

Robert Luts

FUNKTSIONAALSE VAHETATAVA KAANEGA AUTODE KATUSEBOKSI PROJEKTEERIMINE

LÕPUTÖÖ

Mehaanikateaduskond
Tehnomaterjalide ja turunduse eriala

Tallinn 2014

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	5
1. ÜLDISELT KATUSEBOKSIDEST	7
1.1. Katusebokside ühistunnused.....	8
1.2. Suurus ja kuju	8
1.3. Mahutavus.....	9
1.4. Kaane avamise suund.....	10
1.5. Paigaldamise lihtsus.....	10
1.6. Ühilduvus katuseraamidega	10
1.7. Stiil.....	11
2. FUNKTSIONAALNE VAHETATAVA KAAINEGA LAHENDUS.....	12
2.1. Kaanevahetus	14
2.2. Lukustussüsteem	14
2.3. Projekteeritud toote tehnilised andmed.....	15
3. TEHNOLOOGIA VALIK.....	16
3.1. Prototüübi tootmine	16
3.2. Termovormimise töövahendite valik	17
3.3. Vaakumvormimise töö käik.....	17
3.3.1. Klambritega kinnitamine.....	18
3.3.2. Kuumutamine	18
3.3.3. Eelvenitamine.....	18
3.3.4. Vaakum	18
3.3.5. Mehaaniline kaasa aitamine	19
3.3.6. Jahutus ja vormist eemaldamine	19
3.3.7. Lõikustööd ja viimistlus	19
4. VAAKUMVORMIMISEL KASUTATAVATE MATERJALIDE VALIK	20
4.1. Katuseboksi materjali valik.....	23
4.1.1. ABS plastik	23
4.2. Vormi materjali valik.....	24
4.2.1. MDF vorm.....	24
4.2.2. Füüsilised omadused	25

4.2.3. MDF-i eelised.....	25
4.2.4. MDF-i puudused	25
5. MAJANDUSLIK OSA	26
6. KONKURENTSIUURING.....	28
7. TARBIJAUURING.....	29
7.1. Taustainfo	29
7.2. Toote võimekus ja tarbijate rahulolu	30
KOKKUVÕTE.....	32
SUMMARY	33
VIIDATUD ALLIKATE LOETELU.....	34
LISAD	36
KÕRGEMA KAAINEGA KATUSEBOKSI KOOSTEJOONIS.....	37
MADALAMA KAAINEGA KATUSEBOKSI KOOSTEJOONIS.....	40
ALUSE ALAMKOOSTU JOONIS	43
VAHESEINA ALAMKOOSTU JOONIS	46
KÕRGEMA KAAINE ALAMKOOSTU JOONIS	49
MADALAMA KAAINE ALAMKOOSTU JOONIS	52

SISSEJUHATUS

Käesoleva lõputöö teemaks on võetud funktsionaalse vahetatava kaanega autode suusaboksi projekteerimine. Projekti eesmärgiks on projekteerida, koostada ning nõuetekohaselt vormistada enamlevinud bokse ümber nii, et oleks võimalik tekitada võimalus vahetada kaant eesmärgipäraselt ja ka selle vahetust lihtsustada. Samuti peab kaanevahetus olema mugav ning ohutu. Katuseboksi hind peab olema võrrelduna ligilähedaste turul olevate toodetega konkurentsivõimeline. Toode peaks sobituma standartsetele katuseraamidele. Katuseboks peaks olema kerge, kuid ei tohi oma tugevust kaotada. Eesmärgipärase all peetakse peamiselt silmas vajadust. Vajaduse all aga praktilist funktsionaalsust.

Funktsionaalse vahetatava kaanega autode suusaboksi idee seisneb võimaluses vahetada kaant vastavalt soovitud eesmärgile. Olgu see siis soovitud lisaruumi või hobikorras. Idee ise laieneb ka kaanepaadi ja telgisüsteemile. Käesoleva projekti raames projekteeritakse suusaboksi lihtsuse mõttes vaid madalama ja kõrgema kaanega.

Lõputöö ise on jagatud osadeks, mis on illustreeritud jooniste ja skeemidega.

Esimeses peatükis antakse ülevaade katuseboksi üldistel valikukriteeriumitel, mille alustel ja põhjustel ning kuidas katuseboksi valima hakata. Erinevate bokside ühistunnustest, erinevustest ja sarnasustest, nende suurustest ja kujudest. Kuhu poole kaaned avada võimalik on ning ka paigaldamise lihtsusest.

Teises peatükis käsitletakse antud lõputöö projekti ideed. Tuuakse välja projekteeritud lahendused ning eelised, miks just sellised valikud langetati.

Kolmandas peatükis antakse ülevaade võimalikest katusebokside ning vormide valmistamiseks vajalikest materjalidest, nende valiku langetamise põhjustest võrrelduna kindlate kriteeriumite järgi ning lõpp-toodangu valmistamise eelduseks vajalikest tehnoloogilistest võimalustest.

Neljandas peatükis on välja toodud antud toote majanduslik osa. Tuuakse välja erinevate pool-toodete ja komponentide maksumused ja ka toote enda kasumlikkust finantsilise poole pealt.

Viiendas osas tuuakse välja tarbijauuring ning kinnituse selle vajalikkuse kohta katusebokside turul tarbijate seas.

1. ÜLDISELT KATUSEBOKSIDEST

Pagasi katusele paigutamiseks mõeldud katusebokside valik on üsna lai. Katusebokse tehakse pea igas mõõdus ja igasuguste hämmastavate kujudega, ka hinnaklassid on erinevad. Üks kallimaid ja tuntumaid on Thule Excellence (Foto 1).



Foto 1. Thule Excellence [9]

Katusebokse tuntakse ka kui suusabokse, kapsleid ja mõnikord brändinimetustena Thule või Mont Blanc'i boksidenä. Järgnevalt räägitakse, kuidas on tootjad sisuliselt suurest kohvräst katusel teinud mitmekesise tootevaliku. Katuseboksi valikul lähtutakse peamiselt järgmistest tunnustest:

- Suurus ja kuju
- Avamise suund
- Mahutavus
- Paigaldamise lihtsus
- Ühilduvus katuseraamidega
- Stiil

1.1.Katusebokside ühistunnused

Kui bokse valima hakata, on võimalik märgata, et kõigil on mingid ühised tunnusjooned. Boksidel on mingisugused kinnitustülid ja kõik vajalikud avaused puuritud. Kaaned on vastupidavad teatud kogusele UV-kiirgusele, et katuseboks juba pärast esimest nädalat päikese käes hapraks ei läheks. Kõikidel boksidel on teatud arv lukustuspunkte, mis on enamasti kesklukustusega. Kaaned on lisaks hingedega ka vedrusüsteemi või amortisatsiooniga aluse küljes, mis abistab kaane avamist ja sulgemist. Tavaline konstruktsioon on kõikide bokside puhul sama, vaakumvormitakse kaks plastiklehte, näiteks ABS-i või ABS/ASA plastikuid.

1.2.Suurus ja kuju

- Mida boksis hoiustada soovitakse?
- Mis suuruses boks autole peale mahub?
- Kas soovitakse lisaks boksidele ka lisavarustust katuseraamidele paigutada?

Esimene, millega arvestada, on välja selgitada, mida katuseboksis kavatsetakse hoiustada. Põhilised valikud on laiad ja kitsad, pikad ja õhukesed ning pikad ja laiad. Kui soovitakse mahukat pagasit kaasas kanda, näiteks matkavarustust, siis oleks ökonoomsem valik lühem ja kitsam boks. Suuskade puhul, või kui soovitakse veel lisavarustust vedada, siis oleks parimaks pikem ja kitsam boks. Kui veetava pagasivalik võib mõõtude poolest kordades varieeruda, oleks kindla peale minek boksid, mis on nii pikad ja laiad, mis täidaksid kõik kasutaja nõudmised.

Üldine soovitus oleks võtta suurim boks, mis eelarvesse mahub ning mida auto suudab kanda. Üllataval kombel pole auto suurusel olulist tähtsust, kuid on sõltuv pigem katuseraamide asukohast katusel ning ka sellest, kas pagasiluuki avades boks segama hakkab. Isegi osadel suurematel neliveolistel masinatel ei jää katuseraamide vahele palju ruumi ning pagasiluuk avaneb kõrgele, suure nurga all, mistõttu võib boks ette jääda. Üldise reeglina, kui soovitakse midagi pikka vedada, näiteks suuski, aga luuk tuleb kõrgele avada, tuleks valida lühim boks, mis on võimalik.

Katusebokside mahutavust mõõdetakse liitrites. Tavalised numbrid kõiguvad väiksemate bokside puhul 270L ümber, 370L kuni 480L on kõige populaarsem vahemik tavalise pagasi jaoks. Edasi on suuremate bokside seas ostetuimad 630-liitrised, näiteks massiivsete mõõtudega Thule Motion 900.

Kuju omab suurt osakaalu katuseboksi valimusele ja stiilile, kuid võib mõneti praktilisusele tagasilööki tabada. Näiteks on Thule Dynamicu (Foto 2) seeria katuseboksid ülimalt

aerodünaamilised, siledad ja madala profiiliga, aga kõige sellega kannatab sisemine kõrgus. Samas on Rhino Windrider 450 (Foto 3) populaarne ökonoomiilisel viisil mahtu suurendada. Seevastu meenutab Windrider'i välimus telliskivi ning paljude arvates on see inetu.



Foto 2. Thule Dynamic [10]



Foto 3. Rhino Windrider 450 [11]

1.3.Mahutavus

Saadaoleva ruumi kõrval tuleb samuti arvestada ka boksi kaaluklassiga. Tavaliselt on bokside kandevõimeks hinnatud 50kg või 75kg. Üldiselt on 50kg tooted sõltuvad vormi lainetest ja ribidest, mis neile lisatugevust ja –struktuuri annavad. Massi poolest kandvad 75kg boksidele on lisatud tugevust suurendavad metallist raamid. Ilmselgelt on 75kg boksid kasulikumat, kui 50kg kandevõimet omavad, kuid tuleb lisakulutuseks arvesse võtta ka katuseraamide suutlikkust. Kui katusele paigutada massi poolest 15kg raskem boks, peaksid ka katuseraamid 65kg kaaluklassi omama, et lisaklassist kasu saada.

1.4.Kaane avamise suund

Katuseboksid avanevad tavaliselt järgmiselt:

- Juhi poolt
- Kõrvalistuja poolt
- Mõlemalt poolt
- Tagant

Mõlemalt poolt avanevad boksid on kõige praktilisemad, eriti kõrgemalt autode puhul, kuna ei olda sunnitud üle katuse kaugemal olevate asjade järele haarama. See lihtsustab ka kinnitusmehhanismi, mis paigaldab kaane alus külge tihedamalt. Paljud ühepoolsest avatavad boksid on nüüd palju praktilisemad just kõnnitee poolse avamisvõimalusega. Samas on olemas ka juhivoolsest avatavad boksid, mis võivad just teatud asjaoludel sobida. Tagant avatavad on tavaliselt väiksemat mõõtu, lukud asetsevad tagaservas, keskel, mis on sobilik, kui tagant kinnitada ulatavad, aga võiks sedaanidel keeruliseks kujuneda.

1.5.Paigaldamise lihtsus

Hetkel on võimalik valida odavama otsa boksidel U-kinnituste ja kallimatel kiiresti ühendatava nn „küünise“ stiilis seadmete vahel. Thule, Rhino ja Yakima poolt pakutava kinnipigistava küünisesüsteemid on vägagi efektiivsed, kuna nad ei vaja U-kinnituste kombel aukude joondumist katuseraamidega ning omavad vähem kinnitus detaile, mida on võimalik 20 detaili olemasolul kasutamiste vahel ära kaotada.

1.6.Ühilduvus katuseraamidega

Katuseraamid võivad katuseboksi valikut mõjutada kahte moodi. Esiteks, raamide asend katusel ja teiseks raamide profiili laius. Paljud katuseraamid sobituvad vaid kindlasse kohta, mis on autotootja poolt ette määratud. Esineb ka alternatiivseid kinnitusauke. See võib odavamate boksidega U-kinnitusi kasutades probleemseks osutuda.

Teiseks tuleb arvestada katuseraamide pikkust. Mida laiem boks, seda väiksem võimalus on boksi katusele U-kinnitustega paigutades asendiga mängida. Osad boksid näiteks ei sobitu moodsate ristaraamidega, mida Prorack valmistab. Mõnel autotootjal kasutavad Proracki raame juba tehast

välja lastes. Nendel juhtudel sobib kõige paremini Yakima klamber või Rhino Master Fit kinnitussüsteemid.

1.7.Stiil

Thule on kallimate katusebokside end ületanud. Thule Excellence näeb läikeviimistluse ja kahetoonilise värvilahendusega silmapaistev välja ning Thule Dynamic boksid näevad samuti head välja, kuid stiilsem välimus tuleb koos kõrgema hinnaga. Odavamad boksid on üldjuhul ühte tooni hallid või mustad, samas töödeldakse kallimaid bokse ahvatlevalt läikiva tooniga.

2. FUNKTSIONAALNE VAHETATAVA KAAINEGA LAHENDUS

Konkreetses projektis eesmärgiks tuli leida mehaaniline lahendus, mis võimaldaks katuseboksi eesmärgipäraselt kaanevahetust sooritada. Lihtsuse mõttes projekteeriti ainult kõrgem ja madalam kaas. Lisaks kaanevahetuse lihtsustamisele ja mugavdamisele oli oluliseks osaks ka turvaline lukustussüsteem projekteerida.

Ekspluatatsioonitingimustes kasutades on antud katuseboksi ette nähtud:

- Omama ilmastikukindlust, sh UV-kiirguse ning vee boksi sattumise eest
- Olema turvalise lukustussüsteemiga
- Olema massi poolest võimalikult kerge
- Kannatama 75kg lisaraskust
- Olema voolujooneline, tekitades võimalikult vähe tuuletakistust
- Olema kõrvalistuja poolt avatav

Tootekomplekt koosneb neljast põhidetailist – alus, vahesein, madalam ja kõrgem kaas. Kasutuskõlblikuks teeb toote lisaks alusele ja vaheseinale ka üks kaantest. Aluse eesmärgiks on olla tugiraamiks ülejäänud konstruktsioonile. Alus peab olema projekteeritud kandma lisaks vaheseinale ja ühele kaanele ka 75 lisakilogrammi. Vahesein on vahelülis kaane ja aluse vahel ning on hingede ja amortisatsioonisüsteemiga kaane külge ühendatud. Kaas paigutatakse omakorda vaheseinale.



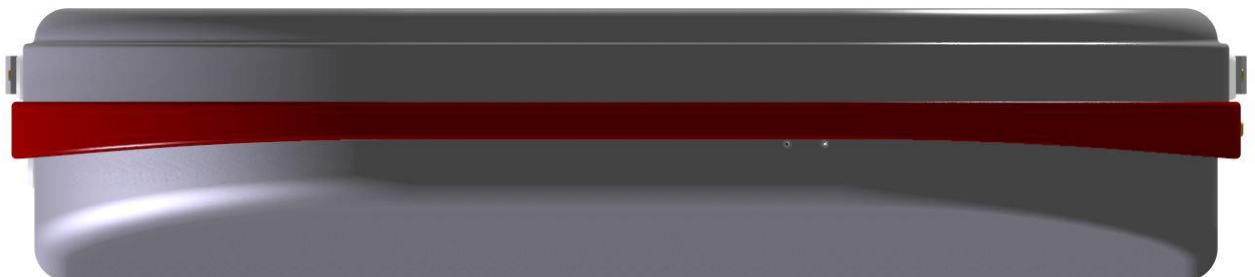
Sele 1. Kõrgema kaanega katuseboksi külgvaade



Sele 2. Kõrgema kaanega katuseboksi eestvaade



Sele 3. Madalama kaanega katuseboksi külgvaade



Sele 4. Madalama kaanega katuseboksi eestvaade

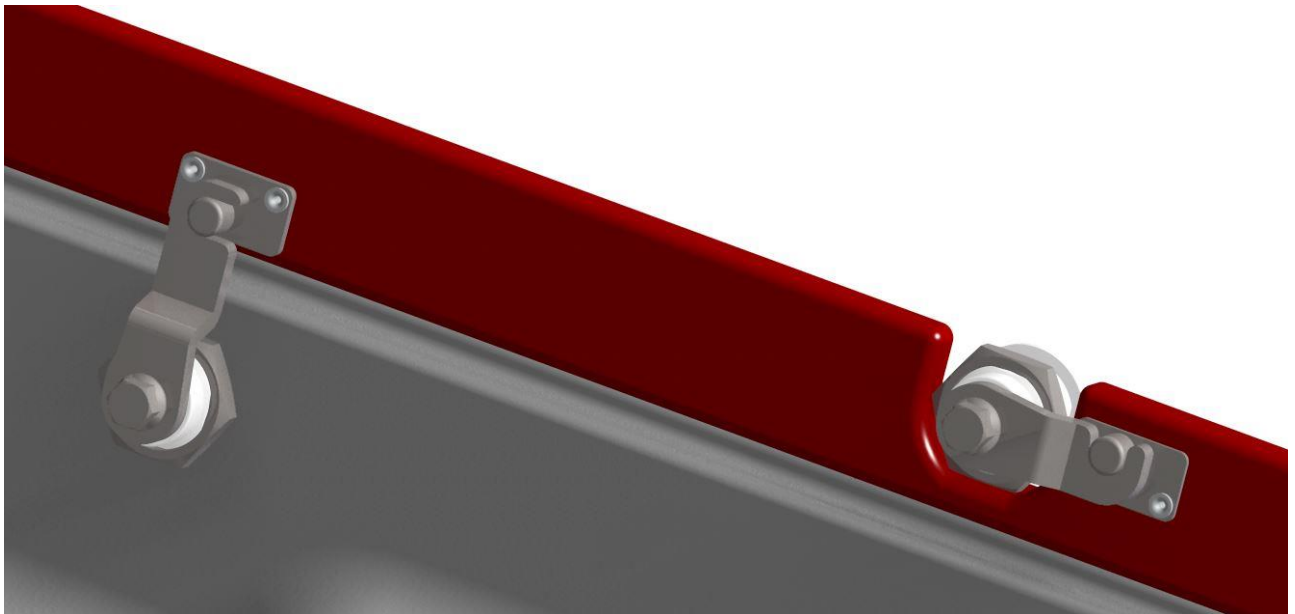
2.1.Kaanevahetus

Kaanevahetus projekteeriti katuseboksil teostatavaks vaheseinalt. Vahetuseprotsess toimub käsitsi ning on kaane madala massi tõttu kerge ja lihtsalt teostatav. Protsessi sammudeks on lukkude avamine, kaane eemaldamine vaheseinalt tõstes, teise kaane peale asetamine ning lukustamine. Lukke on kaane mõlemal küljel 2, need tuleb lahtisesse asendisse keerata ning kaant käepidemetest tõsta. Lukud takistavad vaid kaane vertikaalasendis liikumist, kaane horisontaalasendis liikumist peatab vahesein.

2.2.Lukustussüsteem

Turvalisus on katusebokside puhul alati oluline. Selle tõttu valitigi 2 lukustussüsteemi – kaanele ja vaheseinalle. Kahe lukustussüsteemi peale kokku on kasutuses 6 eraldiseisvat lukku ning süsteemi peale on vajalik ainult kahte võtit. Kuuest lukust 4 on mõeldud kinnitama kaant vaheseina külge ning 2 lukku vaheseina aluse külge. Iga luku jaoks on boksile projekteeritud ka lukutilad, mis asetsevad vaid vaheseinal. Kinnises asendis toetuvad lukulabad silindrilise tila külge, mistõttu alus, kaas ja vahesein haakuvad üksteise suhtes tihedalt.

Lukustussüsteem ühendatakse detailide külge mutritega ning lukutilad needitakse.



Sele 5. Lukustussüsteem kinnises asendis

2.3.Projekteeritud toote tehnilised andmed

- Gabariidid: 1940x740x342/164
- Mahutavus: 370 L ja 150 L
- Komplektse toote mass: 24 kg/17 kg

3. TEHNOLOOGIA VALIK

3.1. Prototüübi tootmine

Prototüüpides on sooviks proovitoodet võimalikult kiirest ja odavalt valmis teha. Tolerantsid ei ole määravaks kriteeriumiks antud valmistamise hulgal. Prototüüpi arendades peegeldub nii lõppmaterjali valik ja valmistoote kvaliteet, kui ka kiire ja kohmakas suhtumine samamoodi nagu prototüüpimiseks tallele pandud raha.

Kuni kümme-kakskümmend aastat tagasi leidis puit laialdaselt kasutust. Kinniste pooridega tahked puidud, nagu vaher, oli puidust mustrite tootmisel valikuks. Avatud pooridega puidud leidsid ka kasutust, kuid need kestsid üldjuhul ainult paar tsüklit. Kattes puidumustrid igasuguste kõrgetemperatuuriliste sünteetiliste materjalidega, sai neid kasutada isegi väikesemahuliste tootmistes. Tuli ainult sellega arvestada, et liimitud ühendused ja puit ise sisaldasid palju niiskust, mis lubas mustril kõrgemal temperatuuril paisuda ning moonutada, mis teebki puidu kehvaks valikuks piiratud tootmisel.

Sünteetilised materjalid, mis on valmistatud klaashelmestest peatatud valuvaiguga, vahetasid prototüüpimisel ja piiratud tootmisel puidu välja. Nendel materjalidel on kõrge vastupidavus soojusele, piiratud niiskusele ja suurepärane mõõtmete stabiilsus. Paljusid tolerantsilähedasi prototüüpe ja tooteid saab just nendest materjalidest valmistada. Hea soojusisolatsiooni omaduste tõttu on puuduseks kiirelt ja efektiivselt soojus materjalilt vormile üle kanda. Selle tõttu on tsükli pikkus ülimalt suur, mis ongi antud materjali suurim tagasilöökk.

Tuleb meele pidada, et prototüübi valmistamise töövahendite kvaliteet peegeldub prototüüpides endis. Ei tasu ülemäära tootekulude pärast muretseda, kui prototüüpi ei ole võimalik eesmärgikohaselt kasutama hakata.

Vaakumvormimisega ei saa madalama rõhu tõttu detailsemaid tooteid valmistada. Survevormimisel kasutatakse aga kõrgemat rõhku ning on võimalik täpsemaid, teravate servade ja esiletõstetud profiiliga detaile valmistada. Samas on survevormimine palju kallim, sest puidust vorme pole võimalik kasutada. Tööjõu ja masinate maksumus on mõlemal ligilähedased. Kuna lehtplastiku ja

vormi vahelisel pinnal võib esineda väikeseid defekte ja erinevaid värvilaikusid, valmistatakse vormid nii, et viimistletud pool jääks teisele poole. Värvilisi, tekstuuri- ja eelnevalt kujundatud lehtplastikut on ka võimalik vormida, vähendades viimistluskulusid.

Vaakumvormimise tehnoloogiat kasutatakse üldiselt lehtplastikust kolmemõõtmeliste detailide seeriaviisiliseks tootmiseks. Vaakumvormimine on suurepärase võimaluse valmistada lisaks katuseboksidele ka efektseid valguskaste ja teisi reklaamtooteid.

Õhuke plastikleht kuumutatakse nii, et see muutub elastseks, seejärel tõmmatakse ta vaakumi abil eelnevalt valmistatud vormile. Vaakumvormimine jaguneb tegelikult kaheks alaliigiks: vaakumvormimine ja puhumine. Puhumine sarmaneb seebimulli puhumisele: pehmeks soojendatud plastikust saab läbi sobiva suurusega ava puhuda poolkeraaladseid mulle.

Kuna vajatakse vormi või puhumisrakist ei ole ühe või mõne detaili valmistamine selle meetodiga tavaliselt otstarbekas, samas väikeseeriatena annab see tehnoloogia mõnel juhul suuri eeliseid liimitud-painutatud detailide ees.

[1]

3.2. Termovormimise töövahendite valik

Termovormimiseks vajalike masinate ja tööriistade maksumus on teiste levinud plastikute töötlusviisidega võrreldes üks odavamaid. Teised töötlusviisid, lisaks ekstrusioonile ja puhumisele, vajavad terasest või alumiiniumist vorme isegi selleks, et väikseim arv tooteid valmistada. Põhilised termovormimise töövahendid koosnevad vormist, millest toode oma kuju saab, ja valmis vormitud toote välja lõikamisest. Konveierliinil väikeseid gabariite termovormides on vajalik vormilt lihtsustatud eemaldamist. Selle näol on tegemist üsna levinud virnastajate või virnastusmehhanismidega, kuid on olemas ka teisigi lahendusi. Konveierliini termovormimise töövahendid koosnevad tüüpiliselt vormist, matriitsi- või lõikejaama masinatest ning virnastajast. Mõnel juhul tuleb vormile ka vesijahutust rakendada.

3.3. Vaakumvormimise töö käik

Vaakumvormimise puhul tuleb esmalt valmistada vorm, mille peale tõmmatakse vajaliku temperatuurini soojendatud plastikuleht. Leht peab olema detailist piisavalt suurem, et materjal saaks piisavalt venida. Saadud toorikust lõigatakse hiljem välja vajaliku kujuga detail. [8]

Vaakumvormimise protsesse uuritakse järgmistes alapealkirjades veidi lähemalt.

3.3.1. Klambritega kinnitamine

Klambrikinnituse raam peab olema piisavalt tugev, et hoida plastlehte vormimise ajal kindlalt paigal. Kinnitused peavad vastu pidama ka paksemaid materjali vormides, kuni 6mm üksiku kuumutusseadmega ning kuni 10mm kahese kuumutusseadmega masinatel. Automatiseeritud seadmeid tuleb jälgida ja vajadusel ka vahele sekkuda, et juhuslikke kahjustusi vältida.

3.3.2. Kuumutamine

Kuumutusseadmetes on tavaliselt infrapunaelemendid koos alumiiniumist reflektorplaatidega. Parima vaakumvormimise tulemuse saavutamiseks tuleb tagada, et iga kasutatav materjal oleks kuumutatud ühtlaselt üle terve pinna ja paksuse. Selleks peab olema erinevaid kuumutustsoone, mida seadistavad energiareguleerimise seadmed. Keraamikatel on mõned puudused, sest nende ülessoojendamine võtab kaua aega, ligi 15minutit, ning muutatusi sisse viies pikk reaktsiooniaeg.

Kvartskuumutid on väiksema soojusmahtuvusega ning võimaldavad kiiremat ülessoojendust. Püromeetritega on võimalik täpsemalt kuumust kontrollida sulamispääriini plastlehtede temperatuure jälgides. Arvutiga kontrollitavatel seadmetel, mis põhinevad püromeetri kasutamisel, on võimalik täpsemaid temperatuure seadistada. Kahepoolised kuumutusseadmed on soovitatavad parema soojuslähitavuse ja kiirema tsükliaja pärast.

3.3.3. Eelvenitamine

Kui plastik on oma töötlemistemperatuurini või nn plastilisse olekusse kuumutatud, on seda võimalik eelvenitada, et seinapaksust ühtlustada, kui vaakumit rakendatakse. Eelvenitamine on hindamatu just sügavamate detailide vormimisel, kus on minimaalsed nurgad ja kõrged vormi pinddetailid. Mulli kõrguse hoidmisega on võimalik järjepidevaid tulemusi saavutada.

3.3.4. Vaakum

Kui materjal on sobilikult eelvenitatud, on võimalik juba vaakumit rakendada. Suurematel masinatel on kasutuses vaakumimahutid koos võimsate vaakumpumpadega. See võimaldab kahe-etapilist vaakumprotsessi, et kuumutatud plastmaterjali vormimist kiirendada.

3.3.5. Mehaaniline kaasa aitamine

Vaakumvormimine sõltub ka mehaanilisest kaasa aitamisest, et plastik saaks meelepärase vormi, seinapaksuse või isegi plastikust sektsioonide eemaldamine. Inglise keelne termin *plug, plug assist* või lihtsalt *assist* viitab mehaanilisele jõu rakendamisele, et plastikut termovormimise ajal paigal hoida. Kasutatud materjalide hulka kuuluvad süntaktiline vaht, alumiinium, delrin või mõni muu kõrge kuuusega materjal, mis ei vaja asendust kuumavigastuste tõttu, mis tekivad kokkupuutest kuuma plastikuga. Need on üldjuhul kinnitatud termovormi plaadi vastasküljele. Vormimise ajal plaati reguleerides on võimalik plastikust lõpp-produktile ka muudatusi sisse viia.

3.3.6. Jahutus ja vormist eemaldamine

Pärast vormimist peab enne vormist eemaldamist plastikul jahtuda laskma. Kui liiga vara eemaldada, siis võib detail deformeeruda ning kõlbmatuks osutuda. Jahutustsükli kiirendamiseks paigaldatakse ka ventilaatoreid ja käivitatakse pärast vormimist. On ka jahutusvedeliku pealepiserdamise valik olemas, kus düüsid ventilaatoritega koos kasutust leiavad ning külma vett vormitud detailile suunavad. Veega piserdamise ja ventilaatori jahutussüsteemid kiirendavad jahutustsükli ligi 30%.

Pärast jahutamist tuleb vastupidist vaakumrõhku kasutada, et detail vormilt kätte saada. Pärast plastikdetaili vormilt eemaldamist võib seda edasi lõikeosakonda suunata.

3.3.7. Lõikustööd ja viimistlus

Pärast detaili jahtumist ja vormimisseadmest ära võtmist, eemaldatakse tootelt üleliigse materjali. Augud, pilud ja teised lõiked puuritakse välja. Toote lehelt väljalõikamiseks kasutatakse mitmeid lõikemeetodeid. Sobivam meetod sõltub suuresti lõiketüübist, suurusest, materjali paksusest ja lõikekogusest. Õhemad osad lõigatakse tavaliselt mehaanilise lõikepressi abil, tuntud ka kui rullpressi nime all. Jämedamad osad eemaldatakse suuremate lõikerakistega, lintsaega või mitmeteljelises CNC pingis.

[2, 3]

4. VAAKUMVORMIMISEL KASUTATAVATE MATERJALIDE VALIK

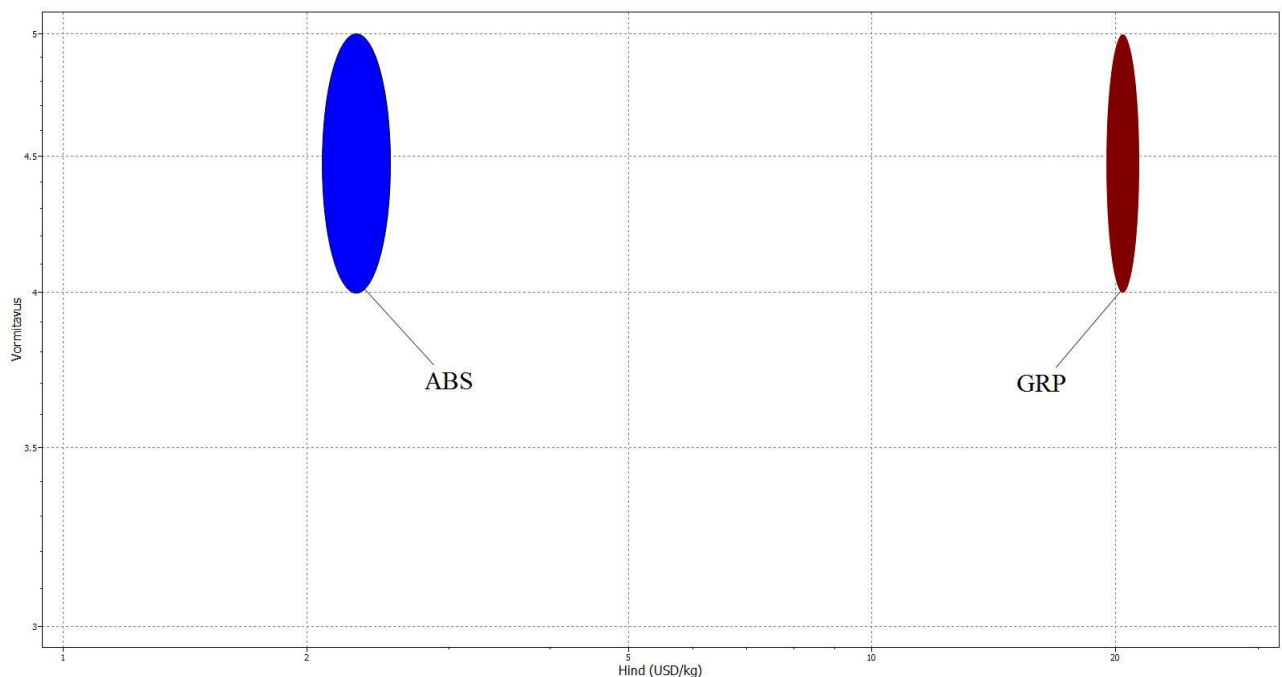
Vaakumvormimisel kasutatavate plastikude valik on lai ning jagunevad termoplastikuteks ja termoreaktiivideks. Termoplastikud kuuluvad materjalide perekonda, mida iseloomustavad mitmed lihtsad omadused. Suurim neist on omadus ümbertöödelda uuteks toodeteks, millel on samad talitlusomadused nagu eelmisel valmistatud tootel. Võrdluseks on termoreaktiive mehaaniliselt võimalik vaid korra töödelda. Hiljem võib neid vaid täitematerjalina või mõnes muus praktilises rakenduses kasutada. Termoreaktiive pole võimalik ümber jahvatada ja taastöödelda nagu termoplastikuid. Termoplastikute hulka kuuluvad paljud hästi tuntud plastmaterjalid nagu polüstüreen, polüvinüülkloriid (PVC), polüester, polüetüleen ja polüpropüleen. Need on vaid mõned üksikud näited, sest termoplaste eksisteerib paljudes erinevates klassides ja sulamites.

Valides materjali, on hind küll arvestatav tegur, kuid ei tohiks seda materjali valikul oluliseima tegurina võtta. Tuleb arvestada järgmisi kriteeriume ning keskkonnast tingitud mõjusid [4]:

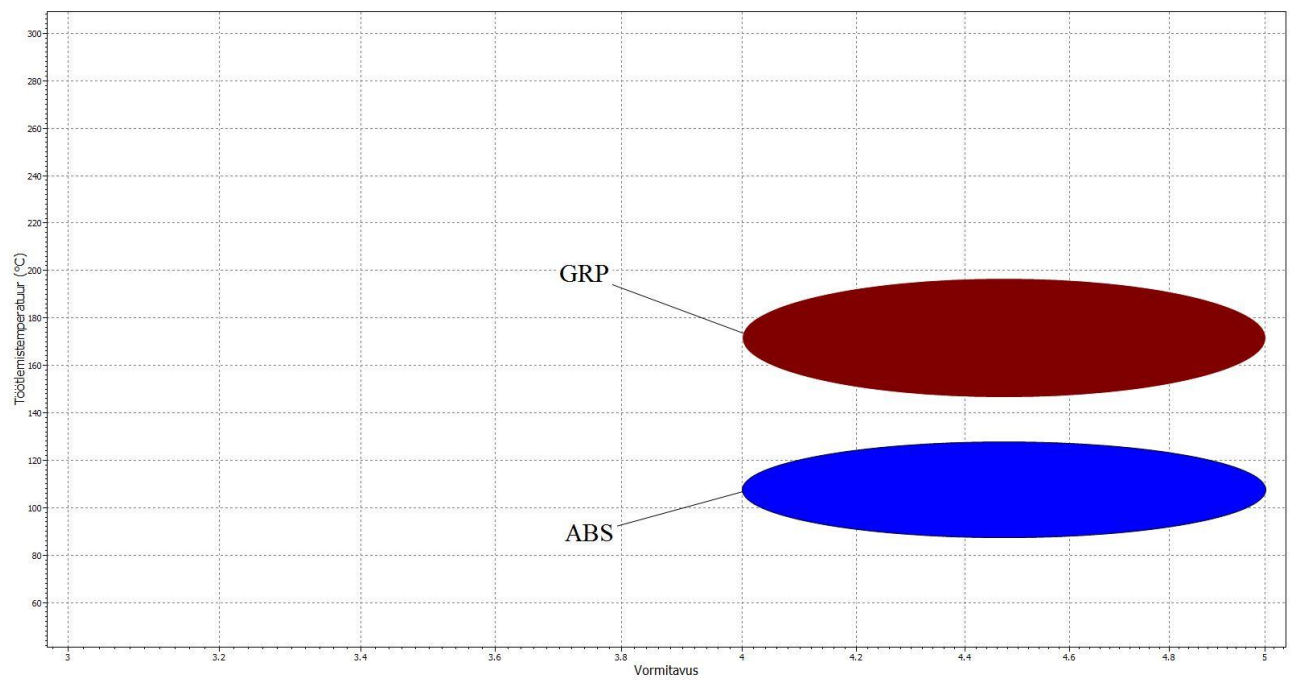
- Keemiline vastupidavus: Kas tootel hakkab esinema kokkupuuteid vedelikus ja gaasilises olekus keemiliste ainetega?
- Kõrged temperatuurid: Mis on kõrgeim temperatuur, millega tootel kokkupuuteid võib tulla? See on tuntud, kui soojuspaisumisena. Soojuspaisumist tuleb valmistootel vältida selleks, et toode säilitaks oma mõõdud, kuju ja ka muud füüsilised omadused pärast tootmist.
- Madalad temperatuurid: Mis on madalaim temperatuur, millega tootel kokkupuuteid võib tulla? See on tuntud, kui külmprao tekke temperatuurina. Antud temperatuure tuleks toote võimaliku riknemise tõttu vältida.
- Välis- või sisekasutus: Kas tootel tuleb silmitsi seista päikesest tuleneva ultraviolettkiirgusega? Milline hakkab toote eluiga olema välis- või sisetingimustes?
- Kas tootel hakkab olema ühendatud mehhaaniliselt või kasutades lahuseid, kinnitatud mehaanilised näiteks poltidega, kruvitud või vahele lisatud, keevitatud, kuumtihendatud, raadiosageduslikult suletud, või akustiliselt keevitatud või kinnitatud?

Plastikust materjali paksus ja kvaliteet on toote lõppkvaliteeti oluliselt määrava tähtsusega. Katuseboksid alluvad kõrgematel kiiruste suurtele jõududele. Õhukesed boksid, mis meenutavad munakoort, hakkavad pärast pikaajalist kasutamist ragisema ning neetkinnitustel võivad lõtkud tekkida ja loksuma hakata. Paksemate plastmaterjalidega seda probleemi pole.

Kui pole teisiti märgitud, valmistatakse katuseboksid üldjuhul UV-kindlast ABS plastikust. Sarnaselt ABS plastikule kasutatakse katusebokside valmistamiseks ka klaasfiibrit. Kuigi klaasfiibri ja ABS-i töödeldavusomadusi hinnatakse ühte klassi (Graafik 1), vajab klaasfibre töötlemiseks kõrgemat temperatuuri.

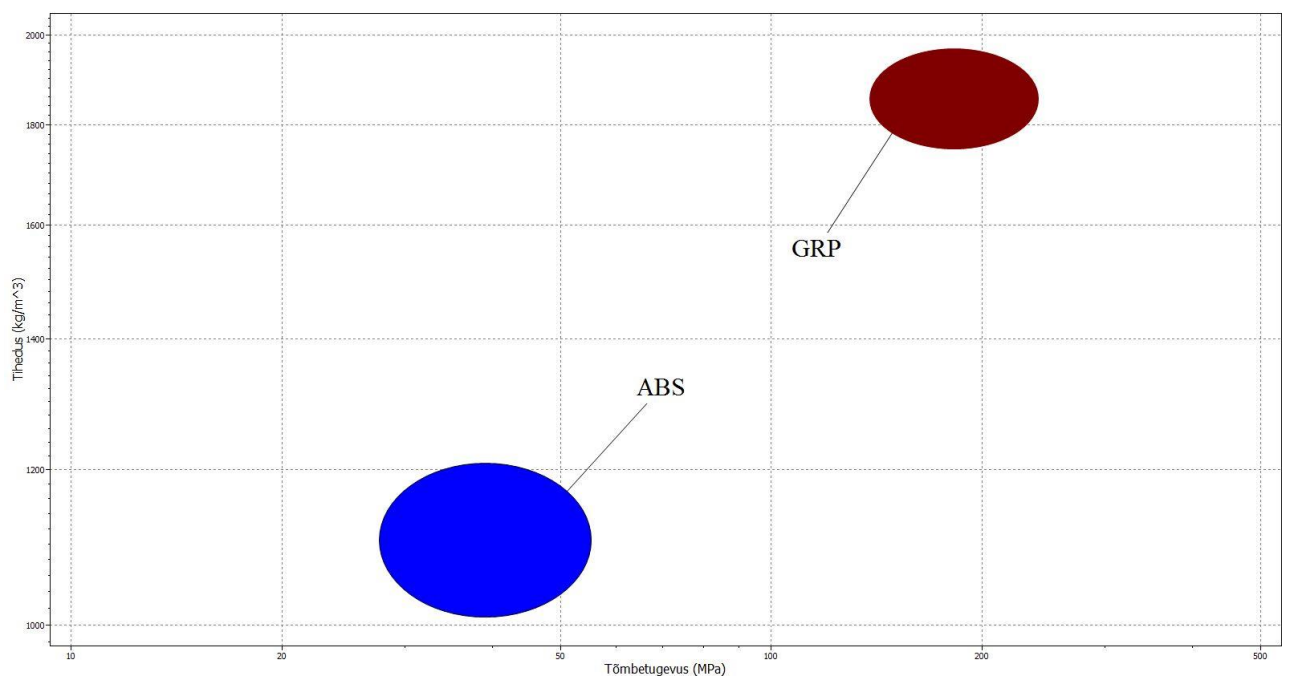


Graafik 1. Materjalide hinna ja vormitavuse suhe [13]



Graafik 2. Materjalide vormitavuse ja töötlemistemperatuuri suhe [13]

Klaasfiibri eritugevus (Graafik 1) on ABS omast kordades suurem ning seda ka kõrgema maksumusega, mistõttu väga vähesed tootjad kasutavad klaasfiibrit



Graafik 3. Materjalide eritugevus [13]

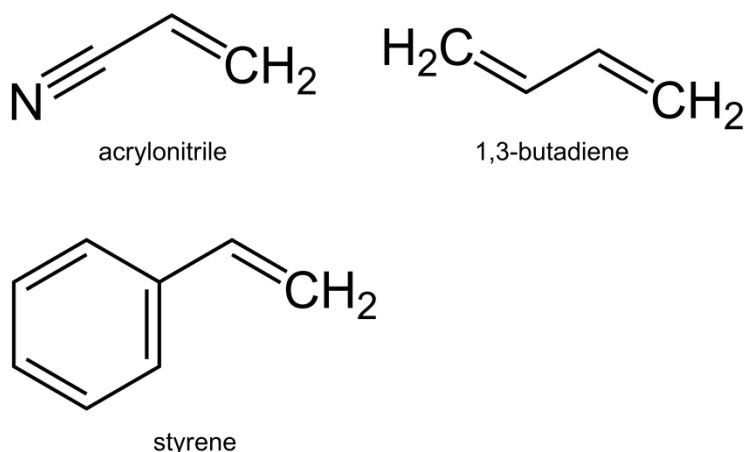
Suurt osa termoplastikuid on võimalik muuta ja parandada teiste plastmaterjalide lisanditega plastiksulamite valmistamisel. Need sulamid on laialt levinud ning ka plastiklehtede ekstrusioonist pooltoodetena kergesti kättesaadavad. Sulameid on arendatud kindlate toodete ja pakendamiste vajaduste järgi, mida turg nõuab. Näiteks võib tuua polüvinüülkloriidi lisamist akrüloniitril-butadieen-stüreeni (ABS), parendades ABS-i süttivuse omadusi. ABS kuulub stüreenide hulka, mistõttu on tegemist isesüttiva materjaliga. Lisades PVC-d, ABS-i vastupidavus süttimisele suureneb, muutes lõpptoodangu isesüttivast materjalist isekustutava plastikuni. Enamus materjale parendatakse ka lisanditega, mis parandavad kindlaid plastiku omadusi. Näiteks lisades kummi modifikaatorit polüstüreeni, et parandada polüstüreeni löögisitkust. Viimane lahendus on väga laialt levinud, kuna töötlemata polüstüreeni enda löögisitkus on teiste plastmaterjalidega võrreldes madal.

4.1.Katuseboksi materjali valik

4.1.1.ABS plastik

ABS plastik on laialdaselt kasutatav termoplastik, millest valmistatakse kõiksugu kergeid ning vastupidavaid survevalutooteid. Näiteks elektroonikaseadmete korpuseid, kiivreid, golfikepi päid, autode keredetaile, legoklotse. Vähem kui 1 mikromeetri suuruste osakestega ABS plasti kasutatakse ka tätoveerimis värvi värvainena seda tema erksa värvi tõttu. [12]

Sele 6. ABS polümeeri saamiseks kasutatakse monomeerid [6]



ABS plastik on kopolümeer, mis saadakse stüreeni ja akrüloniitrili polümeriseerimisel polübutadieeni juuresolekul. Vahekorrad jäävad vahemikku 15-35% akrüloniitrili, 5-30% butadieeni, ja 40-60% stüreeni. Tulemuseks on pikad polübutadieeni molekulid, mis on põimitud lühemate polü(stüreen-akrüloniitrili) molekulidega. Nitrilgrupid tänu oma polaarsusele on

üksteisele ligitõmbavad, ning seovad niimoodi polü(Stüreen-akrülonitriili) molekulid omavahel kokku, muutes ABS tugevamaks, kui puhas polüstüreen. Stüreen annab ABS plastile läikiva pinna. Butadien – kummi taoline lisand lisab materjalile sitkust ja seda ka madalatel temperatuuridel. Üldiselt jääb ABS plasti töötemperatuur vahemikku $-25 - 60\text{ }^{\circ}\text{C}$, kuna tema mehhaanilised omadused sõltuvad ümbritseva keskkonna temperatuurist.

Põhilised eelised, miks ABS plastikut laialdaselt kasutatakse: [5]

- Kõrge löögisitkus
- Hea jäikus
- Suurepärane pinnakvaliteet
- Hea vormipüsivus kõrgemate temperatuuride juures
- Hea keemiline vastupidavus

4.2.Vormi materjali valik

Vormi on võimalik valmistada paljudest erinevatest materjalidest. Kõige levinum on MDF vorm, mis on tihti kõige odavam ja otstarbekohasem. Paremate tulemuste saamiseks kaetakse MDF vorm klaasriidega ja lihvitakse, et vältida kokkukleebitud MDF plaadi kihtide nihkumist temperatuurimuutuste toimet (nihkumine võib valmis tootel kergelt näha jääda). Suuremate partiide valmistamiseks kasutatakse vormi materjalina ka näiteks alumiiniumi või epoksivaiku. Puhumise korral vormi ei vajata, kuid tehakse õhutiheda kasti kaande sobiv ava, ning puhutakse läbi selle soojendatud materjalist paraja kõrgusega "mull".

4.2.1. MDF vorm

MDF (Medium-density fibreboard) vorm ehk keskmise tihedusega puitkiudplaat on puidust toode, mis on valmistatud okas- või lehtpuidust ülejäänud kiududest, tihti defibraatoriga töödeldud, kombineerituna vaha ja vaiguga, vormides kõrge temperatuuri ja rõhuga plaadi. MDF on reeglina suurema tihedusega, kui vineer. See on valmistatud eraldatud kiududest, kuid võib kasutada ka ehitusmaterjalina sarnasena vineerile. MDF on tugevam ja palju tihedam, kui puitlaastplaadid. [7]

Nimi tuleneb puitlaastplaatide või kartongi tiheduse esiletõstmisel. MDF-i suuremamahuline tootmine algas juba kaheksakümnendatel Põhja-Ameerikas ja Euroopas.

4.2.2. Füüsilised omadused

Ajapikku on hakatud kuivmeetodites kasutatavaid kiudplaate MDF materjalina kutsuma. MDF plaadi tihedus on tavaliselt 500 kg/m^3 ja 1000 kg/m^3 vahel. Kergete, standartsete või kõrgema tihedusega kiudplaatide valik tiheduse ja klassifikatsiooni järgi võib eksitav olla ja segadusse ajada. Plaadi valmistamisel on oluline tihedus, mis on piki kiud mõõdetud. Okaspuidust valmistatud MDF paneeli tihedusega $700\text{--}720 \text{ kg/m}^3$ võib teiste okaspuudega võrreldes tihedaks lugeda, lehtpuiduga mitte nii väga. Erinevat tüüpi MDF plaate valmistatakse vastavalt kindlale rakendusele. [7]

4.2.3. MDF-i eelised

- Odav
- Hea töödeldavus (viilitavus, lõigatavus, puuritavus ja mehhaaniline töödeldavus, pinnast kahjustamata)
- Ühtlane struktuur
- Tasane pinnas
- Suure kõvadusega materjal
- Puuduvad oksakohad
- Peenikeste puiduosade tõttu väike pinnakaredus ning on võimalik mustreid pressida
- Värvides sile ja kvaliteetne pinnas
- Kokkuliimitav PVA'ga
- Viimistlemiseks on võimalik vineere ja laminaate kasutada

[5]

4.2.4. MDF-i puudused

- Tööteldes eritub tervisele ohtlikke osiseid
- MDF-is olev liim nüristab lõiketera kiiremini
- Naelte ja kruvidega plaatide kinnitamisel on oht materjali murda
- MDF ei ole välitingimustes tugev ja niiskudes kaotab seda veelgi

[5]

5. MAJANDUSLIK OSA

Selles töösas leitakse ühe prototüübi tootmiseks tehtavad kulutused (Tabel 1 ja Tabel 1 jätk). Arvutatakse toote omahind nii kasutatud plastmaterjalide ja ostukomponentide, kui ka tootmiskulude pealt, mis on ettevõtetelt hinnapäringuna saadud.

Tabel1

Tootmiseks tehtavad kulutused

Jrk. Nr.	Kulu nimetus	Ettevõte	Kogus, tk	Maksumus, €
1	Plastmaterjalid		4	135
1.1	ABS 740, kõrge KC1, UV kindel, läikiv, valge, 1000x2000x5 (mm)	Proplastik OÜ	4	135
2	Vormid		4	2330
2.1	Alus, MDF	Plastpuit OÜ	1	780
2.2	Vahesein, MDF	Plastpuit OÜ	1	450
2.3	Väike kaas, MDF	Plastpuit OÜ	1	450
2.4	Keskmine kaas, MDF	Plastpuit OÜ	1	650
3	Valmistamiskulud			
3.1	Vormimine	Plastpuit OÜ	4	120
3.2	Viimistlus	Plastpuit OÜ	4	40

Tabel 1 jätk

Tootmiseks tehtavad kulutused

Jrk. Nr.	Kulu nimetus	Ettevõte	Kogus, tk	Maksumus, €
4	Ostukomponendid		83	138
4.1	Lukustussüsteem Euro-Locks 4238, riiviga	Lukuexpert	10	46
4.2	Käepide	Ebay	4	17
4.3	BMW E34 amortisatsioon 150 mm käiguga, munakutega	Ebay	2	18
4.4	Needid		56	7
4.4.1	3,2x12, alumiinium	Bauhof	20	2
4.4.2	4,8x12, roostekindel teras	Bauhof	36	5
4.5	U-kinnitused koos tarvikutega, 75mm	Ebay	4	25
4.6	Hinged, Abloy 3248, 50mm	Lukuexpert	3	11
4.7	Koormarihmad, 20x2500 (mm), sõrmlukustusega, aluse kinnitustega	Ebay	4	14
	Kulud kokku		91	2603

Esialgsete kalkulatsioonide järgi tuleks ühe prototüübi omahinnaks 2746 €. Arvestada tuleb ka selle asjaoluga, et ühe MDF vormiga on võimalik 3-5 tsüklit sooritada. Kolmese tsükli hinnaks tuleks juba 1331 € ühe täiskomplektse toote kohta ning 5 tsüklilise tootmismahuga 799 €.

6. KONKURENTSIUURING

Konkurentsiuuringu (Tabel 2) eesmärgiks on välja tuua käesolevale tootele konkurentsi pakkuvaid ettevõtteid ja hinnata nende tuntumaid tooteid, mis võiksid klassifitseeruda sarnasena. Kui arvesse võtta seda, et sarnase lahendusega katusebokse avalikkuses olemas pole, ei saa isegi siis väita, et konkurents puudub.

Tabel 2

Konkurentsiuuring

Jrk. Nr.	Andmed/Ettevõtte	Thule	Mont Blanc	Yakima	Käesolev toode
1.	Brändi tuntus	*****	****	***	-
2.	Turuosa Eestis	****	***	**	-
3.	Boksi välimus	*****	*****	***	**
4.	Boksi avamissuund	Parem/vasak	Parem/vasak	Parem	Parem
5.	Kinnitussüsteem	EasyFit	EaseMount/U	Quick-release	U-kinnitus
6.	Innovatiivsus	*****	***	***	***
7.	Hind	****	***	***	**

Käesolev toode on võimeline ainult innovaatilise vahetatava kaanesüsteemiga mingilgi määral konkurentsi pakkuda. Tootel pole hetkel nime, seega ei saa ka mingit brändi olla, seetõttu pole ka mingitki turuosa võimalik praeguse seisuga saavutada. Kuna katuseboksi on alles prototüüpimisel, siis ei ole esialgu võimalik kulutusi oluliselt kärpida. Vormide parandamisel leitakse õigem disain, misjärel on võimalik vastupidavamate vormide juurde suunduda ja sealt edasi suurema tootmiskoormusega odavama omahinnani.

7. TARBIJAUURING

Antud osas uuriti tarbijate arvamusi ja hinnanguid autode katusebokside teemal ning analüüsi katusebokse kasutanud tarbijate tagasisidet. Arvesse võeti nii küsitlute enda, kui ka nende tuttavate kogemusi.

Tarbijauuring jagunes kolmeks osaks – tarbijate katusebokside taustainfo, rahulolu ja

Taustainfoks uuriti tarbijate poolt kasutatud katusebokside mõõtmeid ja hinnaklassi. Küsiti kasutamise tihedust ning mis eesmärgil ja ligikaudselt kui suurel määral asju boksi mahutati.

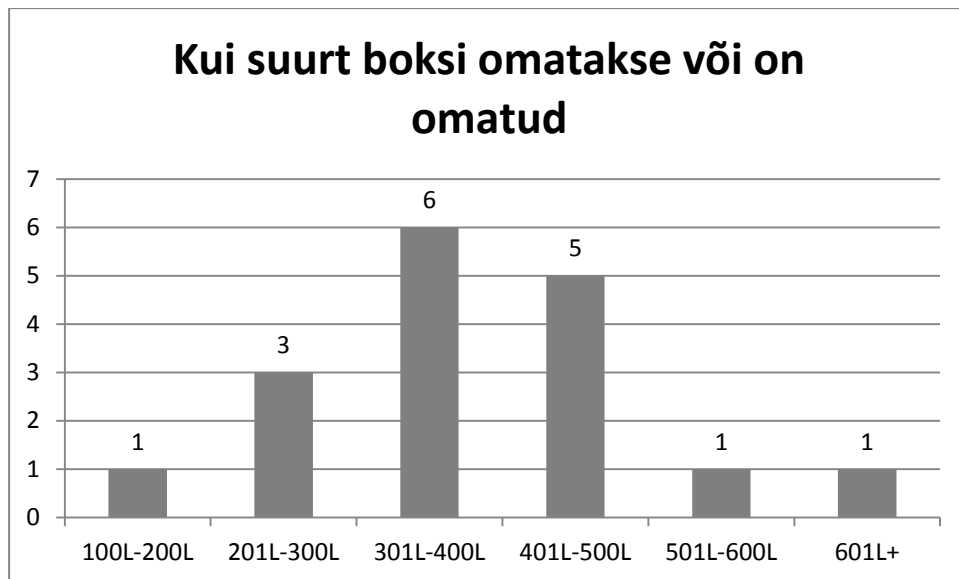
Teises osas paluti küsitlutele boksidega seotud kogemusi hinnata. Hinnati nii katusebokside võimekust, kui ka võimekuse tähtsust ja toote ületuldist rahulolu.

7.1. Taustainfo

Kokku küsitleti 31 inimest, kellest 17 on katuseboksi omanud või vähemalt korra kasutanud. Nendest 17-st küsitlute olid kõik meesterahvad vanuses 21-48.

Lisaks soole ja vanusele, selgus taustainfo kogumisega, et suurem osa küsitlute omavad või on omanud katusebokse mahuga 300 L kuni 500 L. Valikut põhjendati soodsama hinnaga ning sobivat suurust auto suhtes.

Kõige rohkem inimesi kasutasid katusebokse veidi vähem, kui 2-3 korda aastas, samas järgmine hulk kasutab igapäevaselt. Viimase all peeti silmas ühe kasutuskorra pikkust.



Sele 7. Katuseboksi maht

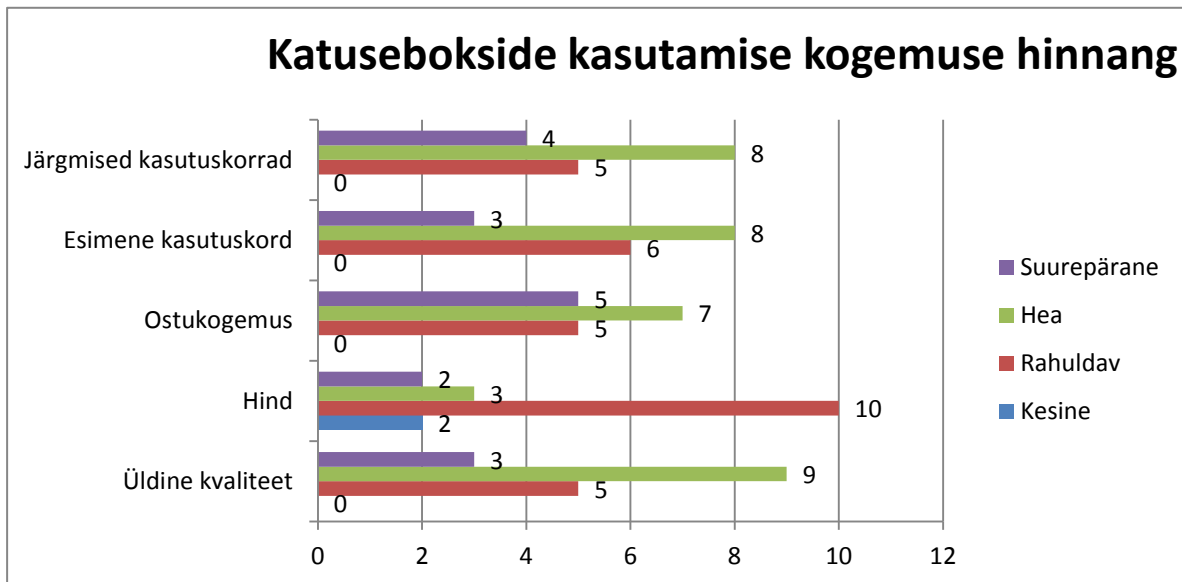


Sele 8. Katuseboksi keskmine kasutuskord

7.2. Toote võimekus ja tarbijate rahulolu

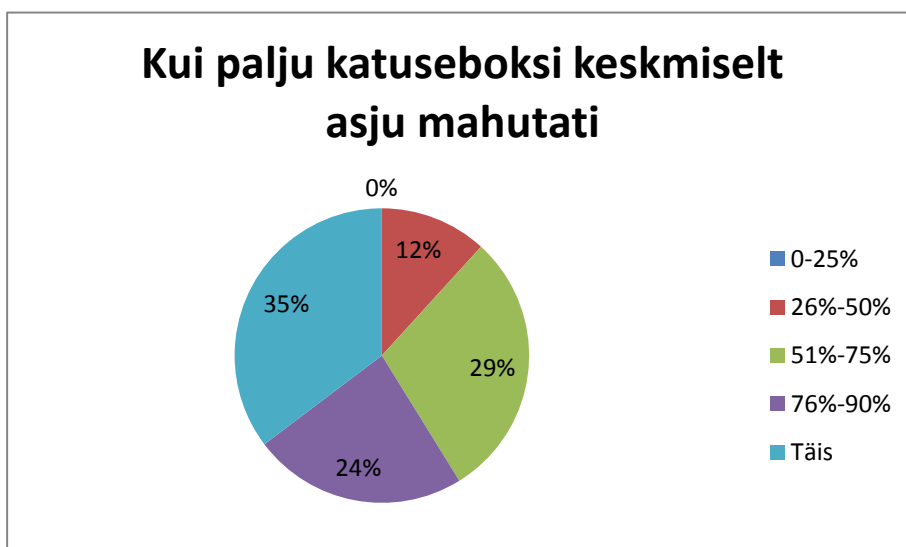
Tarbijatel paluti katuseboksi kasutamise kogemust viie palli süsteemis hinnata. Kriteeriumiteks oli üldine kvaliteet, hind, ostukogemus, esimene ja edasised kasutuskorrad. Üle keskmise arvu inimeste hinnanguteks oli nendes valikutes rahuldav ja hea. Poldud üdini optimistlikud ja ei laidetud maha samuti. Ainult hinnaks pidasid 2 inimest kesiseks just kõrgete summade tõttu.

Kasutamise kogemuste olulisusest peeti tähtsamaks katusebokside üldist kvaliteeti, mis põhjendati pikema toote elueaga. Taskukohasem hind ja kasutuskorrad tulid järgmisena. Ostukogemust niivõrd tähtsaks ei peetud, oluline oli toode ise.



Sele 9. Katusebokside kogemuste hinnang

Selgus, et ainult 35% küsitletutest kasutasid boksi täies mahus. Tühjana ei sõitnud keegi ning ligi kolmandik kasutasid boksi keskmiselt poole mahu ulatuses. Üle poolte inimeste arvasid, et neil on hetki olnud, kus oleks lisaks boksile veel vaba ruumi vaja olnud. Veerand küsitletutest arvasid, et neil on pidevalt ruumi ülearu.



Sele 10. Keskmiselt katuseboksi asjade mahutamine

KOKKUVÕTE

Antud lõputöö eesmärgiks oli projekteerida autode katuseboks ning seeläbi leida lahendus, kuidas oleks kõige lihtsam viis kaanevahetust sooritada. Projekteerides tuli arvesse võtta turul enim müüdavate bokside mõõte. Tuli välja selgitada sobivaim valmistamise tehnoloogia ning analüüsida sobivaid materjale, milledeks olid kokkuvõttes ABS plastik ning tootele kuju andmiseks vaakumvormimine. Eesmärgi saavutamisele aitas lähemale viia isiklikud kogemused katusebokside ja nende konstruktsioonidega.

Projekti raames töötati välja kaanevahetust abistava lukustussüsteemi. Kõrge kvaliteediga lukumehhanismid tagavad nii parkimise ajal boksi paigutatud pagasi ohutuse, kui ka sõidu ajal vaikse ja tiheda detailide omavahelise mehaanilise kinnituse.

Selgitati välja ka vajalikud kulutused, mille abil käesolevat prototüüpi üldse võimalik valmistada oleks. Kulutused olid küll kõrgevõitu, aga arvestades esimesi vormimisi, kus tuleb tõenäosusega pidevaid korrekture teha, on kulutused põhjendatud. Valmis disaini ja alumiiniumvormiga on suurema seeriatootmise korral võimalik omahinda suuresti langetada, tõustes teiste ettevõtetega konkurentsivõimeliseks.

Tehti konkurentsianalüüs, milles selgus, et käesolev toode pakub esialgu paberil konkurentsi vaid innovaativisusega. Ka tarbijauuring leidis, et inimestel on katuseboksidest ruumi nii ülearu olnud, kui ka puudust tundnud, mistõttu on inimestel huvi toote vastu olemas. Vaja vaid hind konkurentsivõimeliseks nihutada.

SUMMARY

The main goal of this final paper was to design car's roof box with changeable lid and therefore find a solution how to ease the lid changing. While designing, measurements of the top article roof boxes had to be taken in consideration. Manufacturing technology had to be selected and also the material choice which the box details were made of, which were in conclusion ABS plastic and shaping process vacuum forming. While achieveing the goal, the personal experience with using the roof boxes and their constructions came in help

During the design, locking mechanism was developed that helped with the lid changing. High quality locking mechanisms assure the security and safety of the baggage during parking, in addition to silence while driving and tightness to prevent fluids getting in.

Also the the necessary expenses were found, whereby the product was even possible to make. Expenses were slightly high, but they are reasonable, because of the probable changes that has to be made during the first forming operations. Large production is already possible with completed design and aluminum forms that will reduce the self costs, letting the product rise in the competition with the other companies.

Competition analyse was made, in which revealed that initially, the product will offer competition only with the innovation. Also the consumer research found that users tend to have excessive free storage left in the box after packing, and also they tend to have lack in the free space, therefore consumers are interested. Only thing that needs to be done is to shift the price into the competetive range.

VIIDATUD ALLIKATE LOETELU

- Raamatud

- [1] F. C. Campbell, Manufacturing processes for advanced composites, Oxford: Elsevier Advanced Technology, 2004, p. 517.
- [2] H.-J. Bullinger, Technology Guide, Berlin: Springer, 2009, p. 547.
- [3] J. A. Brydson, Plastics/Materials, Sixth Edition, Oxford: Butterworth-Heinemann, 1995,
- [4] C. A. Harper, Handbook of plastic processes, Hoboken, Wiley-Interscience, 2006, p. 743
- [5] E. Paul DeGarmo, Materials and Processes in Manufacturing, Eight Edition, New York: Wiley, 1999, p. 1259.

- Veebisait

- [6] „www.wikipedia.org,“ Wikipedia, [Võrgumaterjal]. Available:
http://en.wikipedia.org/wiki/Acrylonitrile_butadiene_styrene. [Kasutatud 1. Mai, 2014]
- [7] „www.wikipedia.org,“ Wikipedia, [Võrgumaterjal]. Available:
http://en.wikipedia.org/wiki/Medium-density_fibreboard. Kasutatud [1. Mai, 2014]
- [8] „www.laserstudio.ee,“ Laserstudio, [Võrgumaterjal]. Available:
<http://www.laserstudio.ee/433.html>

- Veebisaidilt pärinev dokument

- [9] „Thule Excellence,“ 2012. [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 13. Mai, 2014]
http://thulepunkt.eu/wp-content/uploads/2012/09/Katuseboks_Thule_4f5dd8086de10.jpg
- [10] „Thule Dynamic,“ 2012. [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 13. Mai, 2014]
<http://krovnikoferi.net/thule/Thule-dynamic1.jpg>

- [11] „Rhino-Pack Windrider 450,“ 2007. [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 13. Mai, 2014]
http://3.bp.blogspot.com/__CCbuJMzTg8/S5nTjMRHIFI/AAAAAAAAANQ/wZPxkRUnN7o/s400/windrider2.jpg
- [12] „Komposiitmaterjalid termoplastide baasil,“ 2010. [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 2. Mai, 2014] <http://www.tud.ttu.ee/~t094266/2.semester/KMP-0250/KOMPOSIITMATERJALID%20TERMOPLASTIDE%20BAASIL%20%96%20ABS%20PLASTIK.doc>
- Programmid
- [13] CES edupakk 2009

LISAD

1. Kõrgema kaanega katuseboksi koostejoonis
2. Madalama kaanega katuseboksi koostejoonis
3. Aluse alamkoostu joonis
4. Vaheseina alamkoostu joonis
5. Kõrgema kaane alamkoostu joonis
6. Madalama kaane alamkoostu joonis

KÕRGEMA KAANEGA KATUSEBOKSI KOOSTEJOONIS

MADALAMA KAANEGAKATUSEBOKSI KOOSTEJOONIS

ALUSE ALAMKOOSTU JOONIS

VAHESEINA ALAMKOOSTU JOONIS

KÕRGEMA KAANE ALAMKOOSTU JOONIS

MADALAMA KAANE ALAMKOOSTU JOONIS