

Satakunnan ammattikorkeakoulu

Jussi Sillanpää

KUIVAAVAN LIINALAATIKON TUOTEKEHITYS

Tekniikka Pori

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

2008

KUIVAAVAN LIINALAATIKON TUOTEKEHITYS

Sillanpää, Jussi
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Huhtikuu 2008
Salonen, Markku
UDK: 658.62:658.5
Sivumäärä: 32

Asiasanat: Kuivaus, tuotekehitys, materiaali

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kuormansidontaliinat kuivaavan liinalaatikon tuotekehittäminen prototyypistä sarjatuotantokelpoiseksi malliksi. Kuivaavasta liinalaatikosta oli olemassa yksi prototyyppi, joka oli parhaillaan testikäytössä. Kuivaava liinalaatikko oli tarkoitus valmistaa mahdollisimman pitkälle yrityksen omilla, olemassa olevilla laitteilla ja valmistusmenetelmillä. Huomiota kiinnitettiin erityisesti valmistuskustannuksiin ja ilmankierron parantamiseen sekä rakenteen kestävyys-teen.

Aluksi prototyyppi mallinnettiin 3D-malliksi, jonka jälkeen kartoitettiin prototyypissä olleet epäkohdat ja ne ominaisuudet, jotka kaipasivat parannusta. Tämän jälkeen alettiin suunnitella erilaisia ratkaisumalleja ja parannusehdotuksia epäkohtien poistamiseksi. Kuivaavasta liinalaatikosta kehitettiin kolme varustetasoa. Parannuksia tehtiin saranointiin, lukitukseen, säilytyslaatikoihin ja käärintälaitteeseen sekä pakokaasun jakokappaleeseen. Lisäksi kehitettiin pakokaasun virtausta ja liukukiskojen kiinnitystä.

Tehdyillä muutoksilla onnistuttiin parantamaan ilmankiertoa ja kestävyyttä sekä helpottamaan valmistusta ja alentamaan valmistuskustannuksia. Tavoitteena oli saada kehitetty versio tuotantoon vuoden 2008 alkupuolella. Tämä toteutuikin ja ainakin tähän mennessä saatu palaute on ollut positiivista.

DRYING BOX PRODUCT DEVELOPMENT

Sillanpää, Jussi

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

April 2008

Salonen, Markku

UDC: 658.62:658.5

Number of Pages: 32

Key Words: Drying, product development, material

The main purpose of this Bachelor's thesis was to research and develop a drying box from a prototype stage to a serial production stage. A drying box is a box that dries load fastener belts of the truck. There was one existing prototype of a drying box which was presently in testing. The drying box was meant to be manufactured as far as possible by the company's own and existing machines and manufacturing methods. Special attention was paid to manufacturing costs and ventilation as well as the durability of the construction.

At first, the prototype was modelled to 3D –model. Then, the disadvantages and features needing improvement were analyzed. After that, different solutions and proposals for improvement were planned. Three different standards of equipment were developed of the drying box. Hinges, locking, bins, a wrapper device as well as an exhaust gas divider were upgraded. In addition, exhaust gas flow and fastening of the telescopic slides were developed.

Because of these modifications, ventilation and durability were enhanced as well as fabrication facilitated and manufacturing costs reduced. The main target of this thesis was to have the developed model in production at the beginning of the year 2008. This was realized and at least so far, the feedback has been positive.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	YRITYSESITTELYT	6
2.1	Antti Lindfors Oy.....	6
2.2	Kauhabisnes Oy	7
3	TUOTEKEHITTELY.....	7
3.1	Kehittelyn työaskeleet.....	8
3.2	Rakennemuotoilun ohjelista	11
3.3	Rakennemuotoilun pääsäännöt.....	13
3.4	Rakennemuotoilun periaatteet	13
3.4.1	Voiman johtamisen periaatteet.....	13
3.4.2	Tehtävien jaon periaate	15
3.4.3	Oman-avun eli sisäisen apuvaikutuksen periaate.....	15
3.4.4	Stabiiliteetin ja bistabiiliteetin periaatteet.....	15
3.5	Rakenteiden muotoiluohjeet.....	16
3.5.1	Lämpölaajenemisen huomioonottaminen	16
3.5.2	Virumisen ja laukeamisen huomioonottaminen.....	16
3.5.3	Korroosion huomioonottaminen.....	17
3.5.4	Valmistuksen huomioonottaminen	17
3.5.5	Asennusmyönteisyys	19
3.6	Kustannusten seuraaminen	19
4	KUIVAAVAN LIINALAATIKON KEHITTÄMINEN.....	20
4.1	Alkutilanne	20
4.2	Kuivaavan liinalaatikon toimintaperiaate.....	21
4.3	Materiaalit	22
4.4	Työn kulku.....	24
	LÄHTEET	32
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehtiin kuormansidontaliinat kuivaavan liinalaatikon kehittämiseksi prototyypista sarjatuotantokelpoiseksi malliksi.

Kuivaava liinalaatikko on ajoneuvon pakokaasun lämpöenergiaa hyödyntävä laite ensisijaisesti kuormansidontaliinoiden kuivaamisesta ja säilytystä varten. Kuivaavan liinalaatikon avulla saadaan kuormansidontaliinat käärittyä, kuivatettua ja säilytettyä siististi ja nopeasti. Ne kuivavat laatikossa ajon aikana ilman turhia odotteluja. Kuivaava liinalaatikko kuivattaa myös työvaatteet. Kuivaava liinalaatikko on tarkoitettu käytettäväksi kaikenlaisissa kuorma-autoissa, joissa käytetään kuormansidontaliinoja. Se on suunniteltu asennettavaksi kuorma-auton rungon sivulle, päällirakenteen alapuolelle paikkaan, johon pakokaasu on helppo johtaa.

Kuivaavan liinalaatikon tarkoitus on varmistaa aina kuivat ja käyttövalmiit kuormaliinat. Tämä toimenpide helpottaa kuorman sidontaa, lyhentää kuormaukseen kuluva-aikaa ja lisää turvallisuutta. Käärittynä ja kuivattuna kuormaliinat myös säilyttävät lujuusominaisuutensa pidempään ja niiden käyttöikä ja käyttövarmuus paranevat.

Kuivaavasta liinalaatikosta oli olemassa yksi valmistettu protokappale, joka oli parhaillaan testikäytössä. Tämä prototyyppi oli tarkoitettu kehittämään sarjatuotantokelpoiseksi tuotteeksi, joka olisi mahdollisimman helppo ja edullinen valmistaa yrityksessä olemassa olevilla koneilla ja valmistusmenetelmillä. Tuotteen painon tulisi pysyä kohtuullisena, jottei se turhan paljon kasvattaisi kuorma-auton omamassaa ja siten pienentäisi autolle sallittua hyötykuorman määrää.

Eritoten valmistuskustannukset oli saatava mahdollisimman pieniksi, koska kyseinen tuote luokitellaan ja myydään jälkiasennettavana lisävarusteena, jolloin sen hinta olisi saatava edulliseksi jo markkinoinninkin takia. Edellä mainituista vaatimuksista huolimatta kuivaavan liinalaatikon olisi täytettävä moitteettomasti sille asetetut toiminnalliset tehtävät ja vieläpä näytettävä edustavalta ja uskottavalta nykyajan näyttävien ja arvokkaiden kuorma-autojen kyljessä.

Kuivaavasta liinalaatikosta piti muodostaa kolme erilaista ja eri hintaista varustetasoa markkinoinnin helpottamiseksi. Suunnitelmana oli jakaa kuivaava liinalaatikko täydelliseen versioon, joka sisältäisi kaikki mahdolliset hienoudet. Vähän edullisempaan versioon, jonka sisällä olisi vain yksi säilytyslaatikko sekä kaikkein edullisimpaan versioon, jossa ei olisi lainkaan sisäisiä säilytyslaatikkoja. Tällöin sen hinta olisi erittäin edullinen ja hankintakynnys jäisi ostajalle matalaksi.

Kuivaavan liinalaatikon materiaaliksi ei ollut montaa vaihtoehtoa ottaen huomioon Suomessa koko vuoden aikana esiintyvät sääolosuhteet ja laitteen käyttötarkoituksesta johtuvan kostean käyttöympäristön. Ruostumaton teräs oli täten luonnollinen valinta, lisäksi yrityksellä oli edellytykset käyttää muovia osien raaka-aineena.

2 YRITYSESITTELYT

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Antti Lindfors Oy, jolta kyseisen tuotekehitystyön tilasi, Antti Lindfors Oy:n tytäryhtiö, Kauhabisnes Oy. Kuivaava liinalaatikko, tuotenimeltään Drybox, on Kauhabisnes Oy:n patentoitu tuote.

2.1 Antti Lindfors Oy

Antti Lindfors Oy on kauhajokelainen vuonna 1989 toimintansa aloittanut suomalainen yritys. Se on elintarviketuotannon rationalisointiin erikoistunut yritys, joka toimittaa järjestelmiä liha-, meijeri-, makeis- ja kalanjalostusteollisuudelle sekä muille elintarviketeollisuuden aloille. Vuonna 2007 yrityksen liikevaihto oli noin 8 miljoonaa euroa, josta viennin osuus oli noin 87 prosenttia. Tällä hetkellä yritys työllistää 45 henkilöä, joista 18 on toimihenkilöitä. Antti Lindfors Oy noudattaa ISO 9001:2000 laatuja järjestelmästandardia. Sertifikaatti kattaa seuraavat toiminnot /palvelut: elintarviketeollisuuden koneiden ja laitteiden myynti, markkinointi, tuotekehitys, projektinjohto, suunnittelu, tuotanto, asennus, huolto ja varaosamyynti. /1/

Yrityksellä on kaksi tytäryhtiötä: kauhajokelainen Kauhabisnes Oy sekä Virossa toimiva Lindfors Steel Oy, joka valmistaa ruostumattomia teräsrakenteita. Antti Lind-

fors Oy:llä on partnership -sopimus Tetra Pak Tebel B.V:n kanssa juustonvalmistuslaitteiden toimituksesta. Yrityksellä on myös edustajia/jälleenmyyjiä monessa maassa. Juustonvalmistuslaitteet -toimialalla Tetra Pak Market Companyt 78:ssa maailman maassa. Muilla toimialoilla mm. Ruotsi, Tanska, Norja, Saksa, Puola, Viro, Latvia, Liettua, Englanti ja Venäjä ovat edustettuina. /1/

Antti Lindfors Oy:n laitteille on ominaista helppo pestävyys ja tuotantohygienian ylläpito. Tähän päästään oikealla suunnittelulla sekä käyttäen tarkoitukseen soveltuvia materiaaleja. Yritystä voidaan pitää Suomen johtavana ruostumattoman teräksen laitevalmistajana. Antti Lindfors Oy:n päätuotteita ovat kuljetinjärjestelmät. Yritys on myös kehittänyt omat moduulikuljettimet, jotka ovat Linfo tuotenimiä. Muita laitteita ovat mm. lihankäsittely- ja juustonvalmistuslaitteet, UDA -pakkauskoneet, saumaajat, marinointikoneet, pesukoneet, laatikkojen käsittelylaitteet ja jonottajat. Yritys siis tarjoaa laitteita jokaiselle elintarviketeollisuuden alueelle ja laitteet räätälöidään asiakkaan vaatimusten ja tarpeiden mukaan. /1/

2.2 Kauhabisnes Oy

Kauhabisnes Oy on vuonna 1989 perustettu kauhajokelainen perheyritys. Kauhabisnes Oy valmistaa ja markkinoi PETE -piipunhattuja sekä muita erilaisia metallituotteita asumiseen ja vapaa-ajan käyttöön. Myös kuivaava liinalaatikko, Drybox, kuuluu yrityksen tuotevalikoimaan. Kauhabisnes Oy käyttää tuotteidensa materiaalina pääasiallisesti ruostumatonta terästä. Kotimaan markkinoiden lisäksi Kauhabisnes Oy:llä on ollut liiketoimintaa mm. Norjaan jo yli kymmenen vuoden ajan. /2/

3 TUOTEKEHITTELY

Kehittely on se konstruoinnin vaihe, jossa teknisen tuotteen rakenne kehitetään vaikutusrakenteesta tai periaatteellisesta ratkaisusta lähtien teknisten ja taloudellisten näkökohtien mukaan yksikäsitteiseksi ja täydelliseksi. Kehittelyn tulos on ratkaisun rakennemuodon kiinnilyöminen. /3/

3.1 Kehittelyn työaskeleet

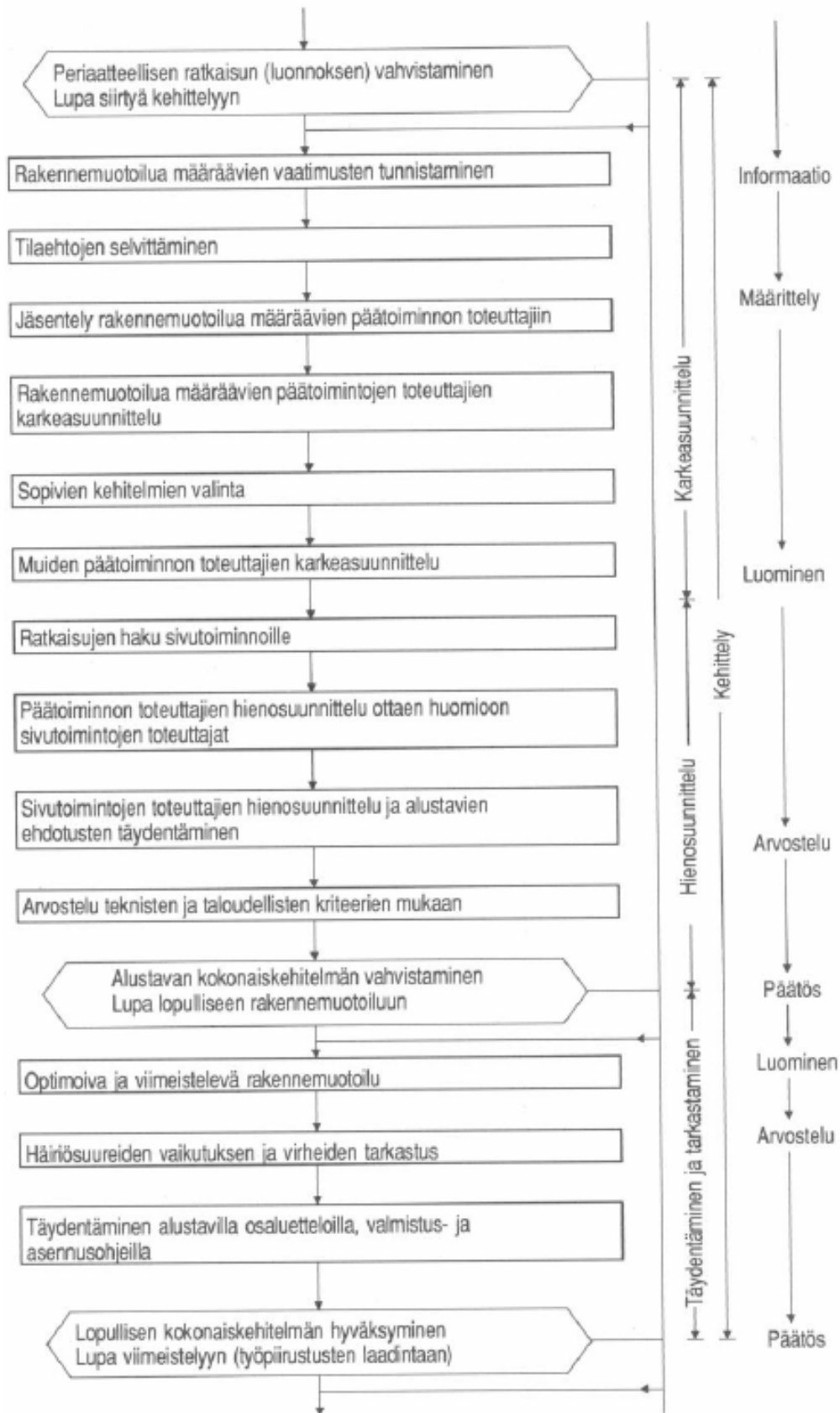
Luonnosteluvaiheessa on oleellista periaatteellinen ratkaisu vaikutusrakenteen muodossa, kun kehittäessä pääpaino on tämän periaatteellisen kuvitelman konkreettisesti rakennemuodossa. Kyseinen muotoilu vaatii työainesten ja valmistusmenetelmien valintaa, päämittojen vahvistamista ja kolmiulotteisten yhteensopivuusehtojen tutkimista. Lisäksi ratkaisua on täydennettävä esiin tulleiden sivutoimintojen osaratkaistuilla. Teknologiset ja taloudelliset näkökohdat ovat tällöin tärkeimpiä. Rakennemuoto esitetään mittakaavaisesti ja se tutkitaan kriittisesti. Tutkimus päätetään teknillis-taloudelliseen arviointiin. /3/

Periaatteessa on noudatettava menetelmää, jossa siirrytään asteittain laadullisesta määrälliseen, abstraktista konkreettiseen tai karkeahahmottelusta tarkkaan rakennemuotoiluun, kuva 1.

1. Kun tiedetään periaatteellinen ratkaisu, on otettava vaatimuslistasta käsiteltäviksi ne vaatimukset, jotka ovat oleellisesti rakennemuotoa määrääviä.
2. Kehittelyn rakennemuotoilua määrävien tai rajoittavien tilaehtojen selvittäminen.
3. Kehitellään kokoonpanorakenne karkeasti hahmottelemalla ja alustavia työainesvalintoja hyödyntämällä.
4. Rakennemuotoilua määrävät päätoiminnon toteuttimet on aluksi muotoiltava karkeasti. Tällöin menetellään kuvassa 2 esitetyn ohjelistan mukaisesti päätunnuksen ”peruskonstruktio” liittyvien alatunnusten mukaisessa järjestyksessä. Niiden avulla voidaan muodostaa alustavia kehitelmiä.
5. Alustavat kehitelmät arvostellaan eri näkökohtien mukaan. Valitaan yksi tai useampi kehitelmä jatkokehittelyyn.
6. Hahmotellaan täydentävästi ne päätoiminnon toteuttimet, jotka ovat vielä jääneet tutkimatta sen vuoksi, että ne jo tunnetaan, niistä on päätetty, ne riippuvat muista tai ne eivät ole tähän mennessä määränneet rakennemuotoilua.
7. Todetaan tarpeelliset sivutoiminnot ja käytetään hyväksi tunnettuja ratkaisuja.

8. Hienomuotoillaan päätoiminnon toteuttimet rakennemuotoilusääntöjen mukaan ottaen huomioon standardit, ohjeet, tarkistuslaskelmat ja koetulokset.
9. Hienomuotoillaan sivutoiminnon toteuttimet, lisätään standardi- ja alihankintaosat, lopuksi esitetään kaikki toiminnon toteuttimet yhdistettyinä
10. Pistearviointi teknisten ja taloudellisten kriteerien mukaan.
11. Vahvistetaan alustava kokonaisjärjestelmä. Siinä on tällöin kyseisen teknisen luomuksen täydellinen kokoonpanorakenne.
12. Poistetaan pistearvioinnissa esiin tulleet heikkoudet. Valittu kehitelmä optimoidaan ja muotoillaan lopullisesti tarvittaessa käymällä vielä kerran läpi edellä kuvatut työaskeleet.
13. Tarkistetaan tämän kehitelmän virheet ja häiriösuurevaikutukset toimintoon, tilankäytön yhteensopivuuteen yms. seikkoihin nähden ja parannetaan tarvittaessa.
14. Lopullinen kokonaiskehitelmä täydennetään alustavilla osaluetteloilla sekä valmistus- ja asennusohjeilla.
15. Lopullinen kokonaiskehitelmä vahvistetaan ja luovutetaan viimeistelyyn.

Yhteenvetona voidaan kehittelystä sanoa, että menettelytavan pitää olla joustava. Tilanteen mukaan valitaan yksittäiset työaskeleet ja sovelletaan niitä. /3/



Kuva 1. Kehittelyn työskäleet. /3, s.178/

3.2 Rakennemuotoilun ohjelista

Rakennemuotoilulle on ominaista aina toistuva harkinta ja kokeilu. Rakennemuotoilussa yritetään aina ensiksi peruskonstruktion ja työaineksen valinnalla toteuttaa toiminto. Tämä tehdään usein esipiirroksen avulla, jossa voidaan esittää ensimmäiset mittakaavaiset hahmottelut ja arvioida karkeasti kolmiulotteiset yhteensopivuudet. Jatkokäsittelyssä ovat sitten tärkeämpiä turvallisuuden, ihminen-kone-suhteen, valmistuksen, kokoonpanon, käytön, kunnossapidon ja kustannusten näkökulmat. Työskentelyn pitäisi sujua siten, että monimutkaisuudesta ja asioiden molemminpuolisesta vuorovaikutuksesta huolimatta tärkeät ongelmat huomataan mahdollisimman aikaisin ja ratkaistaan ensin. /3/

Huolimatta eri näkökohtien keskinäisestä riippuvuudesta voidaan yleisestä tavoitteenasettelusta ja yleisistä ehdoista johtaa tärkeitä tunnusmerkkejä. Niiden luettelo on laadittu sekä työvaiheen etenemis- että tarkistusaskelissa tarkoituksen mukaisen työjärjestyksen mukaan. Esitetyt tunnukset toimivat virikkeinä mutta muistuttavat myös, ettei mitään tärkeää ole unohtunut rakennemuotoilussa, kuva 2. /3/

Päätunnusmerkki	Esimerkkejä
- Toiminto	Toteutuuko tarkoitettu toiminto? Mitä sivutoimintoja tarvitaan?
- Vaikutuseriaate	Tuottavatko valitut vaikutuseriaatteet toivotun vaikutuksen, hyötysuhteen ja hyödyn? Mitä häiriöitä periaatteesta voi seurata?
- Peruskonstruktio	Takaavatko valitut muodot ja mitat sekä työainekset esiintyvällä kuormituksella sovittuna käyttöaikana: <i>riittävän kestävyys</i> <i>sallitun muodonmuutoksen</i> <i>riittävän vakavuuden</i> <i>riittävän resonanssittomuuden</i> <i>esteettömän laajentumisen</i> <i>hyväksyttävän korroosio- ja kulumiskäyttäytymisen?</i>
- Turvallisuus	Ovatko käyttövarmuuteen sekä työ- ja ympäristöturvallisuuteen vaikuttavat tekijät huomioonotetut?
- Ergonomia	Ovatko ihminen-kone-suhteet huomioonotetut? Onko kuormitus, rasittuminen ja väsyminen otettu huomioon? Onko hyvä teollinen muotoilu otettu huomioon?
- Valmistus	Ovatko teknologiset ja taloudelliset valmistusnäkökohdat huomioonotetut?
- Tarkastus	Ovatko tarpeelliset tarkastukset valmistuksen aikana ja sen jälkeen tai jonain muuna tarvittavana ajankohtana mahdollisia ja sellaisia aiheellisia?
- Asennus	Voidaanko kaikki työpajassa tai sen ulkopuolella tapahtuvat asennukset tehdä yksinkertaisesti ja yksikäsitteisesti?
- Kuljetus	Onko kaikkien työpajassa ja sen ulkopuolella tapahtuvien kuljetusten edellytykset ja riskit harkittu ja otettu huomioon?
- Käyttö	Onko kaikki sellaiset käytössä esiintyvät ilmiöt ja seikat kuin melu, värinä ja tuotteen käsittely otettu riittävästi huomioon?
- Kunnossapito	Ovatko huolto, tarkastusta ja kunnossapitoa varten tarpeelliset toimenpiteet varmalla tavalla suoritettavissa ja kontrolloitavissa?
- Kierrätys	Onko jälleenkäyttö tai -hyödyntäminen tehty mahdolliseksi?
- Kustannukset	Onko pysytty annetussa kustannusrajoissa? Syntyykö ylimääräisiä käyttö- ja sivukustannuksia?
- Määräajat	Voidaanko pysyä määräajoissa? Löytyykö rakennemuotoilumahdollisuuksia, joilla voitaisiin parantaa määräaikatilannetta?

Kuva 2. Rakennemuotoilun päätunnusmerkkien ohjelista. /3, s.183/

3.3 Rakennemuotoilun pääsäännöt

Pääsäännöt yksikäsitteinen, yksinkertainen ja turvallinen voidaan johtaa yleisistä tavoitteen asetteluista:

- teknisen toiminnon toteuttaminen
- taloudellinen toteuttaminen
- ihmisen ja ympäristön turvallisuus

Pääsäännöillä varmistetaan ratkaisun myöhemmän menestyksen tärkeimmät edellytykset. Yksikäsitteisyuden huomioonottaminen auttaa vaikutuksen ja käyttäytymisen luotettavaa ennakointia ja säästää monissa tapauksissa aikaa ja laajoja tutkimuksia. Yksinkertaisuus varmistaa tavallisesti ratkaisun taloudellisuuden. Osien pieni lukumäärä ja yksinkertaiset rakennemuodot helpottavat nopeaa ja kunnollista valmistusta. Turvallisuuden vaatimus pakottaa käsittelemään johdonmukaisesti kestävyuden, luotettavuuden, tapaturmavaarattomuuden sekä ympäristön suojelun kysymyksiä. Pääsääntöjen yksikäsitteinen, yksinkertainen ja turvallinen noudattaminen luo monia hyviä toteuttamismahdollisuuksia. Sillä vastataan toiminnon toteuttamisen, taloudellisuuden ja turvallisuuden vaatimuksiin ja sidotaan nämä asiat toisiinsa. Ilman tätä sidontaa tuskin saavutetaan tyydyttävää ratkaisua. /3/

3.4 Rakennemuotoilun periaatteet

Tehtävän luonteesta ja valmistuksen taustatekijöistä riippuu aina yksittäisissä tapauksissa se, mitä näistä periaatteista on pidettävä määräävinä. Ensisijaisuus on siis rajoitettua. Tehtävänasettelua selvitettyä joudutaan yleensä ilmoittamaan ja vahvistamaan suurimmat sallitut valmistuskustannukset, suurin tilantarve, sallittu paino jne. /3/

3.4.1 Voiman johtamisen periaatteet

1. Voimavuo ja tasaisen rakennelujuuden periaate

Sekä koneenrakennuksessa että hienomekaniikan tehtävissä ja niiden ratkaisuissa on jokseenkin aina kysymys voimien ja/tai liikkeiden kehittämisestä ja niiden yhdistämisestä, muuttamisesta, muuntamisesta ja johtamisesta liittyneenä aines-, energia- ja

signaalimuutoksiin. Tällöin voimien vastaanottaminen ja niiden edelleen johtaminen on usein esiintyvä osatoiminto. On pyrittävä välttämään terävien mutkien ja äkkinäisten poikkipintamuutosten aiheuttamia muutoksia voimavuossa. Voimien johtamisen käsite on ymmärrettävä laajasti, joten siihen pitää sisällyttää myös taivutus- ja vääntömomenttien johtaminen. Tasaisen muotolujuuden periaate pyrkii sopivan työaineksen ja muodon valinnan avulla lujuuden yhtä suureen hyväksikäyttöön joka kohdassa ennakoituna käyttöaikana. Sitä voidaan soveltaa silloin, kun se ei ole ristiriidassa taloudellisten näkökohtien kanssa. /3/

2. Voiman suoran ja lyhyttä tietä johtamisen periaate

Jos voima tai momentti on johdettava paikasta toiseen siten, että muodonmuutos on mahdollisimman pieni, on suora ja lyhin tie tarkoituksenmukaisin. Suora ja lyhyt voiman johtaminen rasittaa vain pieniä alueita. Voiman johtamistiet, joiden poikkipinnat on suunniteltava, edustavat minimiä materiaalien käyttöön ja tuloksena olevaan muodonmuutokseen nähden. /3/

3. Yhteensopivien muodonmuutosten periaate

Yhteensopivien muodonmuutosten periaatteen mukaan asiaan kuuluvat osat on muotoiltava siten, että kuormituksen aikana tapahtuu toisiaan vastaavien samansuuntaisten muodonmuutosten avulla pitkälle menevä sovittautuminen, jossa syntyy mahdollisimman pieni suhteellinen muodonmuutos. /3/

4. Voimien tasauksen periaate

Koneissa ja laitteissa syntyy usein voimia ja momenteja, jotka eivät ota suoraan osaa toiminnon toteuttamiseen, mutta joita ei silti voi välttää, esim. vinohammaspyörän aksiaalivoima, kiristysvoimat kitkasulkeisen liitoksen aikaansaamiseksi ja massa-voimat edestakaisessa tai pyörivässä liikkeessä. Nämä sivusuureet kuormittavat rakenneosien kuormanventialueita ylimääräisesti ja sen vuoksi ne täytyy tasoittaa. Voimantasausta varten on kaksi ratkaisutapaa, tasauselementit ja symmetrinen järjestely. /3/

3.4.2 Tehtävien jaon periaate

Jo toimintorakennetta ja sen muunnelmia laadittaessa herää kysymys, missä määrin useampia toimintoja voidaan korvata vain yhdellä tai onko päinvastoin yksi toiminto jaettava useampaan osatoimintoon. Useamman toiminnon yhdistäminen yhdelle ainoalle toiminnontoteuttimelle on usein hyvin taloudellinen ratkaisu sikäli, kun siitä ei koidu pahoja epäkohtia. Näitä ilmenee enimmäkseen silloin, kun toiminnon toteuttimen suorituskyky pitää nostaa ääri rajoille joidenkin lisättyjen toimintojen vuoksi tai toiminnontoteuttimen suhtautumisen johonkin tärkeään vaatimukseen nähden pitää ehdottomasti olla yksikäsitteinen ja muista vaikutteista riippumaton. Epäkohtien esiintyessä voidaan käyttää tehtävien jaon periaatetta. Sen mukaan jokaiselle toiminnolle suunnitellaan oma toiminnontoteutin. Tehtävien jaon periaatteen soveltamisen mielekkyys tarkistetaan, analysoimalla toiminnot ja tutkimalla, syntyykö useampien toimintojen samanaikaisen toteuttamisen yhteydessä rajoituksia tai molemminpuolisia esteitä tai häiriöitä. Mikäli tällainen tilanne syntyy, on tarkoituksenmukaista jakaa toiminnot kuhunkin toimintoon erikoistuneille toteuttimille. /3/

3.4.3 Oman-avun eli sisäisen apuvaikutuksen periaate

Osatoimintojen ja kysymykseen tulevien toiminnon toteuttimien analyttisen tarkastelun jälkeen voidaan oma-avun periaatteen mukaan saavuttaa toimintoa parantava keskinäinen tukivaikutus valitsemalla taitavasti systeemielementit ja niiden järjestely systeemissä. Oma-avun käsite tarkoittaa normaalitilanteessa sekä myötävaikuttamista samansuuntaisesti että myös kuorman keventämistä ja tasaamista. Hätätilanteessa se merkitsee suojaamista ja pelastamista. Itse auttavalla ratkaisulla saavutettavaa hyötyä voidaan verrata yhteen tai useampaan tekniseen tavoitteeseen: hyötysuhteeseen, käyttöikä, raaka-aineen hyväksikäyttöön, tekniseen raja-arvoon jne. Oma-avun periaatteen kuuluu itse vahvistavia ratkaisuja, itse tasaavia ratkaisuja ja itse suojaavia ratkaisuja. /3/

3.4.4 Stabiiliteetin ja bistiabiiliteetin periaatteet

1. Stabiiliteetin eli vakavuuden periaate

Rakenne muotoillaan siten, että häiriöt herättävät vaikutuksia, jotka pyrkivät kumoamaan tai ainakin pienentämään niitä. /3/

2. Bistabiiliteetin periaate

On tapauksia, joissa vaaditaan epävakaata tai kaksiasentoisesti vakaata käyttäytymistä. Näin on, jos rajatilanteessa pitää päästä uuteen, selvästi erotettuun tilanteeseen tai on siirryttävä uuteen asemaan siten, ettei välitiloihin jäädä. Epävakavuuteen päästään, kun tarkoituksellinen häiriö aiheuttaa vaikutuksia, jotka sitä tukevat ja vahvistavat. Tilanne muuttuu sitten jälleen stabiiliksi. Tällaista bistabiilia käyttäytymistä vaaditaan esim. kytkimiltä ja suojarahjestelmiltä. /3/

3.5 Rakenteiden muotoiluohjeet

Muotoiluohjeet auttavat ottamaan huomioon kulloisetkin alkuehdot ja erityisesti ohjeet täydentävät pääsääntöjä. Alla käsiteltyjen aiheiden lisäksi tärkeitä asioita on rasi-
tusten, käytön, kunnossapidon, ergonomian, teollisen muotoilun ja kierrätyksen huomioonottaminen sekä se että tuote olisi myös standardien mukainen.

3.5.1 Lämpölaajenemisen huomioonottaminen

Moniin muotoiltaviin alueisiin kohdistuu paikallinen lämpövaikutus. Mutta myös koneet, laitteet ja kojeet, joiden ympäristön lämpötila vaihtelee paljon, toimivat kunnollisesti vain silloin, kun niissä on otettu huomioon lämpölaajenemisen fyysikaalinen ilmiö. Tämän lämmöstä aiheutuvan pituuden laajenemisilmiön ohella suurkuormite-
tuissa rakenneosissa on myös mekaanisluontoisia pituudenmuutoksia. Nämä pituu-
denmuutokset pitää ottaa konstruktiivisesti huomioon. /3/

3.5.2 Virumisen ja laukeamisen huomioonottaminen

Muotoiltaessa rakenneosia, joita käytetään lämpötilan vaikuttaessa, laajenemisilmiön ohella on otettava huomioon työainesten virumisominaisuus. Rakenneosat, joita kuormitetaan pitkiä aikoja korkeassa lämpötilassa tai lähellä myötörajaa, kokevat Hooken lain mukaisen kimmoisen muodonmuutoksen ja lisäksi ajasta riippuvan plas-

tisen muodonmuutoksen. Tämä virumiseksi nimitetty työainesten ominaisuus riippuu kuormituksesta, vaikuttavasta lämpötilasta ja ajasta. Aineiden virumisesta puhutaan, kun rakenneosien venymä kasvaa joko vakiokuorman tai –jännityksen vaikuttaessa. Jännitetyissä systeemeissä esijännityksellä on aikaansaatu kokonaisvenymä. Ajan kuluessa plastinen muodonmuutoksen osa kasvaa kimmoisen osan kustannuksella, koska työaines viruu ja myötämisen seurauksena kosketuspinnat ja liitoskohdat painuvat. Tätä kimmoisen venymisen pienenemistä, kun kokonaisvenymä muuten on vakio, kutsutaan relaksaatioksi eli jännitysten laukeamiseksi. /3/

3.5.3 Korroosion huomioonottaminen

Monissa tapauksissa korroosioilmiötä ei voida välttää vaan ainoastaan lieventää, koska korroosion aiheuttajaa ei voida poistaa. Korroosiota kestäviä aineksia (esim. ruostumattomia tai haponkestäviä teräksiä) ei aina voida käyttää taloudellisten syiden takia. Sen vuoksi on turvauduttava tarkoituksen mukaiseen muotoiluun. Toimenpiteet riippuvat odotettavissa olevien korroosioilmiöiden laadusta. Joskus kuitenkin olosuhteet ovat niin vaativia ettei ole muuta vaihtoehtoa kuin käyttää korroosiota kestäviä materiaaleja yhdistettynä tarkoituksen mukaiseen muotoiluun (esim. elintarviketeollisuus ja tieliikenne-olosuhteet). /3/

3.5.4 Valmistuksen huomioonottaminen

Konstruktiiivisten ratkaisujen huomattava vaikutus valmistuskustannuksiin, valmistusaikoihin ja valmistuksen laatuun on tunnettua lähteessä 3 esitettyjen tutkimusten perusteella. Valmistuksen huomioonottava rakennemuotoilu pyrkii sen vuoksi konstruktiiivisilla keinoilla minimoimaan valmistuskustannuksia ja –aikoja sekä vaatimusten mukaisten, valmistuksesta riippuvien laatutunnusten säilyttämiseen. Valmistuksella ymmärretään tavallisesti työkappaleiden valmistusta kiinnittämällä, muovauksella, erottamalla, liittämällä, pinnoittamalla ja materiaaliominaisuuksia muuttamalla. Valmistukseen kuuluu myös kokoonpano siihen liittyvine työkappaleen kuljetuksineen, laadunvalvonta, materiaalityö sekä työsuunnittelu. Valmistusmyönnteistä muotoilua helpottaa, jos mahdollisimman varhaisesta konstruktiovaiheesta alkaen suunnittelijan ratkaisujen tukena olisi yhteistyö ja informaation vaihto standar-

ditoimiston, työsuunnittelun ja ennakkolaskennan, osto-osaston ja asianomaisen valmistuspaikan kanssa. Valmistusmyönteisen muotoilun merkitys kasvaa vielä erityisesti valmistusvälineiden ja –menetelmien mekanisoinnin ja automatisoinnin vuoksi. /3/

Valmistusmyönteinen tuoterakenne on rakenne, joka määrää valmistuksen kulun jäsentämällä tuotteen rakenneryhmiin ja yksittäisosiin. Yksittäisosat taas jaetaan itse valmistettuihin työkappaleisiin ja vierasvalmisteisiin osto-osiin. Osto-osat voivat olla uus-, toistuvuus- ja standardiosia. Valmistusmyönteinen työkappaleen muotoilu määrää valmistusmenetelmän, valmistusvälineet ja yksityisen osan laadun. Valmistusmyönteinen työmaterialin valinta määrää omalta osaltaan valmistusmenetelmän ja –välineet, materiaalitalouden ja laadunvalvonnan. Standardiosien ja vieras- eli alihankintaosien käytön avulla vaikutetaan kapasiteettiin, varastointiin ja taloudellisuuteen. /3/

Valmistuksen olosuhteet vaikuttavat puolestaan rakennemuotoilun mahdollisuuksiin. Niinpä olemassa olevat työstökoneet voivat rajoittaa työkappaleiden kokoa ja tehdä välttämättömäksi jakamisen useampaan yhteen liitettävään osaan tai turvautumisen alihankintaan. Työkappaleen tulisi olla sopiva muun muassa kiinnittämiseen, muovaukseen ja liittämiseen. /3/

Suunnittelijan pitäisi pyrkiä käyttämään rakenneosia, joita ei tarvitse valmistaa tilauksesta, vaan jotka ovat itse valmistettuja toisto-osia, standardiosia tai vierasvalmisteisiä osto-osia. Suunnittelija voi tässä osallistua merkittäväällä tavalla edullisten ostotedellytysten ja kustannusten sekä hankinta-aikojen kannalta edullisen varastoon valmistuksen mahdollisuuksien luomiseen. Kauppalaatuisen osto-osan käyttö saattaa usein olla edullisempaa kuin oma valmistus. Päätöksenteko omasta tai vierasvalmistuksesta riippuu monesta selvitettävästä seikasta mm. kappalemäärästä ja siitä onko kyseessä tilaussidonnainen yksittäistuote vai markkinoille suunnattu tuotesarja ja/tai moduloitu järjestelmä. Päätökseen vaikuttaa myös työainesten, osto-osien tai vierasvalmistuksen hankintatilanne, yrityksen olemassa olevien valmistuslaitteiden käyttömahdollisuudet sekä valmistuslaitteiden kuormitustilanne ja olemassa oleva tai tavoiteltu automaatioaste. /3/

3.5.5 Asennusmyönteisyys

Suunnittelija vaikuttaa ratkaisevasti ei vain osavalmistuksen vaan myös asennuksen kustannuksiin ja laatuun. Asennuksella ymmärretään työkappaleiden valmistuksen aikana ja sen jälkeen sekä rakennuspaikalla tapahtuvaa kokoonpanoa kaikkine tarpeellisine aputöineen. Asennuksen kustannukset ja sen laatu riippuvat yhtä hyvin asennusvaiheiden laajuudesta ja lukumäärästä kuin niiden varsinaisesta suorituksesta. Laji ja lukumäärä riippuvat tuoterakenteesta, työkappaleen muodosta ja tuotteen valmistustavasta. Asennusmyönteinen kokoonpanorakenne saadaan aikaan jäsentämällä, vähentämällä, yhtenäistämällä ja yksinkertaistamalla asennustoimia, jolloin syntyy kustannusten laskua, koska asennuksen kulku paranee ja tuotteen laatu varmistuu yksikäsitteisen ja kontrolloitavissa olevan asennuksen avulla. Eräs asennuksen parantamisen lähtökohta on kokoonpanorakenteen määräämien liitoskohtien asennusmyönteinen muotoilu. Tässäkin on liitoskohtien vähentämisellä, yhtenäistämällä ja yksinkertaistamisella pienennettävä liitoselementtien ja asennustoimien kustannuksia sekä liitososien laatuvaatimuksia. /3/

3.6 Kustannusten seuraaminen

Kaikissa konstruktioprosessin vaiheissa on mitä tärkeintä seurata kustannuksia riittävän tarkasti ja todeta ne ajoissa. Tämä koskee yhtä hyvin luonnostelua kuin myös kehittelyä sekä tuotesarjojen ja moduulijärjestelmien kehittämistä. Suurin osa kustannuksista määräytyy yleensä valitusta ratkaisuperiaatteesta ja sen rakennemuotoilusta. Sitä seuraavalla valmistuksella ja asennuksella on suhteellisen vähän mahdollisuuksia kustannusten pienentämiseen. Kustannusten minimoimiseksi on sen vuoksi tarkoituksenmukaista aloittaa mahdollisimman varhaisessa vaiheessa kustannusten optimointi, koska suotuisan periaatteellisen ratkaisun valinnalla voidaan yleensä alentaa tuotantokustannuksia enemmän kuin pelkillä valmistustoimenpiteillä. Toisaalta vasta valmistuksen aikana tapahtuvat konstruktio muutokset merkitsevät usein korkeita muutoskustannuksia.

Tuotteiden valmistuksessa syntyvät kokonaiskustannukset jaetaan kirjanpidollisesti yksittäiskustannuksiin ja yleiskustannuksiin. Yksittäiskustannukset ovat kustannuksia, jotka voidaan kohdistaa suoraan yhteen kustannuspaikkaan, esim. yksittäisosan

materiaali- ja valmistuspalkkakustannukset. Toisaalta monia kustannuksia ei voida suoraan osoittaa minnekään, esim. varastonhoitajan palkkakustannuksia tai työpajan valaistusta. Niitä nimitetään tällöin yleiskustannuksiksi. /3/

Tietyt kustannukset ovat riippuvaisia tilauksen määrästä, toimeliaisuuden asteesta tai valmistuserän suuruudesta. Niinpä suuremman liikevaihdon myötä materiaalikustannukset, valmistuspalkkakustannukset, apu- ja kulutusainekustannukset kasvavat. Niitä nimitetään muuttuviksi kustannuksiksi, kun taas kiinteitä kustannuksia ovat sellaiset, jotka tiettyä aikavälinä pysyvät entisellään. Ne aiheutuvat yleensä yrityksen ylläpidosta, esim. työnohtajien palkat, työtilojen vuokrat, pääoman korot. Tuotantokustannuksia ovat tuotteen valmistuksessa materiaalista ja valmistuksesta syntyneet kokonaiskustannukset mukaan lukien niihin liittyvät erikoiskustannukset, esim. työkaluista, tuotekehittelystä, sikäli kuin ne voidaan kohdistaa ao. tuotteeseen. Kuitenkin konstruktioitoimen alueella tehtävien päätösten kannalta vain muuttuvat kustannukset kiinnostavat, koska näihin voidaan suoraan vaikuttaa konstruktiossa tehtävillä päätöksillä, esim. materiaalin- ja valmistusaikojen kustannuksiin, valmistuserän koon, valmistus- ja asennustapaan. /3/

4 KUIVAAVAN LIINALAATIKON KEHITTÄMINEN

4.1 Alkutilanne

Kuivaava liinalaatikko, tuotenimeltään Drybox, kuuluu Kauhabisnes Oy:n tuotevalikoimaan. Kuivaavasta liinalaatikosta oli olemassa yksi prototyyppi, joka oli testikäytössä erään kauhajokelaisen kuljetusliikkeen kuorma-autossa, kun tämän opinnäytetyön tekeminen aloitettiin. Prototyypistä oli olemassa valokuvia ja vain muutamasta osasta, Solid Works –ohjelmistolla tehty 3D-malli, ei montaakaan ehjää kokoonpanoa tai tarkkaa piirustusta. Tietoa aiheesta kuitenkin löytyi prototyypin valmistaneilta asentajilta ja kappaleet mallintaneelta suunnittelupäälliköltä sekä kuivaavan liinalaatikon ideoineilta Antti ja Kristian Lindforsilta.



Kuva 3. Kuivaavan liinalaatikon prototyyppi asennettuna kuorma-autoon (kuvannut Kristian Lindfors).

Kuivaava liinalaatikko oli tarkoitus valmistaa mahdollisimman pitkälle yrityksen omilla, olemassa olevilla laitteilla. Yrityksen käytössä on mm. levyleikkureita, automaatti sahoja, levytyökeskus, kantikoneita, jyrsinkoneita, sorveja ja tig- hitsauskoneita, lisäksi on olemassa hyvä mahdollisuus laser- leikattujen osien alihankintaan.

4.2 Kuivaavan liinalaatikon toimintaperiaate

Kuivaava liinalaatikko on ajoneuvon pakokaasun lämpöenergiaa hyödyntävä laite ensisijaisesti kuormansidontaliinon kuivaamista ja säilytystä varten. Pakokaasu otetaan kuivaavan liinalaatikon käyttöön pakoputken päähän sijoitettavalla, tarkoitukseen erityisesti kehitetyllä, pakokaasun jakokappaleella. Jakokappaleessa on säädettävä sulkuläppä, jonka avulla liinalaatiikkoon virtaavan pakokaasun määrä voidaan säätää halutun suuruiseksi. Säätöä tarvitaan lähinnä ulkolämpötilan vaihteluiden takia. Jakokappaleelta pakokaasu johdetaan joustavaa putkea pitkin liinalaatikon tuloputkeen, josta se jaetaan kahteen liinalaatikon läpi kulkevaan suorakaideputkeen. Nämä putket kulkevat kuivaavan liinalaatikon sisällä, jolloin niistä siirtyvä lämpö

lämmittää liinalaatikon sisäilman. Liinalaatikon sisälle on lisäksi järjestetty ilman kierto, joka on toteutettu liinalaatikon pohjassa ja takaseinän yläreunassa sijaitsevien ilmanvaihtokanavien avulla. Kanavien kautta liinalaatikossa esiintyvä kuivatettavista tavaroista haihtuva vesi pääsee poistumaan vapaasti. Suorakaideputkista pakokaasu johdetaan liinalaatikon takapäässä sijaitsevaan ulostuloputkeen, josta ne pääsevät vapaasti ilmaan.

Kuivaavan liinalaatikon erikoisuutena on kuormaliinojen käärintää oleellisesti helpottava liinojen käärintälaitte. Liinat voidaan kuivattaa käärittynä tai tehokkaammin avonaisena niille suunnitelluissa leveämmissä lokeroissa ja kääriä vasta kuivatuksen jälkeen.

4.3 Materiaalit

Sekä Antti Lindfors Oy että Kauhabisnes Oy käyttävät materiaalina lähes täysin ruostumatonta terästä, Antti Lindfors Oy käyttää lisäksi jonkin verran erikoismuoveja. Tämä helpotti suunnittelua, sillä materiaaleina voitiin käyttää samoja, mihin on totuttu. Materiaalivalintana ruostumaton teräs oli näin ollen luonnollinen valinta, etenkin kun otetaan huomioon Suomessa esiintyvät ruostumista edistävät sääolosuhteet ja laitteen käyttötarkoituksesta johtuva kostea käyttöympäristö. Lisäksi päätettiin käyttää muutaman osan raaka-aineena teknistä muovia. Muoviosat päätettiin hankkia Antti Lindfors Oy:ltä.

Ruostumattomalla teräksellä on hyvä korroosion kestävyys, joka perustuu sen pinnalle muodostuvaan ohueen kromioksidirikkaaseen kerrokseen. Tällä kerroksella on kyky uusiutua rikkoutuessa, mikäli ympäristö on hapettava. Ruostumattomia teräksiä löytyy monia erilaisia laatuja. Yrityksen tuotteissa austeniittiset ruostumattomat teräkset ovat yleisimmin käytettyjä. Teräkset ovat hyvin hitsattavia, mutta lämpölaajeneminen on huomioitava, koska se on 1,5-kertainen hiiliteräksiin verrattuna. Austeniittisistä ruostumattomista teräksistä yrityksellä on käytössä AISI-304, AISI-316 ja AISI-316L, riippuen odotettavissa olevista olosuhteista.

AISI-304 on yleisin käytetty teräs kohteissa, joissa ei esiinny merkittävästi kloridia. Kloridi voi aiheuttaa korkeaa paikallista väkevöitymistä, josta on usein tuloksena pis-

tekorroosiota. Jos kloridia esiintyy suuremmissa määrin, olisi hyvä käyttää AISI-316 tai AISI-316L. Näiden teräslaatuojen tunnetumpi nimi on haponkestävä teräs. Haponkestävä teräs sisältää molybdeenia, joka tekee siitä kloridin kestäväksi. AISI-316 suositellaan käytettäväksi venttiilien ja pumppujen materiaalina. AISI-316L taas suositellaan käytettäväksi teräkseksi putkistoissa ja säiliöissä sen paremman hitsattavuuden johdosta. Karkeana laatuojen käytön jakona käytettiin sitä, että kaikki liinalaatikon sisällä olevat osat ja itse liinalaatikon kuoret sekä käärintälaite ovat AISI-304 sen edullisen hinnan takia. Laatikon ulkopuoliset pienehköissä osissa käytetään AISI-316 tai AISI-316L, paremman kestävyuden aikaansaamiseksi tiesuolaa vastaan kuitenkin kustannusten nousematta merkittävästi. Kunkin osan materiaali selviää tarkemmin osan piirustuksesta, jotka ovat esitetyt liitteessä 2.

Muoviosien materiaaliksi valittiin polyeteeni (PE) ja siitä laatu ST-1000. ST-1000 on suurimolekyylinen polyeteenimuovi, jolla on erityisen hyvä kulutuskestävyys, mittapysyvyys sekä hyvät liukuominaisuudet. Lisäksi ST-1000 on hinnaltaan erittäin edullinen. Perusväriltään ST-1000 on luonnonvaalea. Muita mahdollisia muoveja olivat yrityksen yleisesti käyttämät: polypropeeni (PP), polyvinyylidikloridi, kova (PVC-U), polykarbonaatti (PC), asetaani kopolymeri (POM-C) ja polytetrafluorieteeni (PTFE). Kaikkien muoviosien aihioiksi sopivat hyvin pyörötangot, joiden saatavilla olevat vakiokoot ja painot näkyvät kuvasta 4. ST-1000 pyörötangot ovat suulakepuristettuja ja niiden standardipituus on 2000 mm. /4/

Ø (mm)	PAINO m/kg Weight m/kg
8 mm	-
10 mm	0,08 kg
12 mm	-
15 mm	0,19 kg
18 mm	-
20 mm	0,32 kg
25 mm	0,49 kg
30 mm	0,70 kg
35 mm	0,94 kg
40 mm	1,26 kg
45 mm	1,57 kg
50 mm	2,00 kg
55 mm	-
60 mm	2,90 kg
65 mm	-
70 mm	3,80 kg
75 mm	-
80 mm	4,95 kg
85 mm	5,55 kg
90 mm	6,26 kg
100 mm	8,20 kg
110 mm	9,30 kg
120 mm	11,14 kg
125 mm	12,05 kg
130 mm	13,20 kg
135 mm	-
140 mm	16,00 kg
150 mm	18,00 kg
160 mm	20,60 kg
165 mm	-
170 mm	-
180 mm	25,80 kg
200 mm	32,30 kg
230 mm	42,00 kg
250 mm	50,00 kg

Kuva 4. ST-1000 pyörötankojen vakio koko valikoima. /4/

4.4 Työn kulku

Tehtäväkseni oli määritelty aluksi kuivaavan liinalaatikon prototyypin 3D-mallinnus ja kokoonpanojen teko Solid Works –ohjelmistolla. Prototyyppi mallinnettiin vastaamaan todellista valmistettua versiota, joskin joitakin yksinkertaistuksia tehdessä. Kuivaavan liinalaatikon leveys oli prototyypissä 1000 mm, mutta se mallinnettiin 800 mm leveänä, koska jo tässä vaiheessa tiedettiin kehitettävän version noudattavan kyseistä leveyttä. Lisäksi kuivaavan liinalaatikon sisällä olevien säilytyslaatikoiden liukumekanismi mallinnettiin vain periaatteellisenä. Prototyypistä tehtiin myös valmistus piirustukset, joiden avulla pystyttäisiin tekemään tarvittaessa lisää prototyyppiä koekäyttöön. Prototyypin kokoonpanopiirustus numeroltaan 124175 on esitetty liitteessä 1. Prototyypin mallintamisen jälkeen oli aika aloittaa varsinainen tuotekehitys. Aluksi kartoitettiin prototyypissä olleet epäkohdat ja ne ominaisuudet, jotka kaipaavat parannusta. Tämän jälkeen alettiin suunnitella erilaisia ratkaisumalleja ja parannusehdotuksia epäkohtien poistamiseksi. Erilaisia ratkaisumalleja kirjattiin ylös ja niiden pohjalta alettiin suunnitella kuivaavan liinalaatikon muutoksia.

Kuivaavasta liinalaatikosta kehitettiin kolme varustetasoa. Tuloksena täydellinen versio, joka sisältää kaikki mahdolliset hienoudet. Vähän edullisempi versio, jonka sisällä on vain yksi säilytyslaatikko sekä kaikkein edullisin versio, jossa ei ole lainkaan sisäisiä säilytyslaatikkoja. Eri varustetasojen liinalaatikot ovat lähes samanlaisia keskenään, ainoastaan päätylevyjen hitsauskoonpanoissa on eroja, jolloin edullisempienkin versioiden täydentäminen on jälkikäteen mahdollista. Kaikkiin varustetasoihin kuuluu vakiona liinujen käärintälaite ja työvaatteiden kuivatuslokero.

Tärkeimmiksi kehitettäviksi aiheiksi muodostuivat liinalaatikon oviluukun saranointi ja lukitus sekä säilytyslaatikoiden liukukiskot. Muita tärkeitä kehityksen kohteita olivat liinalaatikon pakokaasun tuloputkisto ja pohjaritilä sekä kuorma-auton runko-kiinnityksen vahvistaminen. Lisäksi säilytyslaatikoiden ilmavuutta, väliseiniä ja laatikon kokoa sekä paikoitusta tuli optimoida. Liinujen käärintälaitetta piti keventää ja sen säilytys suunnitella jokaiseen varustetasoon. Myös pakokaasun jakokappale piti kehittää edullisemmin valmistettavaksi.

Kuivaavan liinalaatikon prototyypin oviluukun saranoina toimivat hitsattavat profiilisaranat. Saranoiden paikoitus ja kestävä kiinnitys todettiin hankalaksi, koska niiden välittämät voimat kohdistuivat liian pienelle pinta-alalle. Tilalle haluttiin pulttikiinnitteiset lehtisaranat, joiden paikoitus on helppoa levytyökeskuksella tehtyjen kiinnitysreikien ansiosta. Lisäksi saranoiden välittämät voimat jakautuvat huomattavasti suuremmalle alueelle, jolloin rakenteiden jännitykset pienenevät ja kestävyys paranee. Selvitin uusien saranoiden saatavuutta ja ratkaisu löytyi AHA:n eli automobilscharniere hastenin valikoimasta. AHA on yksi yrityksen vakiotoimittajista, joten se tiedettiin nopeaksi ja luotettavaksi. Valitut saranat ovat valmistetut ruostumattomasta teräksestä ja varustetut rasvanipalla pidemmän käyttöiän takaamiseksi. Kehitetystä versiossa käytettävää saranaa havainnollistaa kuva 5.



Kuva 5. Kuivaavan liinalaatikon kehitetyssä versiossa käytettävä sarana. /5/

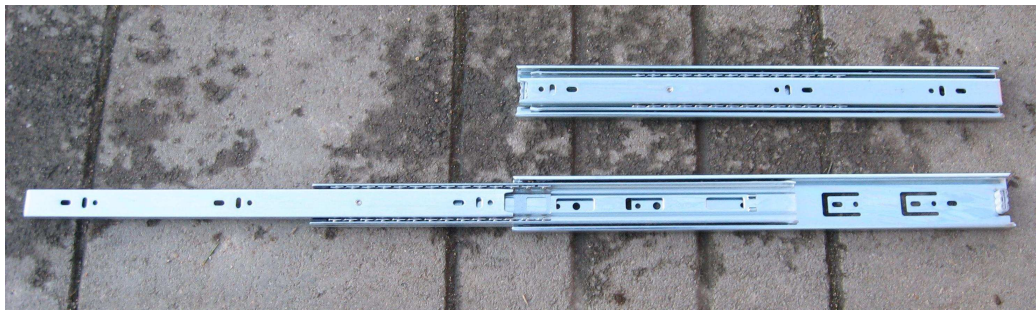
Kuivaavan liinalaatikon oviluukun lukitus ja kiinnipysyvyys oli prototyypissä toteutettu yhdellä kuvan 6 kaltaisella, keskelle sijoitetulla lukolla sekä kahdella sähkökaapin lukolla. Keskilukko oli ostettu kaupasta yksittäiskappaleena. Usean eri lukon käyttö oli hankalaa, johtuen erilaisista avaimista. Ongelma ratkaistiin korvaamalla vanha systeemi kahdella kuvan 6 mukaisella upotettavalla lukolla. Selvitin mahdollisia vaihtoehtoja ja päädyin Widnin valikoimasta löytyvään lukkoon. Myös Widni on yksi yrityksen vakio toimittajista. Lukko on varustettu T –kahvalla, lukolla ja lukon suojakannella, sen runko on ruostumatonta terästä ja kahva kromattu.



Kuva 6. Kuivaavan liinalaatikon kehitetyssä versiossa käytettävä lukko. /6/

Myös kuivaavan liinalaatikon sisällä olevien säilytyslaatikoiden liukukiskoja tutkittiin tarkemmin. Tehtäväni oli selvittää; olisiko prototyypissä käytettyjen, Helatukku

Finland Oy:n toimittamien kuulakiskojen tilalle saatavana astetta järeämpiä vastaavia tuotteita. Prototyypissä käytettyjen liukukiskojen kantavuus oli noin 55 kg/kpl. Helatukulta ei löytynyt kestävänpää mallia, joten aloin kartoittaa asiaa laajemmin. Löysin useilta eri valmistajilta sopivia ruostumattomia kuulakiskoja, joita löytyi kantavuutta aina 80 kg/kpl saakka. Kuitenkin tarjotuista hinnoista ilmeni, että halvimman kantavamman vaihtoehdon hinta oli lähes kymmenkertainen prototyypin kiskoihin verrattuna. Luovuimme siis kiskojen vaihdosta ottaen huomioon, että liinalaatikon leveys on kehitetyssä versiossa kapeampi ja näin ollen kiskoihin kohdistuva kuormakin pieneni. Kiskojen rakenne näkyy kuvasta 7.



Kuva 7. Kuivaavassa liinalaatikossa käytettävät kuulalaakeroidut liukukiskot.

Kiskojen vaihdon sijaan päätimme parantaa kiskojen kiinnitystä liinalaatikon päätyihin. Prototyypissä kiinnikkeinä toimivat hitsattavat kierreholkit, joita oli kolme kappaletta puolellaan. Nämä korvattiin koko kiskojen mittaisilla levystä kantatuilla profiileilla. Näiden profiilien käyttö parantaa merkittävästi liinalaatikon päätylevyjen kestävyttä voiman jakautuessa laajemmalle pinta-alalle. Kantattu profiili käy ilmi piirustuksesta numero 127580 ja niiden paikoitus piirustuksista 127577 sekä 127581. Piirustukset on esitetty liitteessä 2.

Kuivaavan liinalaatikon etupuolen päässä sijaitseva pakokaasun sisääntuloputki oli prototyypissä sijoitettu epäkeskeisesti liinalaatikon oven puoleiselle reunalle. Tämä oli ollut autoon asennuksen kannalta helpottava ratkaisu, mutta aiheutti pakokaasun epätasaisen jakautumisen suorakaideputkiin. Tämän ilmiön arveltiin kuormittavan ulompaa suorakaideputkea tarpeettoman paljon ja näin ollen lyhentävän liinalaatikon käyttöikä. Parannukseksi päätettiin tuloputki siirtää keskelle jakoputkea, pakokaa-

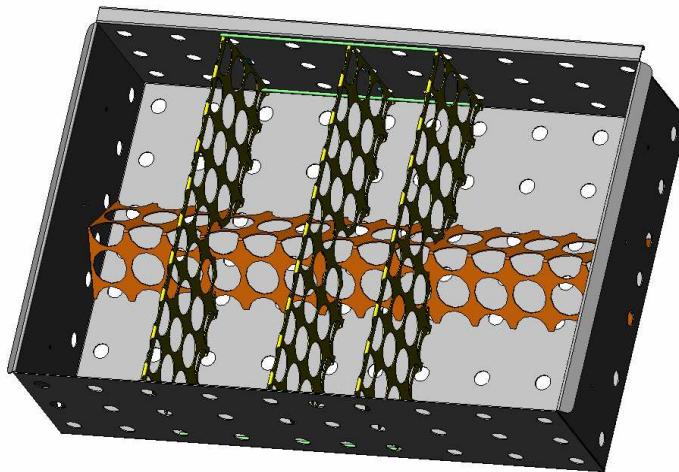
sun tasaisen jakautumisen aikaansaamiseksi. Tätä asiaa havainnollistaa piirustus numero 124190, joka on esitetty liitteessä 2.

Kuivaavan liinalaatikon sisäpuolen pohjaritilä oli prototyypissä tehty 1,25 mm vahvasta reikälevystä, jota tulee sivutuotteena yrityksen toisen tuotteen osan valmistuksesta. Tämä levy ei ollut riittävän tukeva. Varsinkin edullisimman varustetason tapauksessa oli vaarana, että levy joustaisi liikaa. Tällöin liinat pääsisivät kosketuksiin kuumien pakoputkien kanssa aiheuttaen tulipalon vaaran. Ratkaisuksi kehitettiin salmiakki-kuvioinen ruostumaton teräsverkko, jonka vahvuus on 2,5 mm. Verkkoa päätettiin hankkia Karanor Oy:ltä.

Kuivaavan liinalaatikon kiinnitysraudat, joiden avulla se kiinnitetään kuorma-auton runkoon, oli prototyyppiä käytettäessä havaittu liian kevytrakenteisiksi. Näiden väsyttävän kuormituksen alaisena toimivien osien käyttöiän arveltiin jäävän liian lyhyeksi, joten niiden ainevahvuutta kasvatettiin 4 mm:stä 5 mm:iin. Painonlisäyksen minimoimiseksi osien geometriaa muutettiin kevyemmäksi ja reikien sijoitusta lujuuden kannalta edullisemmiksi.

Kuivaavan liinalaatikon sisällä olevia kuormaliinojen säilytyslaatikoita täytyi myös kehittää. Prototyypin laatikoiden välien havaittiin olevan korkeussuunnassa liian ahaita, tähän ratkaisuna laatikoiden korkeutta pienennettiin 20 mm. Tällä toimenpiteellä oli positiivinen vaikutus ilman kiertoon ja sitä kautta liinojen kuivumiseen sekä käyttömukavuuteen, koska laatikot oli nyt helpompi täyttää ja purkaa. Lisäksi laatikoiden vaurioitumisriski pieneni, sillä nyt kuormaliinan koukku sopii laatikoiden väliin vaikka se jäisi vahingossa reunan päälle laatikoita suljettaessa. Laatikoiden sijoitustakin pystyttiin nyt väljentämään niin, että laatikon ympärille jäi entistä enemmän tilaa ilman kierrolle. Laatikoiden sisällä olevia väliseiniä vähennettiin viidestä kolmeen kappaleeseen ja niiden välit mitoitettiin niin, että laatikkoon sopii eri levyisiä liinoja. Kustannusten säästämiseksi väliseinät tehdään edelleen ylijäämäreikälevystä, jota syntyy riittävästi liinalaatikoiden arvioituun menekkiin nähden. Laatikoiden väliseinärakenne on helposti poistettavissa laatikon puhdistuksen tai erilaisen käyttösovelluksen helpottamiseksi. Kuitenkin oleellisin parannus säilytyslaatikoiden ilmavuuteen oli laatikoiden ilmankiertoreikien sijainnin suunnittelu. Prototyypin laatikoissa reikiä oli 40 kappaletta, eikä niiden sijainti sopinut kehitettyyn versioon. Reikien

määrä lisättiin 144 kappaleeseen ja sijoitusta muutettiin siten etteivät ne osu suoraan liinojen peittämiin kohtiin, vaan sijoittuvat väliseinien ja liinarullien välien kohdille, kuva 8.

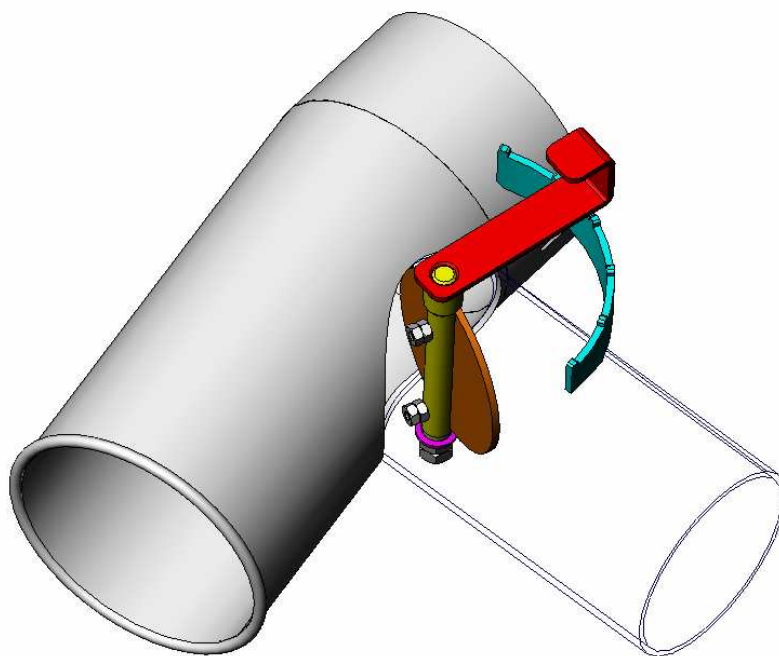


Kuva 8. Säilytys laatikon kehitetty versio.

Kuormaliinojen käärintälaite oli havaittu ylitukevaksi ja painavaksi, joten sitä päätettiin hieman keventää. Käärijässä käytettyjen lattaterästen vahvuus pienennettiin 10 mm:stä 6 mm:iin ja kiinnityslevyn vahvuus 10 mm:stä 4 mm:iin. Kevennetty käärijä osoittautui riittävän tukevaksi käyttötarkoitukseensa ja saavutetun painonsäästön ansiosta onkin nyt huomattavasti miellyttävämpi käyttää. Käärintälaitteen säilytyspaikat oli myös suunniteltava eri varustetasoihin sopivaksi. Parhaassa ja keskimmäisessä varustetasossa noudatettiin prototyypin mukaista ratkaisua, jossa käärijä on säilytyslaatikon päädyssä käyttöjen välisen ajan. Edullisimmassa versiossa säilytyslaatikoita ei ole, joten käärijä päätettiin sijoittaa liinalaatikon takimmaiseen pätyseinään, laatikon sisäpuolelle.

Varsinaisen liinalaatikon kehittämisen jälkeen oli vuorossa pakokaasun jakokappaleen parantaminen valmistusystävällisemmäksi. Jakokappale oli mekaanisesti säädettävä ja päätettiin myös pitää sellaisena. Säättömahdollisuuksia parannettiin muuttamalla säätö kolmiportaisesta viisiportaiseen. Jakokappaleen tuli olla muodoltaan aiemman kaltainen, mutta edellisen version säätöläppäsystemi oli koottu hitsaamalla putkien sisään ja tälle haluttiin muutosta. Läppäsystemi kehitettiin pulteilla ja muttereilla koottavaksi, jolloin sen kunnossapito helpottuu tai yleensäkin mahdollistuu.

Liitosten kiinnipysyvyyden varmistamiseksi käytettiin kahta perättäistä kuusiomutteria, sillä esimerkiksi lukkomutterin lukko-osa palaisi kovassa lämmössä pois. Jakokappaleen rakennetta havainnollistaa kuva 9. Tarpeelliseksi muodostui myös suunnitella sovituskappaleita jakokappaleen liittämiseksi erilaisiin ja eri kokoihin kuorma-autoihin. Kuorma-autojen yleisimmät pakoputken ulkohalkaisijat ovat 110, 115, 120 ja 125 mm. Näistä pienimpään jakokappale sopii suoraan. Sovituskappaleiden ja koko jakokappaleen piirustukset ovat esitetyt liitteessä 3.



Kuva 9. Kuivaavan liinalaatikon pakokaasun jakokappaleen kehitetty versio.

Työn lopullisena tavoitteena oli saada kehitetty versio tuotantoon vuoden 2008 alkupuolella. Tämä toteutuikin ja kehitettyjen piirustusten mukaisesti oli maaliskuun loppuun mennessä valmistettu neljän liinalaatikon ensisarja. Tämä sarja myytiin käyttäjille uusien testituloksien aikaansaamiseksi mahdollisia tulevia parannuksia varten. Ainakin tähän mennessä saatu palaute on ollut positiivista. Työn lopputulosta havainnollistaa kuva 10.



Kuva 10. Kuivaavan liinalaatikon kehitetty versio.

LÄHTEET

- /1/ <http://www.anttilindfors.fi/> viitattu [26.3.2008]
- /2/ <http://www.kauhabisnes.fi/> viitattu [19.3.2008]
- /3/ Pahl G. & Beitz W., Suomen Metalli-, Kone- ja Sähköteknisen Teollisuuden Keskusliitto, MET, Koneensuunnitteluoppi, 1. painos, Helsinki, Metalliteollisuuden Kustannus Oy, 1990
- /4/ http://www.fluorotech.fi/Tekniset_muovit2.pdf viitattu [15.4.2008]
- /5/ <http://www.automobilscharniere.de/> viitattu [16.4.2008]
- /6/ http://www.widni.fi/fi/Tuoteryhmat/Lukot_salvat_ja_kahvat/ viitattu [16.4.2008]

LIITELUETTELO

- LIITE 1: Liinalaatikon prototyypin kokoonpanopiirustus 2 kpl
- LIITE 2: Liinalaatikon kehitetyn version kokoonpano- ja osapiirustukset 47 kpl
- LIITE 3: Pakokaasun jakokappaleen kehitetyn version kokoonpano- ja osapiirustukset 16 kpl