteita pakkauksen yhteydessä. Näistä tavoista ensimmäinen on punnitusannostelu, joka perustuu tuotteen punnitukseen ja annosteluun tuotteen massan perusteella. Massan määrittäminen on yksi yleisimmistä käytössä olevista määrän mittauksista ja täten se on myös erittäin tärkeä osa useassa eri tekniikan prosessissa.

Punnitusannostelun toiminta perustuu vaakaan, jonka ominaisuudet määräytyvät käyttökohteen mukaan. [1]

Toinen käytössä oleva annostelulaitteisto perustuu laskijalaitteisiin. Laskijalaitteiden käyttö on erityisen perusteltua silloin, mikäli tuotteet myydään kappalemäärän perusteella. Laskijalaitteet ovatkin käytössä erityisesti lääketeollisuudessa. Laskijalaitteisto koostuu usein valokennosta ja tärykuljettimesta. Tärykuljettimella jonossa liikkuvat tuotteet kulkevat valokennon ohi, joka antaa jokaisen tuotteen kohdalla impulssin eteenpäin. Nämä saadut impulssit lasketaan ja tämän perusteella pakkauslaitteisto osaa pakata oikean määrän tuotteita pakkaukseen. [1]

Pakattava tuote saattaa usein olla ominaisuuksiltaan sellainen, ettei sitä voida pakata vain yhdellä edellä mainituista tavoista. Monesti pakkaus tapahtuu usein usean annostelulaitteiston yhdistelmillä ja muunnelmilla. [1]

2.9 Voiteluaineelle sopivat pakkausmenetelmät

Koska pakattava voiteluaine ei varsinaisesti ole neste, vaan sitä voidaan pitää sitkona, sen pakkaaminen tapahtuu sitkojen pakkaamisen periaatteiden mukaisesti. Tahnamaiset tuotteet pakataan yleensä lasi- tai muovitölkkeihin. Tahnamaisten aineiden pakkauksessa käytetyt pakkauslaitteet ovat yleensä jatkettuja annostelulaitteita, joihin on liitetty ohjelmoitu tölkkikuljetin. Tölkkikuljetin pysähtyy täytön ajaksi ja joissain nopeammissa laitteissa kuljetin on korvattu tähtipyörällä, joka liikkuu askeleen eteenpäin jokaisen täytön yhteydessä. [1]

Putkilontäyttökoneet toimivat Suomessa tavallisimmin n. 60 kpl/min nopeudella. On kuitenkin olemassa koneita, joiden täyttönopeus on jopa 450 kpl/min. Näitä putkilopakkauksia tuotetaan vuosittain n. 80 miljoonaa kappaletta. [1]

Tavallisimmin putkilontäyttökoneessa tyhjät putkilot syötetään kaltevalle radalle käsin, josta ne jatkavat matkaansa kippauskohtaan vierimällä.

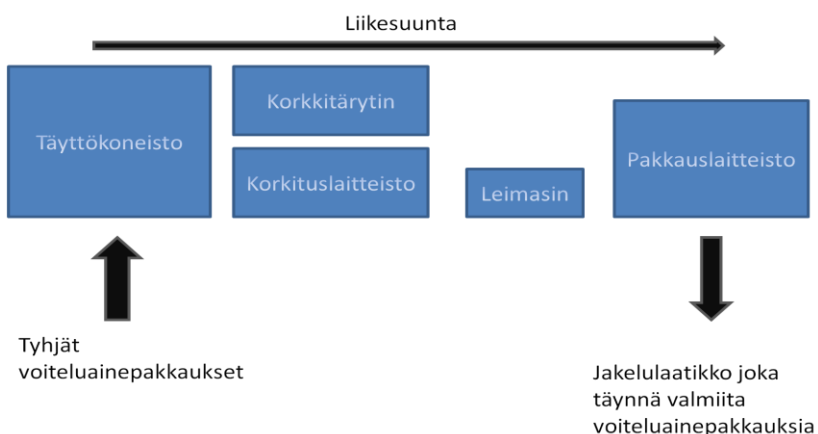
Kippauskohdassa putkilot käännetään täyttötelineeseensä pohja ylöspäin. Täyttöpisteet sijaitsevat pyörivässä levyssä, joka mahdollistaa niiden siirtymisen vaihe kerrallaan eteenpäin. Täyttösuutin työnnetään miltei pakkauksen pohjaan saakka, josta se nousee vähitellen kohti putkilon päätä. Tämä pakkaustekniikka mahdollistaa tiiviin pakkauksen siten, ettei tahnamaiseen aineeseen synny ilmakuplia. Tämän jälkeen pakkaukset ovat valmiina suljettaviksi. [1]

2.10 Pakkauksen suunnittelu tuotannon perusteella

Pakkauksen suunnittelun yhteydessä on syytä kartoittaa yrityksessä käytettävissä olevat koneet, laitteet, tilat sekä henkilökunta ja käyttää näitä tietoja hyödyksi sopivaa pakkausta suunniteltaessa. Tärkeitä selvitettäviä asioita ovat mm. koneiden kapasiteetit, mahdollisesti tarvittavat lisä- tai muoto-osat ja vaatimukset pakkausmateriaaleille. Pakkausmateriaalia valittaessa on tärkeää varmistua sen soveltuvuudesta sekä pakkauslaitteistolle että pakattavalle tuotteelle. Hyvä yhteistyö pakkaussuunnittelun ja tuotannon välillä on perusedellytys sille, että pakkausvaiheiden ja tuotannon yhteensovittaminen onnistuu saumattomasti. Tämä näkyy välivarastoinnin ja tuotteiden siirtojen joustavana sujumisena ilman mainittavia pullonkaulojen syntymisiä. [2]

3 KORKITUSLAITTEISTON SUUNNITTELU

Linjasto koostuu karkeasti jakaen neljästä toimilaitteesta sekä korkkitäryttimestä jolla korkit saadaan korkituslaitteistolle. Ensimmäisenä toimilaitteena toimii koneisto, joka siirtää tyhjät 400 gramman pakkaukset linjastolle ja täyttää ne voiteluaineella. Täyttökoneisto kykenee täyttämään samanaikaisesti neljä pakkausta, joten sen tehokkuus ja nopeus on suuri. Täyttökoneistolta täytetyt, mutta korkittomat pakkaukset siirtyvät eteenpäin korkituslaitteistolle, jossa pakkaukset suljetaan tiiviisti. Tämän jälkeen suljetut pakkaukset siirtyvät leimasimelle, joka merkitsee pakkaukseen pakkauspäivämäärän ja eränumeron. Tämän jälkeen valmiit pakkaukset siirtyvät eteenpäin pakkausosioon, joka siirtää valmiit voiteluainepakkaukset jakelulaatikoihin. Linjaston toiminta on kuvattu myös periaatteellisella tasolla kuvassa 1.



Kuva 1. Pakkauslinjaston toiminta

3.1 Ongelmaan tutustuminen ja asiakkaan vaatimusten selvittäminen

Asiakkaan ongelmana on toimivan korkitusjärjestelmän puuttuminen, joka on estänyt järjestelmän tehokkaan testaamisen ja käyttöönoton. Suunnittelutyö aloitetaan tutustumalla laitteistoon ja sen toimintaan. Pakkauslinjastolle on kehitetty jo aikaisemmin korkituslaitteisto, jonka

toiminta on huomattu riittämättömäksi ja liian epävakaaksi, jolloin se ei ole vastannut asiakkaan vaatimuksia. Korkituslaitteisto ei myöskään ole soveltunut uudenlaisten pakkausten korkittamiseen, joiden käyttöön asiakas on juuri siirtynyt. [3]

Nykyisen ratkaisun suurimpina ongelmina voidaan pitää juuri sen toimimattomuutta uusien korkkien paikoilleen asettamisen kanssa. Vanhat korkit painuivat osittain pakkauksen sisäpuolelle, kun taas uudet korkit vastaavasti jäävät pakkauksen pään ulkopuolelle hiukan pullonkorkin tapaan. Nykyinen ratkaisu perustuu alipainetartuntaan eli korkit nostetaan korkkitäryttimeltä tulevalta linjastolta alipaineen avulla korkkilaitteistoon ja painetaan pakkauksen päälle paineilmasylinterin avulla. Korkkien kohdistustoiminto ei kuitenkaan toimi kunnolla, eivätkä korkit mene paikoilleen tarpeeksi tarkasti. Myöskään sylinterin isku aika ei ole tarpeeksi pitkä. Alipainetarttuja ei ole tarpeeksi tiivis, eikä sen nostovoima riitä poimimaan korkkeja tärytinhihnalta eivätkä jo nostetut korkit myöskään pysy laitteessa vaan putoavat lattialle. Tästä voidaan päätellä, että korkin ja alipainetarttujan väliin ei saada aikaiseksi tarpeeksi ilmatiivistä pintaa tartuntaa varten. [3]

Asiakkaan haastattelun ja laitteistoon tutustumisen jälkeen pystytään määrittämään karkeasti suurimmat ongelmat, jotka kohdataan tämän korkituslaitteiston suunnittelussa ja jotka tulee ratkaista, jotta toimiva ratkaisumalli voidaan kehittää. Ensimmäisenä ongelmana on se, että liukuhihnalla liikkuvien voiteluainepakkausten liikkeen pitää olla suhteellisen tasaista. Jos pakkausten liike yllättäen pysäytetään ja käynnistetään sitten uudestaan, pystyssä olevat pakkaukset pääsevät kaatumaan, jota ei saa päästä tapahtumaan. Toinen iso asia on korkin ja pakkauksen kohdistaminen, eli korkki tulee saada juuri oikeaan asentoon ja paikkaan pakkaukseen nähden, jotta korkin paikoilleen painaminen on ylipäättään mahdollista. Koska liukuhihna liikkuu jatkuvasti, eikä sitä voida pysäyttää korkittamisen ajaksi, tulee korkin paikoilleen painamisen olla tehokasta ja tarpeeksi nopeaa. Korkitusjärjestelmässä pitää aina olla korkki valmiina uutta voiteluainepakkausta varten, eli laitteisto ei saa jättää yhtään

pakkausta väliin. Näiden havaintojen jälkeen vaatimuslistan laatiminen ja tarkentaminen voidaan aloittaa. [3]

3.2 Vaatimuslistan laatiminen ja tarkastus

Järjestelmällinen suunnittelutyö aloitetaan aina ongelman kohtaamisella. On tärkeää huomata, että jokaisella suunnittelutehtävällä on omat ajallisesti muuttuvat reunaehdot, jotka suunnittelijan tulee ymmärtää täysin päästäkseen toivottuun ja optimaaliseen ratkaisuun. Tämän vuoksi tehtävänasettelu tulee jo alusta alkaen selvittää mahdollisimman laajasti ja täydellisesti, jotta työskentelyn aikana tehtävät täydennykset ja korjaukset rajoittuisivat mahdollisimman tehokkaasti vain välttämättömiin. Tällaista lähestymistapaa varten sekä myöhemmin tehtävien ratkaisujen perustaksi on hyvä laatia vaatimuslista. [4]

Vaatimuslistalle ei ole varsinaisesti asetettu mitään tiettyä muotoa, vaan jokainen suunnittelija tai organisaatio käyttää heille parhaiten sopivaa mallia. Vaatimuslistan tulee kuitenkin olla selkeä ja vaatimukset sekä toivomukset tulee olla selitetty tarpeeksi laajasti, jotta myös suunnitteluryhmän ulkopuolinen henkilö pystyy listaa lukemaan. Tämä on tärkeää siksi, että lista tulisi aina myös tarkistaa ja täsmentää antamalla se asiakkaan luettavaksi ja kommentoitavaksi. [4]

Tätä työtä varten laadittu vaatimuslista on esillä liitteessä A, joten seuraavassa esitellään ainoastaan vaatimuslistan tärkeimmät vaatimukset sekä toiveet. Koska koneiston tarkoituksena on täyttää voiteluainepakkauksia, pakkausten tulee liikkua linjastolla pystyssä ainakin siihen asti kunnes ne on onnistuneesti suljettu tiiviillä korkilla. Tämä on toiminnollinen vaatimus, mutta sillä on myös vaikutusta työturvallisuuteen. Voiteluaineen päästessä valumaan liukuhihnalle, se voi kulkeutua laitteiston osiin, joita se voi vioittaa. Koska jotkut voitelurasvat voivat aiheuttaa ihokosketuksessa allergisen reaktion, tulisi voiteluainepakkausten pysyä ulkopuolelta mahdollisimman puhtaina, jotta niitä käsitellessä ihokontaktia

rasvan kanssa ei pääsisi syntymään. On myös tärkeää, ettei voitelurasvaa pääse valumaan lattialle pakkauslinjaston ympärille, ettei siitä aiheudu linjaston ympärillä työskenteleville ihmisille vaaraa ja mahdollisia liukastumisonnettomuuksia. [3]

Muita tärkeitä vaatimuksia ovat laitteiston varmatoimisuus, eli laitteistosta ei saa tulla ulos korkittomia voiteluainepakkauksia. Korkeuslaitteisto ei saa myöskään jumittua herkästi. Olisi myös toivottavaa, että linjastolle jo rakennettua vanhaa korkeuslaitteistoa pystyisi käyttämään mahdollisimman tehokkaasti hyväksi. Tämä ei kuitenkaan ole välttämätöntä. Ratkaisussa tulee pyrkiä mahdollisimman yksinkertaiseen ja edulliseen ratkaisuun. Vaatimuslistan kokoamisen jälkeen se tarkistutetaan asiakkaalla ja siirrytään seuraavaksi luonnostelevaan mahdollisia ratkaisuvaihtoehtoja. [3]

4 LUONNOSTELUVAIHE

4.1 Toimintorakenteen laatiminen

Tehtävänasettelua seuraa luonnosteluvaihe. Luonnostelun yksi tärkeimmistä työvaiheista on toimintorakenteen laatiminen. Toimintorakenteen laatiminen voidaan jakaa karkeasti kahteen vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa määritellään koneelle asetettujen vaatimuksien perusteella kokonaistoiminto, joka toteutuessaan toteuttaa myös suunniteltavan systeemin halutun tavoitteen. [4]

Korkituslaitteiston vaatimuslista käydään tarkasti läpi sekä analysoidaan. Ongelma abstrahoidaan eli etsitään kaikkien vaatimusten ja toiveiden keskeltä korkituslaitteiston päätoiminto, eli mitä laitteen tulee tehdä. Tässä tapauksessa, koska ongelma on varsin yksiselitteinen, kokonaistoiminto voidaan eritellä suhteellisen helposti. Korkituslaitteistoon tulee voiteluaineella täytettyjä korkittomia voiteluainepakkauksia ja korkituslaitteesta tulee lähtee voiteluaineella täytettyjä korkillisia voiteluainepakkauksia. Korkituslaitteiston kokonaistoiminto on siis voiteluainepakkauksen tiivis sulkeminen korkilla.

Kun kokonaistoiminto on selvitetty, seuraavaksi tulee jakaa kokonaistoiminto osatoimintoihin, jotka jokainen osaltaan ratkaisevat jonkin kokonaistoiminnon vaiheen ja yhdistettynä suorittavat kokonaistoiminnon tehokkaasti ja halutulla tavalla. Ratkaistavan tehtävän kompleksisuudesta riippuen tulee sille määritettävä kokonaistoiminto vastaavasti enemmän tai vähemmän mutkikkaaksi. Tässä yhteydessä kompleksisuudella tarkoitetaan tulo- ja lähtösuureiden, eli mitä systeemiin tuodaan ja mitä sieltä halutaan ulos, välisen riippuvuuden epähavainnollisuutta, tarvittavien fysikaalisten tapahtumien moniosaisuutta sekä odotettavissa olevien rakenneryhmien sekä yksittäisten osien lukumäärää. Mutkikkaat toiminnot on syytä jakaa helposti ymmärrettäviin osatoimintoihin. Tämän perusteella, kuten jo edellä on mainittu, voidaan kokonaistoiminto jakaa osatoimintoihin. Osatoimintojen yhdistäminen tuottaa lopulta systeemille asetetun toimintorakenteen. [4]

Korkituslaitteiston kokonaistoiminto voidaan jakaa viiteen osatoimintoon jotka tarkentuvat vielä omilla osatoiminnoillaan. Osatoiminnot on hyvä jakaa tapahtumisjärjestykseensä ja tätä jakoa on käytetty myös korkituslaitteiston toimintorakennekaaviossa.

Ensimmäisenä osatoimintona voidaan pitää korkin vastaanottamista erilliseltä täryttimeltä, sillä korkeja pitää olla valmiina jonossa odottamassa tulevia voiteluainepakkauksia. Seuraavana osatoimintona on korkin kohdistus, jossa voiteluainepakkaus ja korkki asemoidaan siten, että niiden keskinäinen asema mahdollistaa korkituksen ja niiden liikkeet ovat tarvittaessa yhtenevät ja samansuuruiset. Seuraavaksi korkki asetetaan valmiiksi voiteluainepakkauksen päähän, jotta se voidaan seuraavassa osatoiminnon vaiheessa painaa tiiviisti pakkauksen päälle ja näin ollen sulkea pakkaus. Pakkauksen sulkemisen aikana on myös varmistettava linjastoa valvovan työntekijän turvallisuus, sillä korkin paikoilleen painaminen tapahtuu puristavalla voimalla ja on varmistuttava, ettei tästä aiheudu vaaraa työntekijälle. Kun korkki on saatu paikoilleen, siirretään suljettu voiteluainepakkaus eteenpäin linjaston seuraavaan työvaiheeseen. Korkituslaitteiston toimintorakenne on esitetty liitteessä B.

4.2 Vaikutusperiaatteiden haku

Edellä esitettyjen osatoimintojen suunnittelemista ja toteuttamista varten tulee löytää vaikutusperiaatteita, jotka myöhemmin voidaan yhdistää vaikutusrakenteeksi. Tätä vaikutusrakennetta edelleen muokatessa syntyy ajan mittaan ratkaisuperiaate, joka summaa kaikki saadut osatoimintoratkaisut yhteen. Vaikutusperiaate siis yksinkertaisimmillaan sisältää halutun toiminnon toteuttamista varten tarpeelliset fysikaaliset, geometriset sekä aineelliset ominaispiirteet. On yleensä syytä etsiä vaikutusperiaatteita, jotka sisältävät jo itsessään fysikaalisen tapahtuman kaikkine tarpeellisine geometrisine ja aineellisine tunnusmerkkeineen, sillä ratkaisua haettaessa on usein vaikea kuvitteleamalla erottaa haluttu

fysikaalinen ilmiö geometrisista sekä aineellisista tunnusmerkeistä. Näiden päätelmien ja tutkimusten perusteella voidaan piirtää ja hahmottaa suunniteltavasta rakenteesta periaatepiirros. [4]

Vaikutusperiaatteiden haku voidaan jakaa karkeasti viiteen eri tavanomaiseen tapaan. Kirjallisuustutkimuksessa tutkitaan ja käydään läpi alan ammattiteoksia, patenttitutkimuksia jne., joiden perusteella voidaan löytää apua omaan suunnitteluun. Luonnon järjestelmien analyysissä tutkitaan ympäröivää luontoa sekä eläinkuntaa ja koetetaan löytää sieltä ratkaisu käsiteltävään ongelmaan. Tässä keskitytään lähinnä luonnon muotoihin ja rakenteisiin. Seuraava vaihe, eli tunnettujen teknisten systeemien analyysi, on ehkä käytetyin ja tärkein apukeino uutta järjestelmää suunniteltaessa. Siinä keskitytään nimensä mukaisesti tarkastelemaan jo olemassa olevia järjestelmiä ja niiden toimintaa. Analogiatarkastelussa siirretään tarkasteltava ongelma tai jo suunniteltu systeemi analogiselle tasolle. Tällöin voidaan käyttää analogista systeemiä jatkotutkimuksessa suunnitellun systeemin mallina. Eräs tapa päästä teknisissä systeemeissä analogiaan on muuttaa energian laatua. On myös tärkeää vertailla teknisiä ja ei-teknisiä systeemejä eri analogiatarkasteluilla. Viimeisenä tapana voidaan mainita mittaukset ja mallikokeet, joissa suunniteltua systeemiä mitataan sekä mallinnetaan eri tilanteissa. [4]

Tässä suunnittelutyössä keskityttiin eniten tutkimaan sekä kirjallisuutta että jo rakennettuja purkituslaitteistoja. Kävi jo aikaisessa vaiheessa selväksi, että täysin vastaavan tilanteen täyttävää malliratkaisua ei löytynyt tai löytyneet ratkaisuvaihtoehdot olivat liian monimutkaisia ja kalliita. Kuitenkin näitä löydettyjä ratkaisuvaihtoehtoja voidaan käyttää apuna ongelman hahmottamisessa sekä eri osatoimintojen suunnittelussa että ratkaisussa.

4.3 Ideamatriisin kokoaminen

Ideamatriisi koostuu osatoiminnoista ja niille esitetyistä ratkaisuvaihtoehdoista. Nämä osatoiminnot sekä ratkaisuvaihtoehdot kootaan

yhteen taulukkoon, jota voidaan nimittää ideamatriisiksi. Ideamatriisissa osatoiminnot esitetään omalla rivillään ja niihin saadut ratkaisuvaihtoehdot omilla riveillään. On syytä huomata, että yleensä kaikille osatoiminnoille ei löydy yhtä monta ratkaisuvaihtoehtoa, jolloin rivien loppu jätetään niiden osalta tyhjäksi. Kun ideamatriisi on saatu valmiiksi ja kaikilla osatoimintojen toteuttamisvaihtoehtoja on tarpeeksi, voidaan matriisin avulla helposti yhdistää ja tarkastella erilaisia kokonaisratkaisuvaihtoehtoja. [5]

Toimintorakenteen valmistumisen jälkeen jäsenellään osatoiminnot omiin sarakkeisiinsa ideamatriisiin ja ryhdytään etsimään ratkaisuja niiden toteuttamiseksi. On nopeasti huomattavissa se, että yksin suunniteltaessa usean idean keksiminen on todella vaikeaa verrattuna esimerkiksi ryhmätyönä tehtäviin ideamatriiseihin. Tämä todistaa sen, että suunnittelu on useasti tehokkainta, kun ongelmaan perehtyy suurempi ryhmä asiantuntijoita, jotka suhtautuvat avoimesti, mutta silti kriittisellä otteella toistensa ideoihin. Ideamatriisi on erittäin tehokas tapa jäsenellä ratkaisuvaihtoehtoja ja vertailla niitä keskenään.

Korkituslaitteiston ideamatriisissa osatoiminnot on jaettu omiin osatoimintoihinsa, koska tämä selkeyttää matriisin tulkitsemista. Matriisin valmistumisen jälkeen siirrytään luonnostelevaan ratkaisuvaihtoehtoja tämän pohjalta. Korkituslaitteiston ideamatriisi on esitelty liitesivuilla liitteessä C.

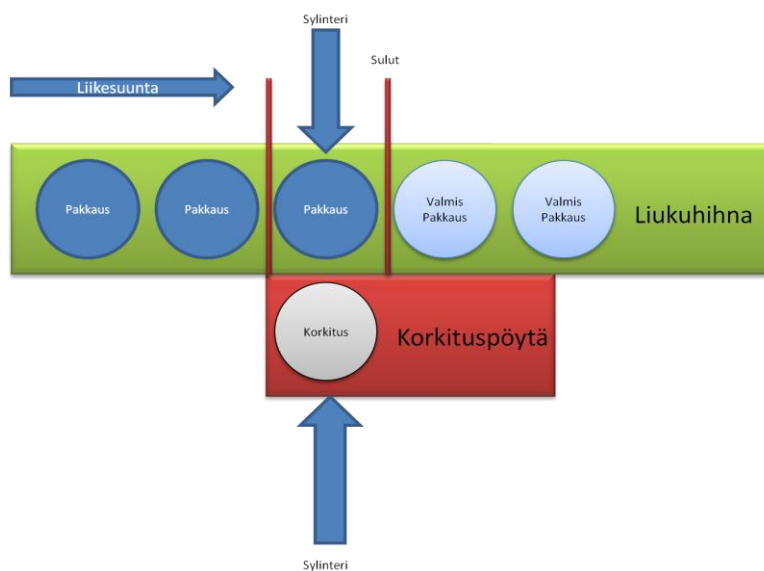
4.4 Ratkaisuvaihtoehdot ja niiden arviointi

Kirjallisuuden tutkimisen yhteydessä huomattiin, ettei täysin vastaavalla periaatteella toimivaa linjastoa ilmeisesti ole koskaan aikaisemmin suunniteltu eikä toteutettu. Tämän havainnon vahvisti myös asiakas, joka kertoi, että oli kyllä kuullut vastaavien järjestelmien olevan suunnitteilla, mutta yksikään järjestelmä ei virallisesti ollut käytössä ainakaan pohjoismaissa. Tämä toi suunnitteluun hiukan uudenlaista haastetta, sillä suorien ratkaisuvaihtoehtojen löytäminen vaikeutui huomattavasti, mutta

toisaalta omien luovien ratkaisujen käyttömahdollisuudet paranivat, joka ainakin suunnittelun opetteluun ja kokemuksen hankkimisen kannalta on positiivinen asia. [3]

Koottua ideamatriisia tutkiessa tultiin siihen johtopäätökseen, että toimivan ratkaisumallin etsimiseksi olisi hyvä pitää suunnittelu mahdollisimman modulaarisena. Ensimmäiseksi ryhdytään pohtimaan, kuinka jatkuvassa liikkeessä olevat voiteluainepakkaukset ja niiden sulkemiseksi tarkoitetut korkit saataisiin liikkumaan samassa suhteessa toisiinsa nähden.

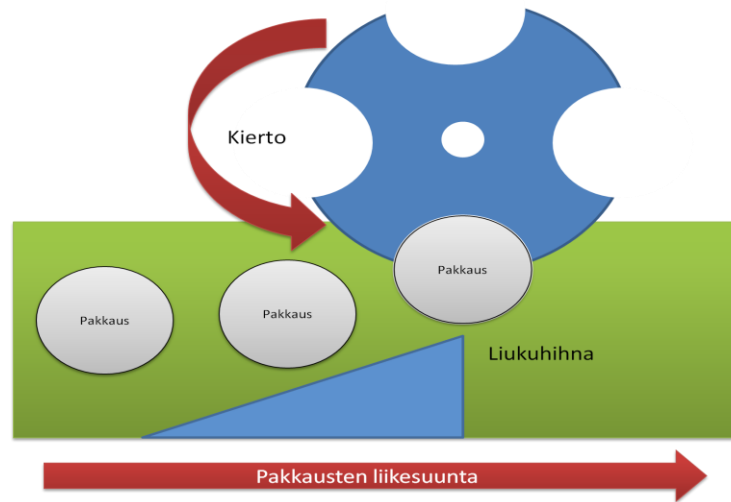
Eräs ensimmäisistä suunnitelmista oli ratkaisumalli, jossa korkittomat pakkaukset siirretään liukuhihnalta sivuun pneumaattisella sylinterillä, korkitetaan sivussa ja palautetaan takaisin liukuhihnalle toisen pneumaattisen sylinterin avulla. Voiteluainepakkausten kaatumiseen johtava ongelma pyritään ratkaisemaan työntämällä pakkauksia oikeasta kohdasta ja käyttämällä riittävää tuentaa. Luonnos tästä ratkaisuvaihtoehdosta on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2: Korkittomien pakkausten siirtäminen pois linjastolta ja takaisin

Edellä mainittu ratkaisumalli sisältää kuitenkin monta ongelmaa, joiden perusteella sen toteuttaminen ei ole järkevää. Ensimmäisenä ongelmana on toiminnon hitaus, eli liukuhihnalta pois siirtämiseen, korkittamiseen ja liukuhihnalle takaisin siirtämiseen kuluva aika olisi tässä sovellutuksessa käytettäväksi aivan liian pitkä. Pitkän korkitus- ja siirtoajan takia liukuhihnalle syntyisi pahimmassa tapauksessa jonoa, joka lopulta tukkisi järjestelmän, sillä korkitus ei pysyisi pakkausten täytön tahdissa. Toinen suuri ongelma johtuisi täysien pakkauksien massasta, jos pakkaus siirrettäisiin liikkuvalla hihnalla pysähdyksissä olevalle tasolle, olisi vaarana pakkauksen kaatuminen, mikäli sen riittävästä tuennasta ei olisi huolehdittu. Riittävän tuennan rakentaminen ja toteutus on ristiriidassa työn vaatimusluettelon kanssa, jonka perusteella järjestelmä tulee olla mahdollisimman yksinkertainen ja halpa rakentaa sekä lähes huoltovapaa.

Seuraavassa ratkaisumallissa pyritään käyttämään hyväksi linjastolle jo rakennettua toimimatonta purkituskoneistoa. Syynä tähän tarkasteluun on vanhan laitteiston toimivaksi havaittu erittäin yksinkertaisella tavalla toteutettu paikoitustoiminto, jonka avulla sekä korkittoman pakkauksen sijainti korkkiin nähden että niiden nopeudet ovat samat. Järjestelmän ideana voidaan pitää ns. vesiratasta, jossa virtaava vesi aiheuttaa voiman rattaaseen ja saa sen näin pyörimään veden virtauksen tahtiin. Tässä tapauksessa laakeroitu ratas pyörii liukuhihnalla liikkuvien pakkausten mukaan. Kuva rattaasta sekä periaatteellinen toiminta on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3: Ratas ja pakkausten liike

Tämän paikoitustoiminnon valintaa tukee monikin seikka. Ensimmäisenä voidaan mainita se, että järjestelmä on jo valmiina, joten sen valmistamisesta ei synny ylimääräisiä kuluja. Paikoitusjärjestelmä myös toimii tarpeeksi luotettavasti ja sen rakenne on yksinkertainen sekä laakereita lukuun ottamatta lähes huoltovapaa. Näiden perustelujen ja tilaajan kanssa keskusteltuani lähdin kehittämään ratkaisua tämän paikoitustoiminnon pohjalle.

Kuten edellä mainittiin, linjastossa oleva korkitusjärjestelmä toimii vain paikoituksen osalta. Itse korkin paikoilleen asettaminen sekä korkin saaminen korkitusjärjestelmään tuli suunnitella kokonaan alusta. Tilannetta helpotti korkkien sekä pakkausten uusi muoto, sillä aikaisemmin korkit tuli painaa osittain pakkauksen sisäpuolelle, mutta nykyään korkit tulevat pakkaukseen päälle. Pakkaus ja uudenmallinen korkki on esitetty kuvassa 4.

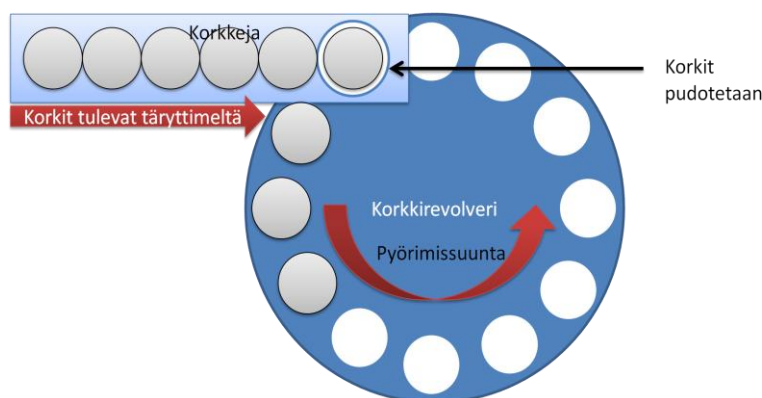


Kuva 4: Pakkaus ja korkki

Ensimmäisenä lähdetään kehittämään ratkaisua korkkien saattamiseksi korkituslaitteistoon ja siitä pakkausten päälle. Vanhassa toimimattomassa ratkaisumallissa on käytetty alipainetta, jolla korkit imetään paikoilleen ja painetaan purkin päälle jousen sekä pneumaattisen sylinterin avulla. Ongelmana tässä ratkaisussa on alipaineen riittämätön tartuntavoima sekä sylinterin lyönnin ajoitus juuri oikeaksi. Koska alipaineen aiheuttamaa tartuntapintaa korkkiin ei saatu tarpeeksi tiiviiksi, korkki ei joko lähtenyt ollenkaan liikkeelle korkkipuskurista tai sitten korkki putosi lattialle korkitusjärjestelmän vaihtaessa asemaansa. Tästä ongelmasta pyrittiin pääsemään suunnittelussa eroon siirtämällä korkkipuskurin eli varaston, johon korkit tulevat täryttimeltä, toiseen kohtaa eli juuri ennen korkitusta. Tällä ratkaisulla pyrittiin saavuttamaan se, ettei korkkeja tarvitse ladata useampaa kerrallaan järjestelmään, jolloin ne eivät myöskään pääse putoamaan virrankatkaisun yhteydessä. Koska korkkeihin tarttuminen tuotti ongelmia, oli toisen pneumaattisen sylinterin lisääminen perusteltua korkkipuskurin päälle. Tämä toinen sylinteri hakee alipainetartujalla ensimmäisen korkin puskurista. Kun korkki on saatettu korkituslaitteistoon, se painetaan toisen sylinterin avulla paikoilleen pakkauksen päälle. Tästä korkitettu pakkaus jatkaa matkaansa eteenpäin linjastolla.

Toinen kehitysmalli edellä esitetystä ratkaisusta on malli, jossa korkkia ei paineta pakkauksen päälle tiiviisti, vaan se ainoastaan pudotetaan paikoilleen. Seuraavaksi pakkaukset kootaan linjastolla eteenpäin tasolle, jonka päällä pneumaattisilla sylintereillä toteutettu levy painaa useampaa pakkausta kerralla ja asettaa näin niissä olevat korkit tiiviisti paikoilleen. Päällimmäisenä ajatuksena on se, että pakkaukset ovat liukkaalla pinnalla esim. alumiinilla painettaessa ja ne törmäyvät ja täten siirtävät toisiaan eteenpäin kohti linjaston loppua. Tämä ratkaisuvaihtoehto kuitenkin hylättiin, sillä tässä vaiheessa ei ollut vielä tiedossa voitelurasvasta mahdollisesti jäävää ”häntää”, joka estäisi korkin asettumisen pelkällä pudotuksella oikeaan kohtaan.

Viimeisessä ratkaisumallissa poistetaan kokonaan alipaineen käyttö ja suunnitellaan koko korkituslaitteiston korkitusosio uudestaan, eli vanhasta laitteistosta hyödynnetään ainoastaan paikoitustoiminto. Päällimmäisenä ajatuksena on saattaa korkit mahdollisimman yksinkertaisesti ja helpolla tavalla paikoilleen ilman monimutkaisten toimintojen käyttöä. Ajatuksena on siirtää täryttimiltä tulevien korkkien vastaanotto korkituslaitteiston yläpuolelle ja täten ladata korkit pudottamalla ns. korkkirevolveriin. Edellä esitetty periaate on esitetty kuvassa 5. Korkit saadaan paikoilleen jättämällä ne roikkumaan muovisten kynsien varaan, joiden välistä korkki painetaan pneumaattisen sylinterin avulla paikoilleen pakkauksen päälle.



Kuva 5. Korkkirevolveri ja korkkien vastaanotto täryttimeltä

Jotta voidaan valita edellä esitetyistä ratkaisuvaihtoehdoista parhaat jatkokehitystä varten, tulee niitä vertailla keskenään. Vertailuperusteeksi valitaan kaksi taulukkoa, joissa toisessa arvioidaan eri ratkaisuvaihtoehtojen tekniikkaa ja toisessa taulukossa taloudellisuutta. Ratkaisuvaihtoehdot on numeroitu yhdestä neljään edellä. Kummassakin taulukossa pisteytys on 0 – 5 joiden perusteella tehdään valinnat.

Taulukko 1: Periaatteellisten ratkaisuvaihtoehtojen tekninen arviointi

	1. Pakkaukset pois linjastolta – purkitus – takaisin linjastolle	2. Alipainetartunta	3. Korkkien pudottaminen pakkausten päälle ja useamman pakkauksen tiivis korkitus yhdistetysti	4. Korkkirevolveri, jossa muoviset kynnet
1. Yksinkertaisuus	1	2	2	5
2. Toimintavarmuus	1	3	2	4
3. Huollettavuus	2	2	2	4
4. Turvallisuus	3	3	2	5
5. Valmistettavuus	1	3	2	3
6. Korkitusnopeus	1	4	4	4
7. Helppo muunneltavuus tarvittaessa	1	4	4	4
Summa	10	21	18	29
Vertailuluku = Summa/35	0,29	0,60	0,51	0,83

Taulukko 2: Ratkaisuvaihtoehtojen taloudellinen arviointi

	1. Pakkaukset pois linjastolta – purkitus – takaisin linjastolle	2. Alipainetartunta	3. Korkkien pudottaminen pakkausten päälle ja useamman pakkauksen tiivis korkitus yhdistetysti	4. Korkkirevolveri, jossa muoviset kynnet
1. Pienet materiaalikustannukset	1	2	1	4
2. Pienet valmistuskustannukset	1	3	2	4
3. Vanhan ratkaisumallin mahdollinen hyödyntäminen	0	4	4	4
Summa	2	9	7	12
Vertailuluku = Summa/15	0,13	0,60	0,47	0,80

Kuten edellä olevista taulukoista huomataan, ensimmäinen ratkaisuvaihtoehto karsiutuu pois jatkokehitykseen lähtevistä malleista. Yhtä selvästi voidaan havaita ratkaisumallin numero neljä pääsy jatkokehitykseen. Ratkaisumallit kaksi ja kolme ovat niin lähellä toisiaan, että niitä kumpaakin on syytä tarkastella vielä seuraavassa vaiheessa esimerkiksi yhdistämällä kummankin ratkaisumallin parhaat puolet.

5 KEHITTELY

Jatkokehitykseen päässeitten ratkaisumallien valinnan jälkeen on vuorossa niiden eteenpäin kehittäminen tiettyjen vaiheiden avulla. Luonnosteluvaiheessa oli oleellista saada aikaan periaatteellinen ratkaisu, jolla haluttu toiminto tai toiminnot voidaan toteuttaa, kun taas vastaavasti kehitysvaiheessa pääpaino asettuu tämän periaatteellisen mallin konkretisointiin eri vaiheiden avulla. On hyvä muistaa, että yksinkertaiseltakin tuntuvaan systeemiin kehittäminen on lähes aina monimutkainen ja siihen ei voida soveltaa erityisen tiukkaa työkulkukaaviota seuraavista syistä:

- Useiden toimintojen tulee tapahtua rinnakkain ja samanaikaisesti
- Useat työvaiheista tulee toistaa lisätiedon saannin jälkeen
- Kaikki lisäykset sekä muutokset vaikuttavat jo rakenteellisesti valmiisiin alueisiin

Tästä johtuen tulee periaatteessa noudattaa menetelmää, jossa siirrytään asteittain laadullisesta määrälliseen, abstraktista konkreettiseen tai karkeahahmottelusta tarkkaan rakennemuotoiluun unohtamatta siihen liittyviä tarkastuksia ja täydennyksiä. Karkeasti voidaan sanoa, että suunnitteluprojekti jatkuu seuraavaksi rakennemuotoilun periaatteiden perusteella. Seuraavassa esitetään muutamia pääkohtia jotka kuuluvat rakennemuotoilun periaatteisiin.

- Rakennemuotoilua määrävien vaatimusten tunnistaminen
- Tilahtojen selvittäminen
- Jäsentely rakennemuotoilua määrävien päätoiminnon toteuttajiin
- Rakennemuotoilua määrävien päätoimintojen toteuttajien karkeasuunnittelu
- Sopivien kehitelmien valinta
- Muiden päätoiminnon toteuttajien karkeasuunnittelu
- Ratkaisujen haku sivutoiminnoille

- Päätoiminnon toteuttajien hienosuunnittelu ottaen huomioon sivutoimintojen toteuttajat
- Sivutoimintojen toteuttaminen hienosuunnittelu ja alustavien ehdotusten täydentäminen
- Arvostelu teknisten ja taloudellisten kriteerien perusteella

Ennen edellä mainittuja vaiheita tulee jatkokehitykseen valittu luonnos vahvistaa ja näin saada lupa siirtyä kehittämissuunnitelmaan. Tämä lupa saadaan yleensä joko asiakkaalta tai suunnittelijoiden yhteisen päätöksen pohjalta. Jos esitettyä ratkaisua ei hyväksytä kehittämissuunnitelmaan, tulee luonnosteluvaihetta jatkaa ja esimerkiksi tarkentaa vaatimusmäärittelyä asiakaskeskustelun perusteella, jotta päästäisiin optimaaliseen lopputulokseen. Edellä mainituista kehittämissuunnitelman avulla pitäisi saada aikaiseksi alustava kokonaiskehittely, joka tulee vahvistaa ja näin ollen saada lupa siirtyä lopulliseen rakennemuotoiluun. Lopullinen rakennemuotoilu sisältää seuraavat askeleet.

- Optimoiva ja viimeistelevä rakennemuotoilu
- Häiriösuureiden vaikutuksen ja virheiden tarkistus
- Täydentäminen alustavilla osaluetteloilla, valmistus- ja asennusohjeilla

Näiden vaiheiden suorittamisen jälkeen tulisi lopullinen kokonaiskehittely olla valmis hyväksyntää varten, jonka jälkeen voidaan saada lupa viimeistelyyn. [1]

5.1 Korkituslaitteiston jatkokehittelyn aloittaminen

Luonnosten pisteytyksen jälkeen oli vuorossa asiakastapaaminen työn tilaajan kanssa, jossa esiteltiin asiakkaalle aikaansaadut luonnokset korkituslaitteistosta ja selitettiin niiden toimintaperiaatteet. Keskustelun lopputuloksena päädyttiin korkkirevolverimalliin, sillä alipaineesta haluttiin luopua järjestelmän kalleuden, huonojen kokemusten sekä ylläpidon

perusteella. Myös korkkien pudottaminen pakkauksen päälle ja useampaan pakkaukseen korkin yhtäaikainen painaminen hylättiin johtuen pakkauksen täyttölaitteiston mahdollisesti jättämästä voitelurasvahännästä purkin ulkopuolelle. Häntä aiheuttaisi korkin jäämisen pudotuksen jälkeen vinoon, jolloin se joko putoaisi pakkauksen liikkeessä linjastolla tai se ei menisi virheasennosta johtuen paikoilleen sitä painettaessa. Tämän vaihtoehdon hylkäystä puolsi myös voiteluainepakkausten mahdolliset muotoviat, joissa pakkauksen suu saattaa olla hiukan soikea, jolloin korkin massa ei pelkällä pudotuksella riitä painamaan korkkia sopivaan kohtaan. Näiden perustelujen jälkeen jatkokehitysluvan sai siis korkkirevolveriin ja muovisiin kynsiin perustuva malli.

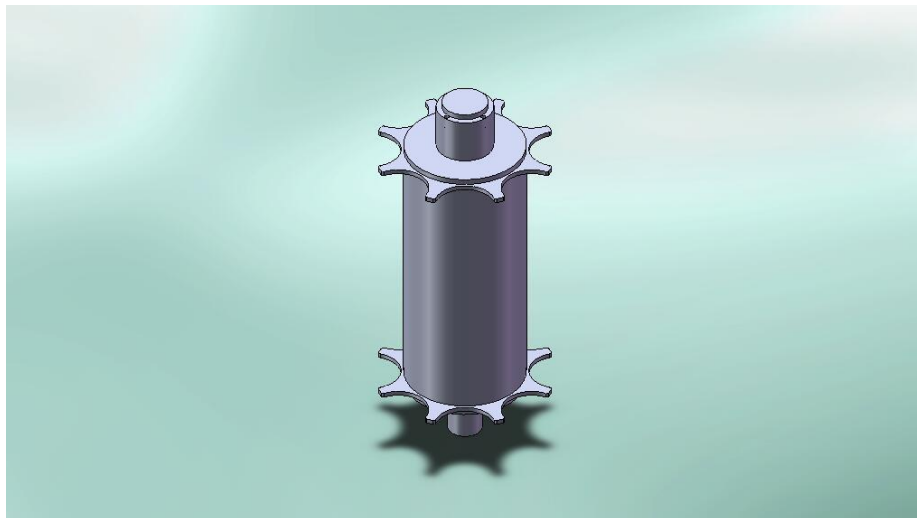
Kuten edellä mainittiin, korkin kohdistusjärjestelmä on jo valmiina, joten sen toimintaa tulee ainoastaan säätää paremmaksi optimoimalla sen nopeutta sekä tarkkuutta. Järjestelmän tutkimisen jälkeen se havaittiin hiukan jäykäksi, eli sen laakeroinnin parantaminen todettiin aiheelliseksi. Laakerointi päädyttiin toteuttamaan standardin mukaisilla rullalaakereilla niiden suhteellisen halvan hinnan ja huollettavuuden perusteella. Tämä myös helpottaa rakenteen valmistettavuutta, koska rakenteeseen ei tarvitse itse valmistaa akselin pyörimisen mahdollistavia holkkeja tai liukulaakereita. Mikäli korkituslaitteiston jatkokehitykselle tulee myöhemmin tarvetta, olisi suositeltavaa hiukan keventää rakennetta, jolloin laakerointiin kohdistuvat jännitykset ja puristusvoimat pienenisivät entisestään.

Koska korkitusjärjestelmän suunnittelussa on pyritty ottamaan modulaarisuus mahdollisimman hyvin huomioon, voidaan ajatella korkituslaitteiston rakentuvan useammasta toimilaitteesta, joista jokainen suorittaa oman osatoimintonsa. Erillisinä toimilaitteina voidaan pitää jo edellä esitettyä pakkausten kohdistusjärjestelmää, korkkien kohdistusjärjestelmää, korkkien vastaanottoa korkkitäryttimeltä sekä korkkien painamista täysien voiteluainepakkausten päälle. Jokaisen edellä mainitun toimilaitteen suunnittelu, toiminta ja toteutus esitellään jatkossa omissa kappaleissaan.

5.2 Pakkausten kohdistuslaitteisto

Kuten jo edellä mainittiin, korkituslaitteiston kohdistustoiminnon toimintaidea on lähtöisin osittain vesimyllystä, jossa virtaava vesi pyörittää siipiratasta sillä nopeudella, jolla vesi joessa virtaa. Tämä toiminta-ajatus toimii luontevasti myös tarkasteltavassa ongelmassa, sillä pakkauslaitteiston muusta suunnittelusta ja toteutuksesta johtuen pakkausten korkituksen on tapahduttava liikkeessä, eli liukuhihnalla liikkuvia voiteluainepakkauksia ei voida pysäyttää korkituksen ajaksi. Tässä vesipyöräajatuksella korkituslaitteisto toimii lähes samaan tahtiin liukuhihnalla liikkuvien pakkausten kanssa. Voidaan myös ajatella, että sopivalla korkkien asemointitekniikalla järjestelmästä saadaan erittäin varmatoiminen, joka on järjestelmän luonteen takia erittäin tärkeää, koska esimerkiksi kaatunut voiteluainepakkaus aiheuttaa pahimmassa tapauksessa laitteiston vikaantumisen sotkiessaan liukuhihnan voiteluaineella.

Aikaisemmin tässä raportissa oli esitetty periaatteellinen toimintokuvaus siitä, kuinka tämä kohdistuslaitteisto toimii, joten seuraavassa kuvassa 6 esitellään millaisen muodon rattaat lopulta saivat.



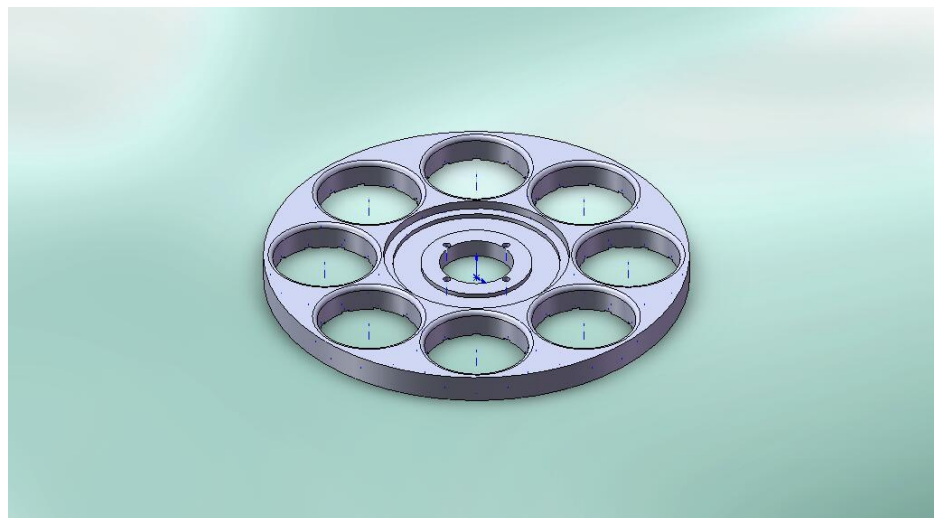
Kuva 6: Pakkausten kohdistuslaitteisto lopullisessa muodossaan

Laitteiston toimintaperiaate on erittäin yksinkertainen. Täytetyt, korkittomat voiteluainepakkaukset saapuvat täyttökoneistolta liukuhihnaa pitkin. Korkituslaitteiston kohdalla ne ohjataan laitteiston rattaisiin ja näin ollen ne saavat koko järjestelmän pyörimään pakkauksen mukana laakeroinnin ja rattaissa olevien siipien avulla. Korkitettu pakkaus irtoaa automaattisesti korkituslaitteistosta poistumatta kertaakaan koko korkitusoperaation aikana liukuhihnalta. Koska paikoituslaitteisto oli jo valmiina korkituslaitteiston suunnittelun alkaessa, sen suunnitteluun ei juurikaan puututtu. Tärkeämpää onkin saada suunniteltua toimiva korkituslaitteisto tämän paikoituslaitteiston ympärille.

5.3 Korkkien paikoitusjärjestelmä

Seuraavana käsiteltävä toimilaitteena esitellään laitteisto, jonka avulla pakkausten päälle asetettavat korkit saadaan liikkumaan suhteellisesti samaa nopeutta ja samassa paikassa pakkauksiin nähden. Edellä esitetty pakkausten kohdistusjärjestelmä sanelee osittain ehdot korkkien kohdistamiselle. Tämän takia päädyttiin erittäin helppoon ratkaisuun, jonka toimintaperiaate muistuttaa hiukan aseteollisuudesta tuttua revolveria. Korkit asetetaan revolverista tutuksi tulleeseen rullaan, joka pyörii samaan tahtiin pakkausten kanssa, jolloin korkki sekä pakkaus ovat aina vastakkain ja samassa kohdassa sekä liikkuvat toisiinsa nähden samalla nopeudella.

Korkkien pidike on periaatteeltaan hyvin yksinkertainen ja helposti valmistettavissa, sillä kyseessä on periaatteessa vain ympyrälevy, johon on porattu korkin mentäviä reikiä sopivan välimatkan välein alla pyörivien pakkausten perusteella. Korkit eivät kuitenkaan pysy paikoillaan laitteistossa pelkästään edellä esitetyllä tavalla, joten järjestelmään tulee tehdä joitain muutoksia, joista on kerrottu enemmän korkkien painamisen eli varsinaisen korkituksen suunnittelun yhteydessä. Kuvassa 7 on kuitenkin esitetty korkkien paikoitusjärjestelmä ilman korkitusmekanismia.

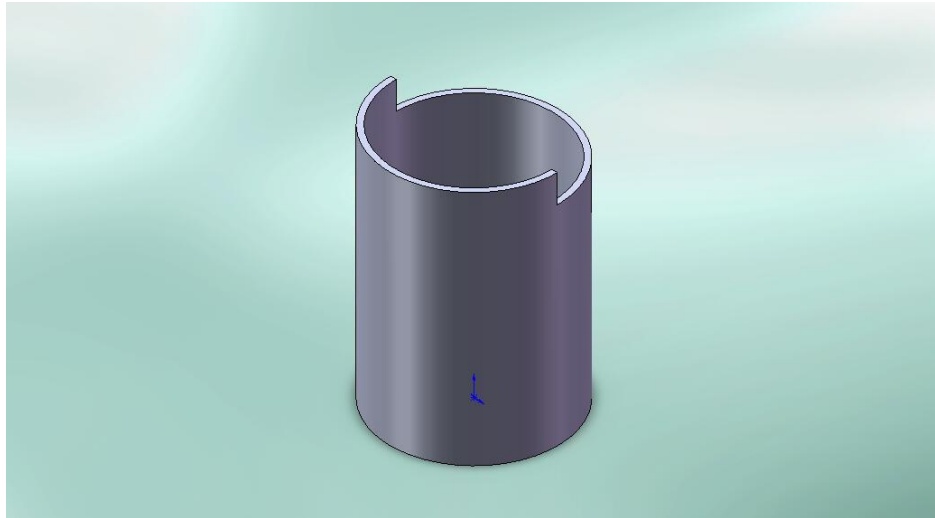


Kuva 7: Korkkien paikoitusjärjestelmä eli ns. korkkirevolveri

5.4 Korkkien vastaanotto korkkitäryttimeltä

Korkituslaitteiston toiminnan kannalta on tärkeää, että korkkirevolveriin saadaan jatkuvasti uusia korkkeja. Korkkien siirron laitteistolle hoitaa korkkitärytin, joka sijaitsee koko pakkauslinjaston ulkopuolella. Täryttimeltä saapuva korkki pitää jotenkin saada korkkirevolveriin luotettavasti ja oikea aikaisesti.

Järjestelmän mahdollisimman yksinkertaisen rakenteen puolesta helpoimmaksi tavaksi valikoitui korkin vastaanotto revolverin yläpuolelta. Korkki siis yksinkertaisesti pudotetaan revolverin tyhjiin pesään revolverirullan yläpuolelta. Koska tärytin on suhteellinen hidas linjastolla liikkuviin pakkauksiin verrattuna, on tärkeää saada korkkeja koottua jo valmiiksi odottamaan uutta pakkausta ns. korkkipuskuriin. Tämä korkkipuskuri toteutettiin putkimaisena rakenteena, jossa korkit ovat päällekkäin. Alla pyörivä korkkirevolveri nappaa aina alimmaisena olevan korkin mukaansa, jolloin korkkipuskurin kaikki korkit liukuvat yhden korkin verran alaspäin ja täryttimeltä tuleva seuraava korkki päättyy korkkipuskurin päällimmäiseksi. Korkkirevolverin aukkoihin joudutaan tästä toimintaperiaatteesta johtuen tekemään ohjaimet, jotta korkki varmasti putoaa paikoilleen. Korkkipuskuri on esitetty kuvassa 8.



Kuva 8: Korkkipuskuri

5.5 Korkitustoiminto

Korkin saapuessa korkittoman pakkauksen päälle tulee se painaa tiiviisti paikoilleen, jotta valmis pakkaus ei pääse vuotamaan, vaikka sitä säilytettäisiin muuten kuin pystyasennossa. Koska pakkauksiin ei saa päästä epäpuhtauksia ja korkituksen tulee tapahtua nopeasti, korkitustoiminnon toteuttavaksi toimilaitteeksi valitaan pneumaattinen sylinteri. Tätä valintaa tukee pneumaattisen sylinterin nopeat liikkeet ja käytetty ilma, joka ei sisällä epäpuhtauksia.

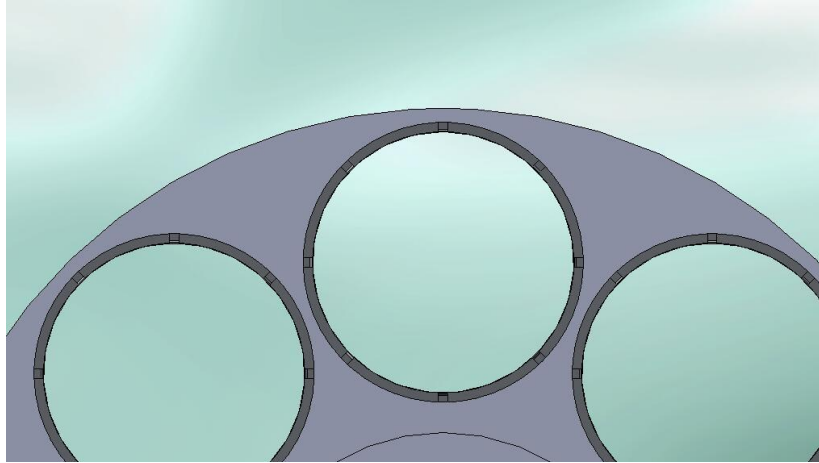
Sylinteri asetetaan korkkirevolverin yläpuolelle, jotta sillä voidaan painaa kohdalle osuva korkki paikoilleen. Koska pakkaukset ovat jatkuvassa liikkeessä, tulee painotoiminto aloittaa tarpeeksi ajoissa ja sen pitää kestää hetki, jotta korkki tulee varmasti tiiviisti paikoilleen. Sylinteri aloittaa painamisen saadessaan signaalin saapuvalta pakkaukselta. Tämä signaali voidaan toimittaa sylinterille esimerkiksi painokytkimen tai infrapunakytkimen avulla. Linjastolla on valmiina infrapunakytkin, joten sen käyttö on tässä tapauksessa perusteltua. Sylinterin pään tulee seurata korkkia painamisen ajan. Tästä johtuen sylinterin päähän on perusteltua suunnitella

rulla, joka painaa korkkia tasaisesti ja samalla liikkuu häiriöttä korkin pinnalla. Rulla voidaan tarvittaessa varustaa jousituksella, jolloin sen liike epätasaisella pinnalla on sulavampaa. Käytettävien korkkien pinta on suhteellisen tasainen, joten jousitukselle ei nähdä tarvetta. Pneumaattisen sylinterin kiinnitys on esitetty kuvassa 9.



Kuva 9: Sylinterin kiinnitys

Kuten edellä mainittiin, korkkien tulee pysyä korkkirevolverissa sen pyöriessä pakkausten mukana. Korkkien tulee kuitenkin irrota revolverista helposti, tasaisesti, varmasti ja vahingoittumatta siinä vaiheessa, kun ne painetaan paikoilleen sylinterin avulla. Tämä toiminto on erittäin kriittinen koko järjestelmän toiminnan kannalta. Ongelma voidaan kuitenkin ratkaista suhteellisen yksinkertaisella tavalla, eli liittämällä korkkirevolverin aukkojen alapintaan pidikkeet (kynnet), joiden varassa korkit pysyvät liikkeessä. Kynsien tulee olla joustavaa materiaalia, joka säilyttää muotonsa pienillä siirtymillä. Tähän materiaalivalintaan vaikuttaa myös hinta sekä materiaalin työstettävyys. Kynnet sijoittelun tarkoituksena on saada korkki keskelle korkkirevolverin reikää, jolloin ei synny vika-asennosta johtuvaa virhettä painamisvaiheessa. Periaatekuva kynsistä on esitetty kuvassa 10.



Kuva 11: Korkkirevolverin kynnet joiden varassa korkki pysyy

5.6 Lujuuslaskenta

Korkituslaitteiston kehittämissä edellä esitettyjen asioiden lisäksi keskitytään myös tarvittavaan lujuuslaskentaan, jotta rakenne saadaan mahdollisimman optimoiduksi ja näin säästetään sekä materiaalikustannuksissa että valmistuskustannuksissa. Nopeankin arvion perusteella voidaan päätellä, ettei rakenne joudu kohtaamaan erityisen suuria staattisia kuormituksia sillä se ei kannattele mitään suuren massan omaavia rakenteita. Väsyttäviä kuormituksia aiheutuu kuitenkin erityisesti pneumaattisista sylintereistä. Nämä väsyttävät kuormitukset kohdistuvat sylinterien paikoituksessa käytettäviin tukivarsiin. Sylinterien oikea paikoitus on laitteen toiminnan kannalta kriittinen toiminto, joten kannakkeiden mitoitus tulee suorittaa laskelmien perusteella valitulla sekä riittävän suurella varmuuskertoimella.

Asiakkaalta saatujen tietojen perusteella ei voida täysin varmistua siitä, kuinka suuri puristusvoima tarvitaan korkin saattamiseksi tiiviisti paikoilleen pakkauksen päälle. Tämä voidaan kuitenkin arvioida esimerkiksi painamalla korkkia paikoilleen vaakana päällä ja kertoa saatu massa gravitaatiokiihtyvyydellä. On kuitenkin huomattava, että korkituslaitteistossa pneumaattisen sylinterin aiheuttama voima korkkiin on iskevä ja nopea ei

niinkään tasainen ja hidas. Kuitenkin edellä esitetyllä kokeella voidaan asettaa varsin sivistynyt ja riittävän tarkka arvio tarvittavasta voimasta.

Lujuuslaskelmien ohessa huomataan myös eräs uusi ominaisuus, joka koskee oikeastaan jokaista jatkokehitykseen valittua ratkaisuehdotusta. Koska pakkauksia kuljettava linjasto on jatkuvassa liikkeessä, tulee sylinterin iskua säätää kahdella tavalla. Ensinnäkin iskun on tapahduttava sopivassa vaiheessa ja sylinterin pitää pysyä ääriasennossaan tietyn ajan. Toisaalta korkitusjärjestelmä ei saa pysäyttää pakkauksen liikettä linjastolla korkin painamisenkaan ajaksi. Tämä voidaan ohittaa suunnittelemalla sylinterin päähän rullajärjestelmä, joka liikkuu korkin pinnalla painamisen ajan. Näin ollen myös iskevä voima muuttuu enemmän painavaksi voimaksi, jolloin edellä esitetyllä mittaustavalla saatava tulos on hiukan lähempänä oikeaa tilannetta.

Tutkimuksissa selvisi, että korkin painamiseen tarvittava massa on noin 10 kg joten tarvittava puristusvoima saadaan yhtälössä numero 1.

$$F = ma, \tag{1}$$

missä *F on voima*
 m on massa
 a on kiihtyvyyys

Koska lopputuloksena saatava voima on pieni, voidaan se turvallisesti kaksinkertaistaa aiheuttamatta kovamuoviselle pakkaukselle sekä korkille vaurioita. Tärkeintä on mitoittaa sylinterin iskunopeus riittäväksi, jotta korkkiin saadaan tarpeeksi nopea isku. Laitteistoon tutustuttaessa on, myös havaittu, että korkituskohdalla liukuhihnan alla kulkee teräksinen tukipalkki, joten sylinterin aiheuttama räsitus ei vaurioita myöskään linjastoa.

Sylinterin kohdistuessa työntövoimansa korkkiin sekä pakkaukseen, kohdistuu siihen myös vastavoimaan perustuva tukivoima, joka on työntövoimaan nähden yhtä suuri, mutta vastakkaissuuntainen. Koska

sylinteri tulee sijaitsemaan tukivarren päässä, aiheutuu voimasta tukivarteen momentti, jonka perusteella voidaan määrittää tukivarren lujuusopilliset ominaisuudet ja rajoitteet. Ratkaisussa käytetään jo olemassa olevaa sylinterinkiinnitysvartta, joten se on mitoitettu jo nykyistä ratkaisua suunniteltaessa, eikä mitoitukseen tämän takia tarvitse enää puuttua.

5.7 Pneumatiikan perusteita

Suunniteltavassa pakkauslaitteistossa käytetään hyväksi pneumatiikan komponentteja. Seuraavassa on esitetty perusteluja tälle valinnalle. Pneumatiikan toiminta perustuu ihmisille vaarattomaan energiamuotoon eli paineilmaan. Paineilman mukana ei myöskään siirry vieraita aineita, jotka pääsisivät mahdollisesti saastuttamaan pakattavat tuotteet. Edellä mainittu hygieniavaatimus sulkee pois hydraulikkaan perustuvan järjestelmän käytön, sillä hydraulikassa tapahtuu aina vähintään lieviä hydraulinesteen valumia. [2]

Paineilmaa käytettäessä on pyrittävä minimoimaan kompressorihuoneen ja käyttöpaikan välillä tapahtuvat mahdolliset painehäviöt. Painehäviöt syntyvät yleensä joko tavallisina vuotoina tai ahtaiden ja likaantuneiden putkijohtojen aiheuttamina paineen laskuina. Mahdollinen haittatekijä voi olla myös tiivistynyt lauhdevesi, joka voi aiheuttaa häiriöitä putkijohdoissa sekä toimilaitteissa siellä virratessaan. Edellä esitettyjä haittatekijöitä voidaan eliminoida seuraavien ohjeiden avulla.

1. Kompressorikapasiteetin tulee olla riittävä
2. Putkikoot, liittimet, venttiilit sekä muut varusteet tulee valita oikein
3. Venttiilit tulee sulkea työn päätteeksi
4. Vuotokohtia tulee tarkkailla säännöllisesti ja mahdolliset vuodot korjata välittömästi niiden ilmettyä
5. Vesi on paras poistaa paineilmosta ennaltaehkäisyyn ja sopivan kuivaimen käytön avulla

6. Mikäli kuivainta ei ole saatavilla, on järjestelmä varustettava vedenerottimilla, jotka pienentävät jäätymisvaaraa ja parantavat voitelua, sillä lauhdevesi ei pääse huuhtelevaan pois öljykalvoa
7. Paineilmakoneiden huolto on oltava säännöllistä ja koneet tulee pitää käyttökunnossa
8. Voiteluaineet tulee valita oikein
9. Paineilmaa ei tule käyttää jäähdytys- tai tuuletustarkoituksiin
10. Vaatteiden puhaltaminen paineilmalla tulee kieltää, sillä se voi olla hengenvaarallista

Paineilmajärjestelmä koostuu yleensä kompressorista, paineilman jälkikäsitteilylaitteistosta, paineilmasäiliöstä, paineilmaverkostosta, toimintaa ohjaavasta venttiilistä ja toimilaitteista. Toimilaitteina voi olla esimerkiksi moottoreita tai sylintereitä. [2]

Kompressorilla tarkoitetaan laitteita, joilla on mahdollista nostaa kaasun painetta vähintään kaksinkertaiseksi kuin imupaine. Yleisimmät käytössä olevat kompressorit ovat ruuvi-, mäntä- ja lamellikompressoreja. Paineilmasäiliö on olennainen osa paineilmajärjestelmää. Paineilmasäiliöitä on joko yksi tai useampia yhdessä paineilmajärjestelmässä. Paineilmasäiliön koko riippuu kompressorikapasiteetin säätöjärjestelmän ja ilmantarpeen vaihtelujen mukaan. Paineilmasäiliön tehtävänä on tasoittaa kompressorin aiheuttamat ilmasykäykset eli painesäiliö toimittaa järjestelmään sykäyksetöntä paineilmaa. Lisäksi paineilmasäiliö jäähdyttää järjestelmässä liikkuvan ilman ja kerää lauhdeveden. Paineilmasäiliön tärkeänä tehtävänä on myös toimia painevarastona. Paineilman jälkikäsitteilyssä paineilman laatu muutetaan käyttökohteeseen sopivaksi. Jälkikäsitteilylaitteisto koostuu jälkijäähdyttimestä, kuivaimesta sekä öljynerotus- muista suodattimista. [2]

Paineilmalaitteiston suunnitteluun ja toimintaan ei ole syytä tämän enempää ottaa kantaa voiteluainepakkauslaitteiston suunnittelun yhteydessä. On kuitenkin perusteltua tutustua hiukan paremmin laitteistossa olevaan pneumaattiseen sylinteriin ja täten perustella sen käyttöä tässä kohteessa. Sylinteripneumatiikkaa voidaan pitää pneumatiikan nopeimmin kehittyvänä

alueena. Haasteena tässä on kehittää paineilmalla aikaansaatu tarkkasäätöistä liikettä. [2]

Paineilmasyylinterit ovat pneumatiikan eniten käytettyjä toimilaitteita. Niillä saadaan aikaan erittäin nopeita liikkeitä, jollaisia tarvitaan myös voiteluainepakkausjärjestelmän korkitustoiminnon toteuttavalta korkitussyylinteriltä. Tämä nopea toiminta perustuu sylinterissä väliaineena toimivan ilman ominaisuuksiin ja varsinkin sen herkkäliikkeisyyteen. Sylinterit ovat erittäin hyviä kiinnittämään kappaleita, siirtämään tuotteita, kehittämään voimaa jne. Pneumaattisensylinterin liikettä pidetään kuitenkin epätarkkana ilman kokoonpuristuvuuden takia. Pneumaattiset sylinterit ovat kuitenkin kehittyneet suurin harppauksin ja nykyään onkin saatavissa ns. älykkäitä sylintereitä, jotka pystyvät jopa sadasosamillimetrien paikoitustarkkuuteen. Sylinteri voidaan myös varustaa lukkolaitteella, jonka avulla saadaan aikaiseksi pitävä lukitus sylinterin väliasennoissa. [2]

5.8 Toimilaitteiden yhdistäminen ja lopputulos

Edellä esitettyjen toimilaitteiden suunnittelun jälkeen on aika yhdistää saadut ratkaisut yhdeksi kokonaisuudeksi ja varmistua että toimilaitteet toimivat oikein ja halutulla tavalla yhdessä. Koska yhdeksi suunnitteluperiaatteeksi on valittu modulaarisuus, on kaikki toimilaitteet suunniteltu siten, että ne on helppo liittää toisiinsa ja tarvittaessa vaihtaa toiseen toimilaitteeseen esimerkiksi korkkien muodon muuttuessa ilman, että koko korkituslaitteiston rakennetta tarvitsee muuttaa. Toimilaitteiden yhdistämisen jälkeen saadaan aikaiseksi kuvassa 11 esitetty korkituslaitteiston ratkaisumalli.



Kuva 11: Korkituslaitteisto

Linjastolla on ja valmiiksi ohjain, jolla korkittomat pakkaukset ohjataan korkituslaitteistoon. Pakkauksen saapuessa se asettuu sille varatulle paikalle järjestelmässä ja liukuhihnan avulla kääntää koko korkitusjärjestelmää, jolloin pakkauksen päälle putoaa korkituspuskurista korkki. Pakkaus siirtyy eteenpäin korkituskohtaan, jossa pneumaattinen sylinteri painaa korkin tiiviisti paikoilleen. Tämän jälkeen korkitettu pakkaus jatkaa matkaansa eteenpäin linjastolla.

5.9 Kustannusarvio

Eräs suunnittelun lähtökohdista oli mahdollisimman edullisen ratkaisuvaihtoehdon löytäminen. Saadussa ratkaisumallissa käytetään erittäin paljon vanhan korkituslaitteiston osia, joten valmistuskustannukset jäävät suhteellisen pieniksi. Pakkausten keskitysjärjestelmä on valmiina vanhassa ratkaisussa, joten sitä ei juuri tarvita työstää uudestaan eli siitä ei synny uusia kustannuksia. Pneumaattinen sylinteri on jo käytössä nykyisessä ratkaisussa, joten se ei tuo uusia kustannuksia projektiin. Korkkirevolveri joudutaan mitä ilmeisimmin valmistamaan kokonaan, ellei vanhaa alipainetarttujan pyörökehää voida muuttaa työstämällä sopivaksi revolveriksi. Revolveriin tulevat korkkikynnet tulee valmistaa itse tai ostaa sopivien löytyessä suoraan vähittäismyynnistä. Korkkipuskuri tulee valmistaa itse, mutta se on

rakenteeltaan yksinkertainen ja näin myös osiltaan sekä valmistuskustannuksiltaan edullinen. Työhön on laskettu tekijän tuntipalkan lisäksi sosiaalikulut ja yleiskulut. Karkea arvio laitteiston kustannuksista on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3: Kustannusarvio

Toimilaite	Osien hinta	Työn hinta
Pakkausten keskitysjärjestelmä	0	0
Korkkirevolveri	50 - 100 €	200 €
Korkkipuskuri	20 - 50 €	200 €
Sylinteri + pidike	0	0

Kuten saadusta kustannusarviosta voidaan havaita, lopulliset kustannukset ovat alle 1000 euroa. Lopullisiin kustannuksiin työ kustannusten lisäksi vaikuttavat käytetyt materiaalit ja niiden hinta. On myös syytä huomata, että korkkipuskuria ei välttämättä tarvitse valmistaa teräksestä vaan esimerkiksi sopivalla sisähalkaisijalla varustettu kovamuovinen putki soveltuu myös tähän tarkoitukseen.

6 YHTEENVETO SUUNNITTELU TYÖSTÄ

Projekti oli erittäin mielenkiintoinen, koska täysin vastaavaa järjestelmää ei ollut aikaisemmin tietävästi toteutettu. Tämä oli toisaalta myös eräs työn suurimmista haasteista, koska valittujen ratkaisujen toimivuudesta ja soveltuvuudesta suunniteltuun tehtävään ei voitu täysin varmistua. Ongelmana voidaan pitää myös sitä että koko pakkauslinjasto oli suunniteltu osissa joka vaikeutti eri toimilaitteiden toimintaa keskenään. Esimerkkinä edellisestä voidaan mainita juuri pakkausten täyttöjärjestelmän ja korkituslaitteiston keskinäinen toiminta. Pakkausten täyttöjärjestelmä toimii erittäin nopeasti ja kuten aikaisemmin on mainittu, se pystyy täyttämään useaa pakkausta kerrallaan. Ilmeisesti linjastoa suunniteltaessa ei kuitenkaan ole arvioitu, mikä linjastolle tulevista toimilaitteista on hitain ja asettaa linjastolle ns. pullonkaulan. Tässä linjastolla selvä pullonkaula on nimenomaan korkituslaitteisto, josta on erittäin monimutkaista saada varmatoiminen ja tarpeeksi nopea vastatakseen täyttölaitteiston vaatimuksiin. Suunniteltu korkituslaitteisto kuitenkin antoi hyvän lähtökohdan korkituslaitteiston prototyypin valmistamiselle ja jatkokehittämiselle.

Korkituslaitteiston toimintaa voitaisiin parantaa asettamalla niitä useampi rinnakkain, jolloin pakkauksia voitaisiin korkittaa monta kerrallaan. Tämä kuitenkin vaatii joitain muutoksia linjastoon ja pakkausten ohjaamiseen korkituslaitteistolle. Muita jatkokehitettäviä osa-alueita on korkkien vastaanotto ja korkkipuskurin toiminnan varmistaminen. Ilman prototyyppiä on kuitenkin vaikea sanoa, tarvitaanko tässä esitetyn mallin ratkaisua muuttaa vai toimiiko ratkaisu lähes sellaisenaan. Kynsien kulumista tulisi testata useammallakin eri materiaalilla. Suositeltavia materiaaleja ovat muovi ja kova muotoiltavissa oleva kumi.

Kaiken kaikkiaan saatuun lopputulokseen voi olla tyytyväinen ja sitä voidaan käyttää pohjana mahdollisen prototyypin valmistuksessa sekä laitteiston jatkokehittämisessä. Suurimpina toiminnan kannalta mahdollisina ongelmakohtina saadussa ratkaisumallissa voidaan pitää korkin pudottamista

korkkirevolveriin korkkipuskurista. Tämä toiminto voi edelleen olla varsin häiriöaltis.

Kehitellyn ratkaisun suurimpina kehitysaskelina nykyiseen ratkaisuun verrattuna voidaan pitää varmempaa korkin ja pakkauksen välistä asemointia, ailahtelevasti toimivasta alipainetarttujasta luopumista sekä yksinkertaisempaa ja huoltovapaampaa rakennetta. Järjestelmän suunnitteluperiaatteena on myös pidetty sen helppoa muunneltavuutta, mikäli voiteluainepakkaus tai korkki muuttuu myöhemmin toisenlaiseksi. Uudessa korkitusjärjestelmässä alipaine on korvattu mahdollisimman mekaanisilla toiminnoilla asiakkaan toivomusten mukaan.

LÄHTEET

1. Loa Karjalainen – Tuula Ramsland: Pakkaus ISBN 951-8988-12-9
Pakkausteknologiaryhmä R.Y. (1992)
2. Virpi Korhonen – Terhen Järvi-Kääriäinen: Pakkaussuunnittelu osana
tuotekehitystä ISBN 951-8988-27-7 Pakkausteknologia – PTR (2000)
3. Asiakastapaaminen Söderling Oy:n tiloissa Lappeenrannassa 19.5.2009
sekä 30.6.2009
4. Gerhard Pahl – Wolfgang Beitz: Koneensuunnitteluoppi ISBN 951-817-
468-7 WSOY (1986)
5. Jorma Tuomaala: Luova koneensuunnittelu ISBN 951-9004-62-9
Tammertekniikka ky (1995)
6. Toimi Keinänen – Pentti Kärkkäinen: Koneautomaatio 1: Hydrauliiikka
ja pneumatiikka ISBN 951-0-21572-4 WSOY (1997)

LIITE A: VAATIMUSMÄÄRITTELY

Söderling Oy: Korkituslaitteisto

Vaatimusmäärittely

Käyttö:

- Rasvapurkit saapuvat korkituslaitteistoon pystyssä, jolloin korkituskin tapahtuu pystyssä
- Korkituslaitteiston tulee suoriutua korkituksesta mahdollisimman nopeasti, sillä täytetyt rasvapurkit saapuvat pahimmillaan erittäin lähekkäin
- Korkituslaitteiston tulee olla varmatoiminen
- Korkit tulee painaa paikoilleen kerralla
- Korkituslaitteiston tulee toimia myös tilanteessa, jossa normaalisti pyöreä rasvapurkki on muodoltaan hiukan soikea
- Korkitin ei saa olla pullonkaulana hidastamassa linjaston toimintaa, eli linjaston nopeus tulee määräytyä purkkien täyttölaitteen toimintanopeuden mukaan

Kustannukset:

- Valmistus sekä komponenttikustannukset tulisi pitää mahdollisimman matalalla

Energia:

- Pneumatiikka
- Mekaaninen energia

Valmistus:

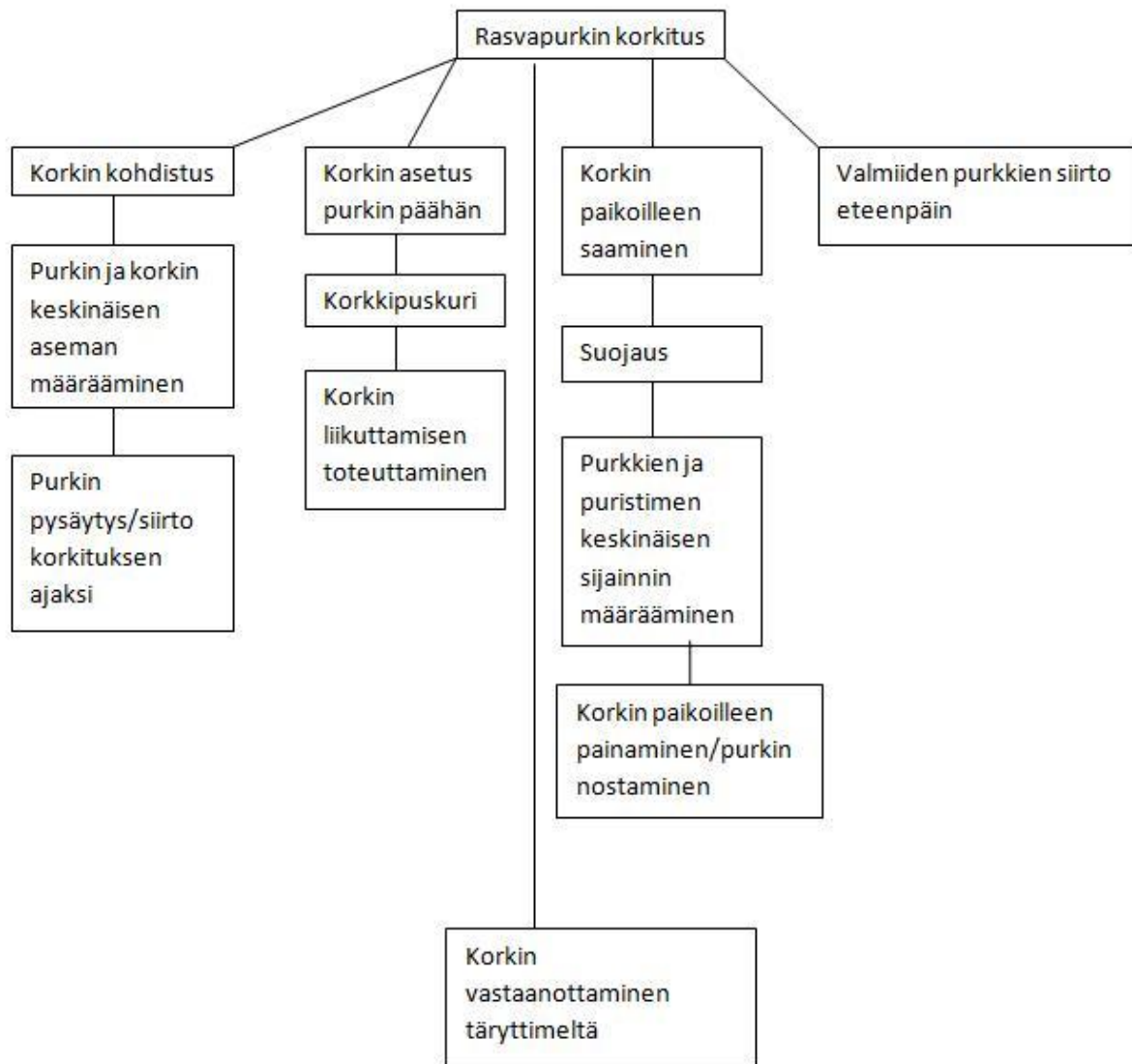
- Nykyisen ratkaisun mahdollisimman tehokas käyttö
- Standardikomponenttien mahdollisimman tehokas ja laaja käyttö, komponenttien helpon saatavuuden sekä huollon takia
- Mahdollisimman yksinkertainen rakenne

Turvallisuus:

- Korkituslaitteiston tulee toimia siten, ettei se aiheuta vaaraa koneen käyttäjälle eikä muille lähistöllä oleville
- Koneessa pitää olla vaaratilannetta varten hätä-katkaisin
- Korkituslaitteistossa oleva puristin tulee suojata siten, ettei sen väliin voi jäädä puristuksiin

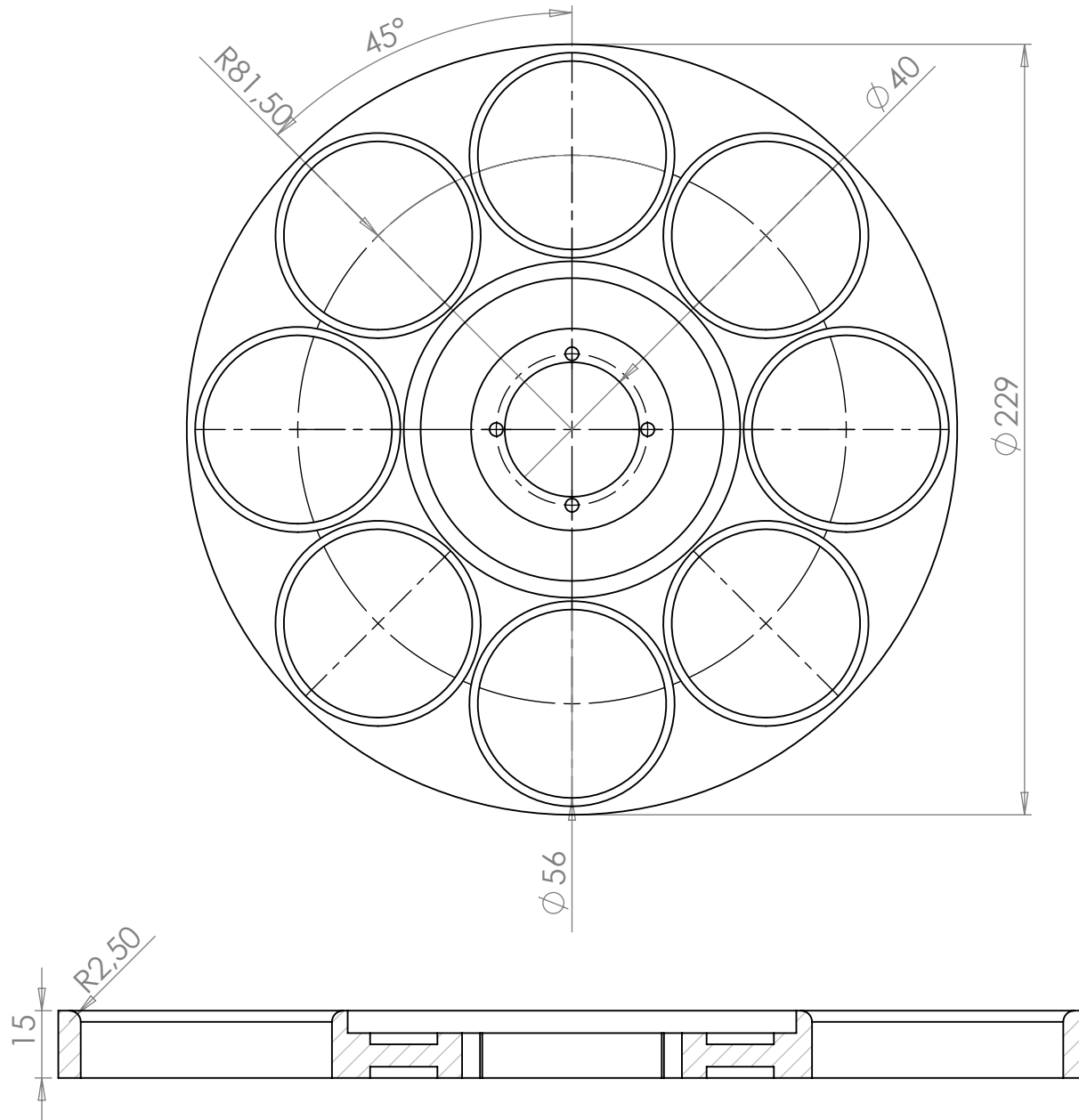
Huollettavuus

- Korkitin tulee olla helposti huollettavissa
- Ei pitkiä huoltokatkoja ja tästä johtuvaa seisokkia

LIITE B: OSATOIMINNOT

LIITE C: IDEAMATRIISI

		1	2	3	4	5
Korkin vastaanottaminen 1 täyrittäminen	Korkit asetetaan pinoon päällekkäin	Korkit ovat jonossa ja tönnivät toisiaan eteenpäin kun edellä oleva korkki asetuu pakkaukseen paikoilleen	Korkki pudotetaan koloon jossa se kohdistuu voiteluainepakkauksen kanssa	Korkit kerätään korkkipuskuriin josta ne siirretään voiteluainepakkausten päälle		
2 Korkin kohdistus	Tartutaan kerralla useaan korkkiin ja tuodaan ne voiteluainepakkausten päälle	Liikutetaan korkkia ja voiteluainepakkausta samalla radalla ja samalla nopeudella toisiinsa nähden	Nostetaan yksittäinen korkki ja tuodaan se voiteluainepakkauksen päälle	Siirretään sekä korkki että voiteluainepakkaus toiselle linjastolle jossa voidaan tukea pakkauksia niin etteivät ne pääse kaatumaan vaikka linjastua pysäyteltäisiin		
Voiteluainepakkauksen ja korkin keskinäisen aseman 2,1 määrittäminen	Liukuhihnalla liikkuva voiteluainepakkaus pyörittää/liikuttaa telineettä jossa korkit ovat, jolloin pakkauksen ja korkin etäisyys ja suhteellinen paikka sekä nopeus pysyvät samana	Korkituslaitteisto seuraa liukuhihnalla liikkuvien pakkausten mukana				
Voiteluainepakkauksen pysäytys/siirto korkituksen 2,2 ajaksi	Pneumaattisen sylinterin avulla joka siirtää voiteluainepakkaukset erilliselle linjastolle tai tasolle odottamaan korkitusta					
Korkin asetus 3 voiteluainepakkauksen päähän Korkkiin tarttuminen/Korkin 3,1 liikuttamisen toteutus	Painovoiman avulla, pudotetaan korkki paikoilleen	Painetaan korkki paineilmalla siten että se menee osittain paikoilleen	Asetetaan korkki paikoilleen samalla korkin tiiviin kiinnityksen yhteydessä jolloin korkkia ei erikseen tarvitse asettaa voiteluainepakkauksen päähän	Nostetaan korkki ja lasketaan se pakkauksen päähän		
4 Korkin asettaminen tiiviisti 4 paikoilleen	Paineilman avulla	Mekaanismilla	Voiteluainepakkaus kulkee portista jonka ylärima on muotoiltu siten että se painaa korkin paikoilleen mekaanisesti			
4,1 Suojaus	Painokohdan kohdalle verkko	Varoitusväritys ja ilmoitustaulu	Pleksisuojaus	Peltisuojaus		
Voiteluainepakkausten ja puristimen keskinäisen 4,2 sijainnin määrittäminen	Liikkuvat samalla radalla	Voiteluainepakkausta nostetaan ja pidetään korkkia paikoillaan jolloin se menee paikoilleen tiiviisti	Korkki painetaan mekaanisesti paikoilleen esimerkiksi ohjaamalla pakkaus muotoillun luisikan alta jolloin korkki painuu paikoilleen			
4,3 Korkin paikoilleen saattaminen	Korkki painetaan tiiviisti paikoilleen pneumaattisella sylinterillä					
Valmiiden pakkausten siirto 5 eteenpäin	Pakkausten korkitus tapahtuu samalla linjastolla jolloin valmiita pakkauksia ei tarvitse siirtää pois linjastolta vaan ne voidaan siirtää suoraan pakkauslaitteistolle					



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF <INSERT COMPANY NAME HERE>. ANY REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF <INSERT COMPANY NAME HERE> IS PROHIBITED.

		DIMENSIONS ARE IN INCHES TOLERANCES: FRACTIONAL \pm ANGULAR: MACH \pm BEND \pm TWO PLACE DECIMAL \pm THREE PLACE DECIMAL \pm		NAME	DATE	
		MATERIAL		DRAWN		
		FINISH		CHECKED		
NEXT ASSY	USED ON			ENG APPR.		
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING		MFG APPR.		
			COMMENTS:			
			Q.A.			
			SCALE: 1:5		WEIGHT:	
			SIZE DWG. NO. A		korkkirevolveri	
					REV.	
					SHEET 1 OF 1	