



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

AJONEUVON SISÄÄNPÄIN KÄÄNTYVÄN OVI- LEHDEN ALAREUNAN TIIVISTYSRAJKAI- SUN KEHITYS

Sami Leppäniemi

Pekka Poutanen

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2019
Ajoneuvotekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Ajoneuvotekniikka

LEPPÄNIEMI SAMI & POUTANEN PEKKA:

Ajoneuvon sisäänpäin kääntyvän ovilehden alareunan tiivistysratkaisun kehitys

Opinnäytetyö 55 sivua, joista liitteitä 2 sivua
Huhtikuu 2019

Tamware Oy:n johtoryhmä oli päättänyt käynnistää tuotekehitysprojektin uuden alatiivistysratkaisun kehittämiseksi sisäänpäin aukeaviin oviin, joita käytetään pääasiassa kaupunkibusseissa. Opinnäytetyössä tutkittiin ovilehden alareunan nykyistä tiivistystä ja ratkottiin siihen liittyviä ongelmia. Suurimpia ongelmia olivat alatiivistyksen aiheuttamat rajoitteet ovien aukeamiseen, vanhanaikainen muotoilu, toiminnallisuuden epävarmuus ja säädön puute. Opinnäytetyö rajattiin koskemaan mekanismin ja tarvittavien kumi- ja alumiiniprofilien suunnittelua. Toimittajien valinnat, kustannuslaskelma ja lujuuslaskenta jätettiin pois opinnäytetyöstä. Ongelmien ratkaisemiseksi luotiin erilaisia konsepteja, jotka arvosteltiin painottamalla tärkeimpiä ominaisuuksia. Parhaasta konseptista kehitettiin prototyyppi toiminnallisuuden testaamiseksi. Suunnittelussa otettiin huomioon alumiiniprofilien suunnitteluperiaatteet, ajoneuvokäytön korroosiolle altistava ympäristö ja soveltuvuus kaikkiin tuleviin ovilehtiin. Lopputuote viimeisteltiin ajoneuvovalmistajan teollisten muotoilijoiden palautteen perusteella. Varsinainen tuotetestaus suoritettiin vasta opinnäytetyön julkaisun jälkeen projektin aikataulusta johtuen.

Kehitystyön tuloksena saatiin ratkaistua tutkimuksessa löydettyjä ongelmia ja suunniteltua tuotantokelpoinen tuote, joka korvaa aiemman ratkaisun kaikissa tulevaisuudessa sisäänpäin aukeavissa ovissa. Patenttitutkimuksessa selvisi, että tiivisteen säätöön keksitty toiminto olisi voinut olla patentoitavissa. Pienellä jatkojalostuksella ratkaisu olisi voinut tuoda tarpeeksi uutuusarvoa, joka olisi mahdollistanut patentin hakemista. Tarkoituksena ei kuitenkaan ollut suunnitella patentoitavaa tuotetta, joten jatkokehitystä ei tehty. Pikamallinnetun prototyypin testauksella saatiin varmistettua osien yhteensopivuus ja mekanismin toiminnallisuus. Asiakasyrityksen suunnittelijoiden ja komponenttivalmistajien asiantuntijoiden kanssa käytyjen keskustelujen perusteella saatiin kehitettyä lopputulos, joka vastaa toiminnallisuudeltaan vaatimuksia ja on muotoilultaan nykyaikainen.

Vertailemalla vanhaa ja uutta tiivistysratkaisua tultiin siihen johtopäätökseen, että kehitetty ratkaisu vastaa paremmin nykypäivän ajoneuvovalmistajien ja joukkoliikenteen tiukentuneita vaatimuksia sekä standardeja. Huolellisesti laaditulla laskennallisella suunnittelulla voitaisiin saada komponenttien rakenteista kevyempiä ja pienennettyä valmistuskustannuksia. Komponenteissa hyödynnettiin pääosin aiemmin hyväksi todettuja materiaaleja ja toimittajia, mutta tarkemmalla materiaalien analysoinnilla ja toimittajien tutkimisella olisi voitu laskea kustannuksia. Opinnäytetyön aikana tehdyt laskelmat ja valmistuspiirustukset luovutetaan ainoastaan Tamware Oy:n käyttöön. Suunnitellun tuotteen sarjatuotanto on tarkoitus käynnistää vuoden 2019 aikana.

Asiasanat: tiivistys, ovilehti, ajoneuvo, tuotekehitys

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Vehicle Engineering

LEPPÄNIEMI SAMI & POUTANEN PEKKA:

Development of a Sealing Solution for the Bottom Edge of the Vehicle's Inswinging Door Leaf

Bachelor's thesis 55 pages, appendices 2 pages
April 2019

Tamware's management team had decided to start a product development project to develop a new sealing solution for the bottom edge of inswinging doors, which are mainly used in city busses. The thesis examined the current sealing at the bottom of the door leaf and solved the problems associated with it. The biggest problems were limitations on door aperture due to sealing design, old-fashioned design, uncertain functionality and lack of adjustability. The thesis was limited to design of the mechanism, rubber profiles and aluminum profiles. Supplier choices, cost calculations and strength calculations were left out from the thesis. To solve the problems, different concepts were created and evaluated based on the properties. The best concept was developed to a prototype for testing its functionality. The design took into account the design principles of aluminum profiles, the environment that is susceptible to corrosion and the suitability for any future door leaf. The product was finalized based on the feedback from the vehicle manufacturer's industrial designers. The actual product testing was carried out after publication of the thesis due to the project's schedule.

As a result of the development work, the problems found in the research were resolved. The developed solution for the sealing is suitable for serial production and it replaces the old sealing solution in all future inswinging doors. The patent investigation revealed that the function invented for seal adjustment could have been patentable. With a little further development, the solution could have brought enough novelty value that would have made it possible to apply for a patent. However, the intention was not to design a patentable product, so no further development was made. Compatibility of the components was tested with a 3D-printed prototype. Discussions with the client company engineers and component manufacturer experts resulted a product, which corresponds requirements and has a modern design.

Comparing the old and the new sealing solution, conclusion was that the developed solution is more in line with the stricter demands and standards of today's vehicle manufacturers and public transport industry. Computational design could be used to obtain lighter structure and reducing manufacturing costs for components. Sealing solution mainly uses materials and suppliers that were previously proven good, but more accurate material analysis and supplier research could have also reduced costs. The calculations and manufacturing drawings made during the thesis will be handed over to Tamware Oy only. The production of the new sealing solution is expected to be launched in 2019.

Key words: sealing, door leaf, vehicle, development

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	OY TAMWARE AB	7
	2.1 Toimiala ja historia	7
	2.2 Tuotteet	7
3	TUOTEKEHITYSPROSESSI.....	9
4	KÄYNNISTÄMINEN	12
	4.1 Tausta	12
	4.2 Nykyisen ratkaisun tutkiminen	12
	4.3 Tehtävän rajaus	15
	4.4 Vaatimusten määrittely	16
5	LUONNOSTELU	18
	5.1 Ideointi	18
	5.1.1 Konsepti 1	18
	5.1.2 Konsepti 2	19
	5.1.3 Konsepti 3	20
	5.1.4 Konsepti 4	21
	5.1.5 Vaihtoehtojen arvostelu.....	22
	5.2 Konseptin jalostus	23
	5.2.1 Prototyypin valmistaminen	28
	5.2.2 Prototyypin testaus	30
	5.3 Kilpailijakartoitus.....	33
6	KEHITTELY	37
	6.1 Vaatimuksien tarkentaminen.....	37
	6.2 Muutokset.....	38
7	SUUNNITTELU JA VIIMEISTELY.....	41
	7.1 Liukupala	41
	7.2 Alumiiniprofiilit	42
	7.2.1 Alaprofiili.....	42
	7.2.2 Tiivisteprofiili.....	44
	7.3 Kumitiiviste.....	45
	7.4 Mekanismi.....	46
8	LOPPUTULOS.....	48
	8.1 Vertailu.....	48
	8.2 Parannusehdotukset.....	49
9	POHDINTA.....	50
	LÄHTEET.....	52

LIITTEET.....	54
Liite 1. Testaussuunnitelma.....	54
Liite 2. Alumiiniprofiilin valmistustekniikka.....	55

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehtiin Tamware Oy:lle, joka on Tampereella toimiva julkisten kulkuvälineiden ovijärjestelmien valmistaja. Kesällä 2018 käynnistynyt projekti synnytti tarpeen tuotekehitykselle. Tuotekehitystä vaativa suunnittelutyö oli hyvä opinnäytetyökohde ja projekti oli tarpeeksi laaja kahdelle opiskelijalle, joten sitä lähdettiin toteuttamaan pari-työskentelynä.

Tavoitteena oli kehittää yritykselle tuote, joka korvaa nykyisen alareunan tiivistysratkaisun sisäänpäin kääntyvissä ovissa. Tällaisia ovia käytetään pääasiassa joukkoliikenteessä ja erityisesti kaupunkibusseissa. Ovityypissä on usein ongelmana oven alareunaa ohjaava vipu, joka vaikeuttaa alareunan tiivistämistä. Useilla ovivalmistajilla on ollut ongelmia sisään kääntyvien ovien tiivistyksen kanssa, minkä johdosta on kehitetty paljon erilaisia tuotteita ja patenteja.

Tiivistysratkaisun suunnittelu aloitettiin tutkimalla nykyistä ratkaisua. Tutkimuksessa tehdyt havainnot raportoitiin, ja niiden pohjalta lähdettiin tekemään tuotekehitystä. Tarkoituksena oli vastata julkisen liikenteen alan tiukentuneisiin vaatimuksiin, ajoneuvovalmistajan antamiin spesifikaatioihin ja yrityksen omiin intresseihin.

Alatiivistysratkaisun kehitys mukailee tuotekehitysprosessin vaiheita. Projekti aloitettiin esitutkimuksella, jonka jälkeen keksittiin ideoita ongelmien ratkaisuihin sekä vaatimusten täyttämiseksi. Ideat arvosteltiin ja valittua konseptia jalostettiin, jonka jälkeen siitä valmistettiin prototyyppi. Testausten jälkeen tuote viimeisteltiin tuotantokelpoiseksi.

2 OY TAMWARE AB

2.1 Toimiala ja historia

Oy Tamware Ab on tamperelainen vuonna 1975 perustettu teknologiateollisuuden pk-yritys, joka valmistaa julkisten kulkuneuvojen ovijärjestelmiä. Yrityksen toimisto ja tuotantotilat sijaitsevat Kaukajärvellä Tamwaren omistamassa Tampark -yrityspuistossa. Vuonna 2017 Tamware työllisti 52 henkilöä ja sen liikevaihto oli 10.6 m€ (Asiakastieto 2019).

Yrityksen oviliiketoiminnan päämarkkina-alue on Eurooppa, mutta loppuasiakkaita löytyy ympäri maailmaa muun muassa Etelä-Amerikasta ja Intiasta. Ovijärjestelmiä käytetään pääasiassa linja-autoissa sekä kevyessä raideliikenteessä. Valtaosa bussipuolen toiminnasta keskittyy kaupunkiliikenteessä olevien paikallisbussien oviin. Suurimpia asiakkaita ovat muun muassa ajoneuvovalmistajat Scania ja Volvo. Raide- ja bussipuolen suurimpana erona voidaan pitää raideliikenteen tiukempia vaatimuksia. Raideliikenteen asiakkaat ovat pääasiassa metro- tai raitiovaunuvalmistajia. Tunnettuja asiakkaita ovat muun muassa Stadler ja PKTS.

2.2 Tuotteet

Yrityksen tuotteita ovat julkisten kulkuneuvojen ovijärjestelmät ja niiden huolto- sekä varaosapalvelut. Tavallisesti ovijärjestelmään kuuluvat ovilehtien, käyttötankojen, oviaukon varusteiden ja mekanismin moduulit. Mekanismin moduuli sisältää sähköisen tai pneumaattisen oviohjauksen. Osat suunnitellaan vastaamaan linja-auto- ja kevyen raideliikenteen turvallisuusnormeja ja asiakkaan määrittämiä kriteerejä. Ovijärjestelmät jaetaan niiden toimintaperiaatteen perusteella kolmeen eri tuoteperheeseen: liukuoviin, ulospäin kääntyviin ja sisäänpäin kääntyviin. Kaikki ovityypit voidaan toteuttaa yksi- tai kaksilehtisenä versiona. Liukuovia lukuun ottamatta ovijärjestelmät voivat olla paineilmatai sähkökäyttöisiä. Tällä hetkellä Tamware keskittyy pääasiassa sähköisten ovijärjestelmien kehittämiseen.

Opinnäytetyössä käsiteltävät sisäänpäin aukeavat ovet kuuluvat Polar-mallistoon. Polar-ovia käytetään eniten kaupunkibusseissa, koska ne soveltuvat hyvin ahtaisiin olosuhteisiin sekä niiden toiminta on nopeaa. Polareissa mekanismi voidaan sijoittaa oviaukon yläpuolelle. Ovijärjestelmä on kuvattu kuvassa 1 kulkuneuvosta sisältäpäin.



KUVA 1. Polar-ovijärjestelmä (Tamware 2019)

Sähkötoimisessa mekanismissa on sähkömoottori, joka kulmavaihteen avulla välittää voiman käyttötangoille. Pneumaattisissa järjestelmissä voiman välittämiseen käytetään lineaarisylintereitä. Ovi-lehden ylä- ja alapuolelle kiinnitetyt käyttövivut mahdollistavat ovi-lehden pyörittämisen ajoneuvon sisälle aukeamisliikkeen aikana.

Jokaisen uuden ovijärjestelmän suunnittelun aikana tuotekehitystä tapahtuu jollain tasolla. Suurimmat tuotekehityshankkeet perustuvat pääasiassa standardien asettamiin uudistuneisiin vaatimuksiin ja asiakkaan määrittämiin kriteereihin. Yrityksen kilpailukykyä parantavat sen pieni koko pääkilpailijoihin nähden ja joustavuus erilaisissa uusissa projekteissa sekä kehityshankkeissa.

3 TUOTEKEHITYSPROSESSI

Yksi keskeisimmistä liiketoiminnan menestykseen vaikuttavista tekijöistä on tuotekehitystoiminnan onnistuminen. Yrityksen on jatkuvasti huolehdittava tuotekehityksestä, sillä tuotteilla on yleensä rajallinen elinkaari. Toimenpiteet kohdistetaan usein jo markkinoilla olevaan tuotteeseen, johon tehdään parannuksia tai uudistuksia. (Alajoutsijärvi ym. 2004, 246–250.)

Kuviossa 1 havainnollistetun tuotekehitysprosessin lähtökohtana on jokin tarve. Tarve synnyttää ideoita uusiksi tuotteiksi ja tuoteparannuksiksi. Ideoita tarkastellaan ja punnitaan esitutkimuksessa, jolloin tulevan tuotteen konsepti selvitetään ja määritellään. (Välimaa, Kankkunen, Lagerroos & Lehtinen 1994, 25.) Näitä vaiheita voidaan kutsua myös tuotekehitysprosessin käynnistämisvaiheeksi.



KUVIO 1. Tuotekehitysprosessi (Välimaa ym. 1994, 25)

Esitutkimuksen tavoitteena on tuotekonseptin selvittäminen, spesifointi ja riskien kartoitus, tuotantomahdollisuuksien selvitys, liiketoimintaedellytysten kartoittaminen sekä uutuustutkimuksen suorittaminen (Välimaa ym. 1994, 28). Tuotteen spesifointi, eli vaatimusten määrittely, on tärkeä osa esitutkimusta. Tuotteen vaatimukset antavat tarkan ja mitattavissa olevan kuvauksen tuotteen odotettavasta suorituskyvystä perustuen laadulliseen kuvaukseen kuluttajan tai asiakkaan näkökulmasta. (Frag 2008, 3.) Käynnistämisvaihe päättyy kehityspäätökseen. Kehityspäätöksen tehneistä henkilöistä usein vain osa osallistuu varsinaiseen tuotekehitystyöhön ja toisinaan kaikki henkilöt vaihtuvat. (Jokinen 2001, 14.)

Joissain tapauksissa on syytä tehdä myös patenttitutkimusta jo ennen luonnosteluvaiheen käynnistämistä. Patenttitutkimuksen eli uutuustutkimuksen tekeminen itse voi olla joissakin tapauksissa todella haastavaa. Patenttien tutkinta on tehty mahdolliseksi kaikille henkilöille avoimessa Espacenet -patenttipalvelussa. Palvelua käytettäessä on kuitenkin

oltava kriittinen saataville hakutuloksille – tai niiden puuttumiselle. Yleensä patentit pyritään piilottamaan mahdollisimman huolellisesti. Patentinhakijana ei usein ole yritys, eikä sen nimeä välttämättä mainita julkaisussa, vaan hakijana on usein yksityinen henkilö tai henkilöitä. Patentin kuvauksessa pyritään kiertämään kaikki alan termit ja käyttämään vaihtoehtoisia sanoja, jotta hakusanoilla etsiminen olisi mahdollisimman vaikeaa ja työstä kilpailijoille. (Argillander 2018, 18.)

Luonnosteluvaiheessa etsitään vaihtoehtoisia ratkaisuja kehitettävälle tuotteelle. Tässä vaiheessa tarkoitus on tehdä käsivaraisesti piirrettyjä luonnoksia, eikä niinkään yksityiskohtaisia piirustuksia. Luonnosteluvaiheen onnistumiseksi tulisi käyttää luovaan insinöörintekemiseen soveltuvia ideointimenetelmiä. (Jokinen 2001, 21.) Systemaattisella arvioinnilla voidaan arvioida erilaisia syntyneitä ideoita ja konsepteja tehokkaasti pisteyttämällä eri tuotteen osa-alueita ja toimintoja. Erilaisten painoarvotaulukkojen käyttö on yleistä ja suositeltavaa monissa tuotekehityshankkeissa. Menetelmällä varmistetaan, että jatkokehitykseen valitaan paras tai parhaat konseptit. Arvosteltavat ominaisuudet riippuvat kehityksen kohteena olevasta tuotteesta. Arvosteltavia ominaisuuksia voivat olla esimerkiksi

- asiakkaan tarpeet
- fyysiset ominaisuudet
- odotettu elinikä ja huollon tarve
- energiankulutus
- ylläpito- ja käyttökustannukset
- saatavuus
- ympäristöystävällisyys
- tuotantomäärä
- toimitusaika.

Ominaisuuksille annetaan painoarvot, jotka määritetään tärkeyden perusteella. Sen jälkeen konseptit arvostellaan sanallisesti, pisteyttämällä tai sekä että. Lopuksi pisteet kerrotaan ominaisuutta vastaavalla painoarvolla ja tulot lasketaan yhteen, jolloin saadaan painotettu kokonaisarvosana. (Farag 2008, 4.) Paras tai parhaiksi valitut konseptit voidaan testata prototyypillä, jonka valmistaminen on tärkeä osa luonnosteluvaihetta. (Välilä ym. 1994, 26) Esimerkiksi 3D -tulostettujen prototyyppien avulla tietokoneella suunnitellut tuotteet saadaan tuotua konkreettisempaan ja helpommin hahmoteltavaan muotoon, mikä auttaa tuotetestauksessa ja palautteen keräämisessä. Prototyypin testauksessa

jokin toiminto voi paljastua ongelmaksi, vaikka se vaikuttaisi toimivalta tietokoneella. (3D Formtech 2018.) Luonnosteluvaihe päättyy parhaaksi todetun luonnoksen valintaan, jonka suunnittelua viedään pidemmälle (Jokinen 2001, 89).

Suunnittelu- tai kehittelyvaiheessa tuotteen yksityiskohdat ja tekniset toiminnot tarkentuvat. Vielä tässäkin vaiheessa saattaa tulla ilmi seikkoja, joita ei osattu kehityspäätöstä tehtäessä ottaa huomioon. (Jokinen 2001, 89.) Tässä vaiheessa tuote kehitetään valmistettavaan muotoon, päätetään valmistusmenetelmät ja –materiaalit sekä suunnitellaan mahdolliset valmistustyökalut. Tuotantokelpoisuus, työvaihekustannukset ja tuotantokustannukset tarkistetaan. (Välimaa ym. 1994, 30.) Suunnittelun tulos arvostellaan teknisten ja taloudellisten kriteerien mukaan. Kehittelyvaihe päättyy kehitetyn konstruktion hyväksyntään. (Jokinen 2001, 90.)

Viimeistelyksi kutsutaan työvaihetta, missä viimeisetkin yksityiskohdat hiotaan valmiiksi ja kehitelty konstruktio dokumentoidaan. Tuotteesta tehdään työpiirustukset sekä asennus- ja käyttöohjeet, jotka tarvitaan tuotteen valmistamiseen ja käyttämiseen. (Jokinen 2001, 96.) Tuotteen kokoonpano sekä jokaisen komponentin geometria, toleranssit, pinnanlaadut, materiaalit ja tuotantoprosessi määritellään tarkasti. Esimerkiksi tuotteen komponenttien valmistuksessa käytettävien työvälineiden kustannukset määräytyvät keskeisesti tässä vaiheessa. (Alajoutsijärvi ym. 2004, 256.) Viimeistelyvaiheessa ratkaistavaksi tulee, miten osat valmistetaan, ottaen huomioon markkinoilta saatavat tai omassa tuotannossa olevat standardiosat, käytettävissä olevat raaka-aineet ja työkonet. Usein sarjavalmistukseen tulevista tuotteista suunnitellaan nollasarja. Nollasarjan tarkoituksena on ennen kaikkea tutkia ja testata valmistusmenetelmiä, joilla tuote on tarkoitus sarjavalmistuksessa tehdä. Nollasarjan valmistus antaa myös tietoa valmistuskustannuksista ja tuotteen teknisistä toiminnoista. Nollasarjan suuruus vaihtelee tuotteen yksikköhinnan mukaan muutamasta kappaleesta muutamaankymmeneen kappaleeseen. (Jokinen 2001, 98-99.)

4 KÄYNNISTÄMINEN

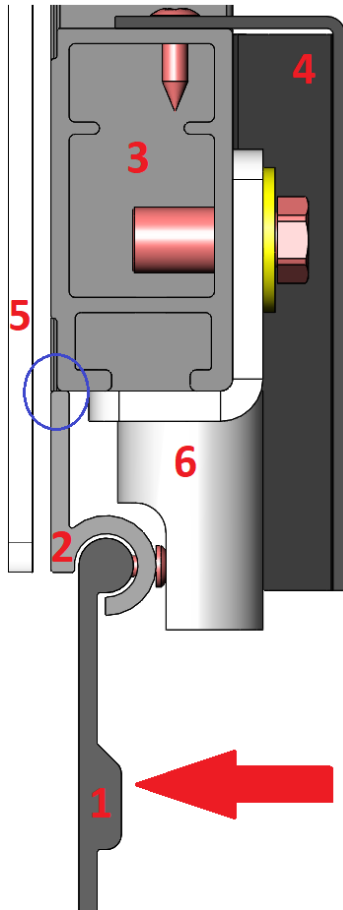
4.1 Tausta

Yrityksen johtoryhmä oli päättänyt kesällä 2018 käynnistää tuotekehitysprojektin uuden alatiivistysratkaisun kehittämiseksi sisään kääntyviä ovia varten. Alatiivistyksen tuotekehityksessä sovellettiin tuotekehitysopin kirjoissa esiteltyjä tuotekehitysprosessikaavioita. Projektinhallinta, kuten aikataulut, riskienkartoitus ja liiketoiminnan näkökulmat, oli työnantajan vastuulla.

Tarve alatiivistyksen tuotekehittämiselle syntyi asiakkaan vaatimuksesta, joka edellytti vapaa-aukon kasvattamista ja olemassa oleva alatiivistysratkaisu rajoitti ovien avautumista. Nykyistä alatiivistysratkaisua on käytetty vuosia eikä sille ole tapahtunut kehitystä, vaikka tuotteessa on ollut kehitystarve myös yrityksen kannalta. Sisään kääntyvän oven alareunan tiivistäminen on haasteellista oven liikettä ohjaavan alavivun takia. Ovillehti kääntyy käytön aikana päinvastaiseen suuntaan alavipuun nähden, joten tiivisteeseen täytyy väistyä alavivun tieltä.

4.2 Nykyisen ratkaisun tutkiminen

Nykyiseen ratkaisuun tutustuttiin aluksi 3D-malleja tutkimalla (kuva 2). Poikkileikkauksuvassa on havainnollistettu nuolella ovea liikuttavan käyttötangon alavivun liikesuuntaa. Alavipu on laakeroitu käyttötangon korvakkeeseen (6), mikä mahdollistaa oven pyörittämisen auki-asentoon. Oven auetessa alavipu törmää kääntyvän kumitiivisteeseen (1) paksumpaan kohtaan, joka on kumilaadultaan hieman kovempaa ja kestää paremmin kulutusta. Kumitiiviste on kiinnitetty alumiiniseen tiivistelistaan (2), jonka muoto sallii tiivisteeseen kääntymisen. Kumitiiviste lepää alavivun päällä, kun ovi on auki-asennossa ja palautuu, kun alavipu kääntyy pois alta oven sulkeutuessa. Tiiviste lukitaan päädyistä asentamalla jousisokka tiivistelistaan. Tiivistelista hitsataan alaprofiiliin (3) sinisellä ympyröidystä kohdasta. Ulkopuolen hitsisauma tulee olla tasalla alaprofiilin kanssa, koska ulkolasi (5) liimataan sen päälle. Oven alaprofiiliin kiinnitetään muovisuojuus (4), jolla peitetään alatiivistys ja käyttötangon kiinnityskorvake.



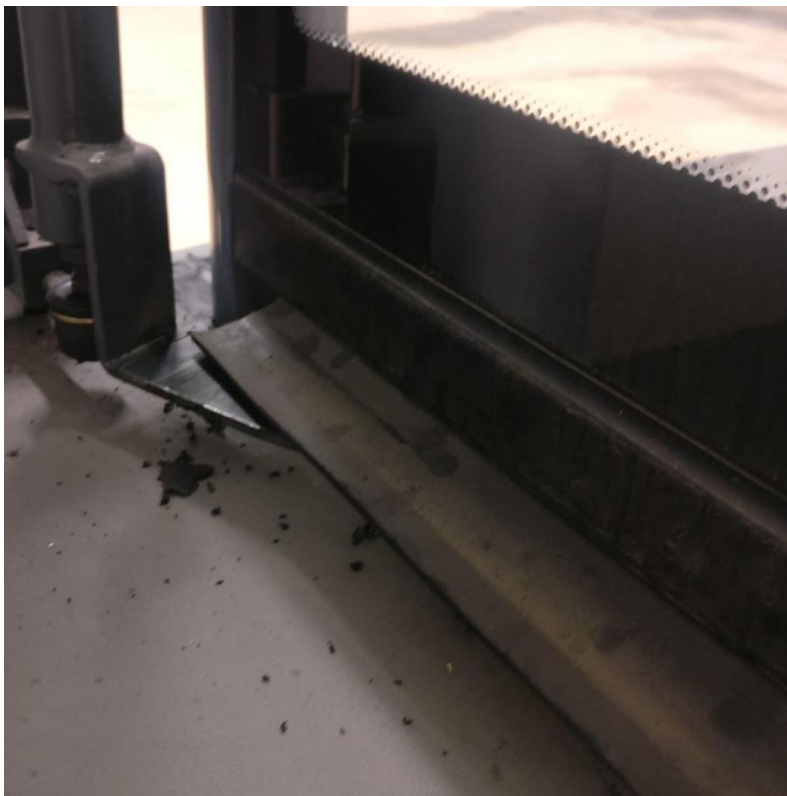
KUVA 2. Vanhan alatiivistyksen poikkileikkaus

Parempi käsitys tiivisteiden toiminnasta saatiin tarkastelemalla prototyypitestauksessa olevaa Polar-ovea, jota on syklitettävä jo pidemmän aikaa (kuva 3). Kuvan vasemmassa laidassa näkyvään käyttötangon pystyputkeen on hitsattu alavipu, joka nostaa tiivisteiden vivun päälle avautumisliikkeen aikana. Alavivun muoto ja käyttötangon korvakkeen malli vaihtelevat usein projekteittain, kuten kuvia 2 ja 3 vertailemalla huomataan. Komponentit riippuvat oven koosta ja liikeradasta, jotka määrittyvät asiakastarpeiden mukaan.



KUVA 3. Alatiivistyksen komponentit kuvattuna sisältä päin (Poutanen 2019)

Auki-asentoon liikkussa ovi kääntyy noin 90 astetta siten, että oven ulkopinta kääntyy oviaukon reunaa kohti. Kuvassa 4 nähdään, että auki-asennossa tiiviste ylittää lasin pinnan huomattavasti. Tiivisteeseen oli syntynyt selvää kulumista, vaikka ovi on käytössä testiolosuhteissa ja siten suojassa lialta sekä sääolosuhteilta.



KUVA 4. Sisäänpäin kääntyvä ovi avattuna (Poutanen 2019)

Kauppilan (2018) mukaan alatiivistyksestä on tullut reklamaatioita. Reklamaatioissa on kerrottu tiivisteiden jumittumisesta auki-asentoon, kumin murtumisista tai jopa irtoamisista.

Tutkimuksessa havaittiin, että tiivistyksessä on ainakin seuraavia ongelmia:

- Alavivun terävä reuna repii tiivisteestä palasia.
- Tiiviste hioo maalin pois alavivusta.
- Tiiviste tekee lattiaan värjäämiä.
- Tiiviste jumittuu auki-asentoon.
- Rakenteen muotoilu ei ole yhtenäinen ovilehden pinnan kanssa.

Lisäksi varaosien myyntitilastoista huomattiin, että tiivisteitä myydään paljon varaosiksi. Tilasto osoittaa käyttöiän olevan lyhyempi kuin muilla ovien tiivisteillä.

4.3 Tehtävän rajaus

Tehtävän antoi suunnitteluosaston johtaja. Tehtävänannon yhteydessä käytiin läpi tuotekehityksen olennaisia vaatimuksia sekä rajattiin suunnittelutyön laajuutta. Ohjeistuksena oli aloittaa ideoimalla ja kehittää muutama konsepti, jotka arvosteltaisiin. Työn aloittamisen yhteydessä ei määritelty tuotekehitysprosessin kulkua tarkasti, vaan työn tekemiseen annettiin vapaat kädet. Projektille ei tässä vaiheessa annettu tarkempaa aikataulua, kuin tieto tuotannon käynnistämisestä kesällä 2019.

Työn ulkopuolelle jätettiin lujuslaskenta käyttämällä rakenteellista lujutta vaativissa osissa samoja materiaaleja ja ainevahvuuksia kuin vanhoissa osissa. Merkittävin lujutta vaativa osa työssä olisi ovirungon alaprofiili, johon tiivistys kiinnitetään. Ovirungolle on aiemmin tehty lujuslaskelmat, joten uudet alumiiniprofiilit suunnitellaan niiden pohjalta. Myöskään kustannuslaskelmaa ei lähdetäisi tekemään alkuvaiheessa. Toimittajina pyritäisiin käyttämään lähtökohtaisesti vanhoja komponentti- ja raaka-ainetoimittajia. Komponenttien materiaalien valinnassa käytettäisiin hyväksi yrityksen osto-osaston asiantuntemusta sekä toimittajien suosituksia, ellei sopivaa osaa löydy valmiiksi yrityksen omasta valikoimasta. Kiinnitystarvikkeiden materiaali- ja pintakäsittelyvalinnoissa käytettiin yrityksen omaa ohjeistusta, eikä niitä eritellä tässä työssä.

4.4 Vaatimusten määrittely

Tehtävän rajauksen yhteydessä alatiivistyksen kehitykselle määritettiin vaatimukset ja ne priorisoitiin tärkeyden mukaan. Alatiivistyksen tuotekehitysprosessin käynnisti asiakkaan asettama vaatimus oven vapaa-aukon kasvattamisesta. Nykyisen tiivistysratkaisun ongelmana oli se, että auki-asennossa tiiviste ylitti ovilehden ulkopinnan liian paljon. Tästä johtuen tiivisteet törmäsivät oviaukon reunoihin ja estivät ovien aukeamisen haluttuun asentoon. Vapaa-aukon kasvattamiselle määriteltiin korkein prioriteetti vaatimusten määrittelyssä. Lisäksi asiakas vaati tiivisteeseen säätöominaisuutta, jolla tiiviste saadaan asettumaan kynnystä vasten saumattomasti. Tiivistykselle asetettuja vaatimuksia kerättiin taulukkoon 1.

TAULUKKO 1. Vaatimukset ja niiden prioriteetit

Vaatus	Prioriteetti
Vapaa-aukon kasvatus	Tärkeä
Tiivistysominaisuuksien säilyttäminen	Normaali
Oven säädettävyys	Suuri
Tiivisteiden korkeuden säätö	Normaali
Yhteensopivuus kaikissa sisäänpäin aukeavissa ovissa	Suuri
Käyttöä pidentäminen	Normaali
Huoltovapaa	Normaali
Koko ei saa kasvaa merkittävästi	Normaali
Ulkonäkö	Pieni
Hinta	Normaali
Liimaura lasin kiinnitykseen	Pieni
Terävien reunojen pyöristykset	Pieni

Alkuvaiheessa säädettävyys ja yhteensopivuus nähtiin tärkeysjärjestyksessä toiseksi tärkeimpänä. Muille vaatimuksille, kuten ulkonäölle ja hinnalle, määriteltiin matalampi prioriteetti, jotta ei rajoitettaisi liikaa konseptoinnissa syntyneitä ideoita.

Vaikka tuotetta ei tyypillisesti käytetä raideliikenteessä, tuote suunnitellaan yhdenmukaiseksi raideliikenteen standardien mukaisesti. Yhdenmukaisuuden myötä voidaan suunnitella jatkossa kaikki profiilit siten, että ne ovat käytettävissä myös raideliikenteen valmistettavissa ovissa. Raideliikenteen standardi DIN 6701 asettaa ovilehden liimaukselle ja konstruktiolle vaatimuksia (DIN 6701 2004). Ovilehden lasin liimaus suunnitellaan siten, että se täyttää konstruktiolle asetetut vaatimukset.

Koska alatiivistysratkaisusta haluttiin yhteensopiva muihin yrityksen projekteihin, alatiivistyksen täytyi vastata säädöksen UNECE/26 asettamiin vaatimuksiin. Säädos määrittää, että halkaisijaltaan 100 mm oleva pallo ei saa koskettaa ajoneuvon korin muotoja, jotka ovat säteeltään pienempiä kuin 2,5 mm. Tämän tulee toteutua ajoneuvon kaikissa kovissa ulkopinnoissa kahden metrin korkeudella. Vaatimuksen tavoitteena on estää haavojen ja muiden ruhjeiden syntyminen esimerkiksi jalankulkijaan törmätessä. (UNECE 1972/26.)

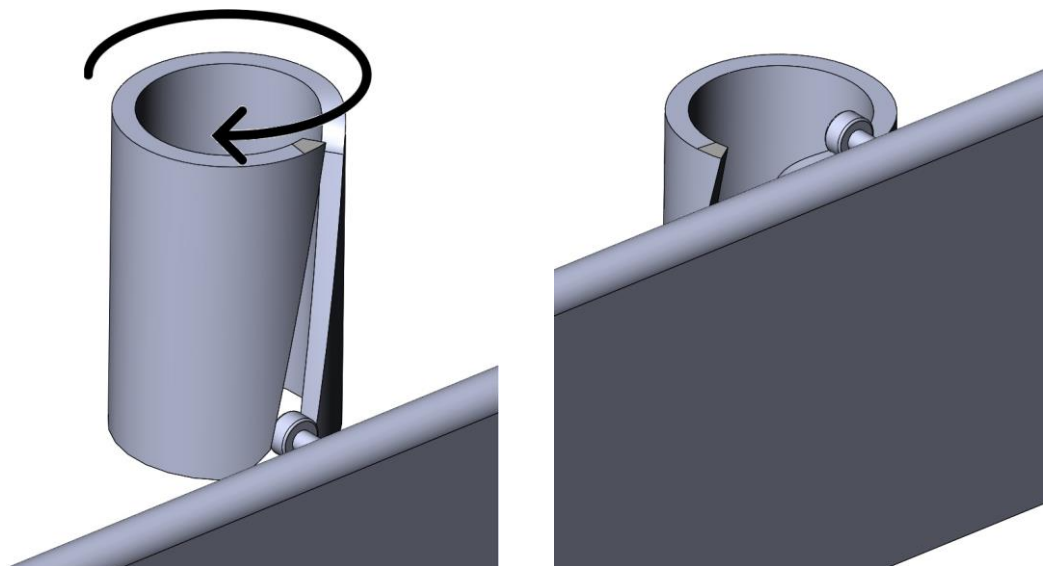
5 LUONNOSTELU

5.1 Ideointi

Konseptimallien luomisessa pyrittiin hakemaan ratkaisuja, kuinka tiiviste saataisiin nousemaan alavivun yläpuolelle mahdollisimman nopeasti oven auetessa. Ideointi aloitettiin tarkastelemalla ovien liikeratoja ja hakemalla inspiraatiota saman tyyppisistä sovelluksista. Mallien luominen aloitettiin hahmottelemalla tiivisteiden geometriaa kynällä ja paperilla sekä 2D-sketsin avulla SolidWorksissa. Viivamallien pohjalta luotiin karkeat 3D-mallit, jotka esitellään seuraavaksi.

5.1.1 Konsepti 1

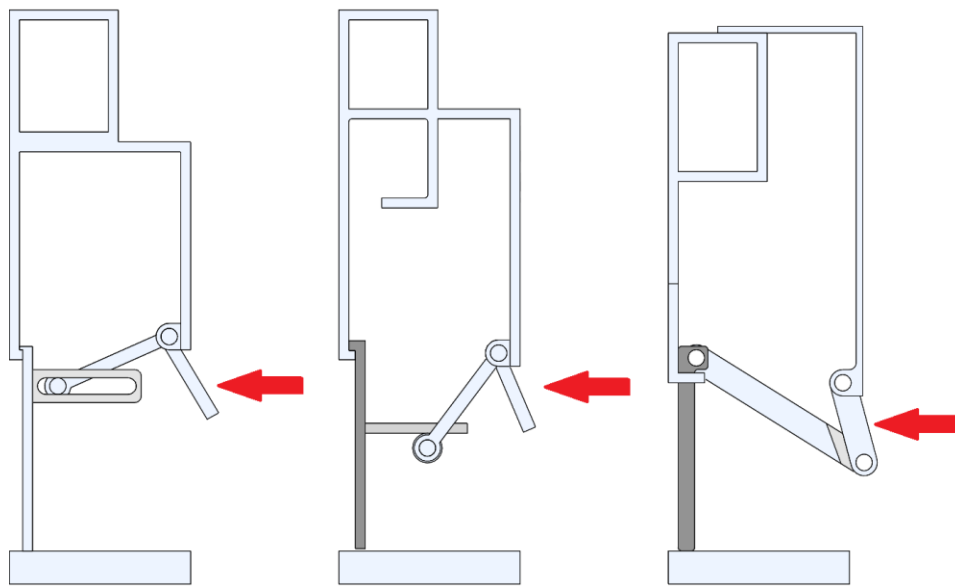
Tyypillisesti alatiiviste nousee ylös hyödyntäen alavivun liikettä. Ensimmäisessä luonnoksessa ideana oli käyttää hyväksi ovilehden tekemää pyörähdysliikettä. Tarkoituksena saada nousemaan tiiviste ylös ennen alavivun törmäämistä tiivisteeseen. 3D-mallissa ovilehden asento muuttui 7 astetta ennen tiivisteiden kääntymistä. Ideassa käyttötangon korvakkeen laakerointiholkki on siirretty alavipuun. Ovilehden pyörähtäessä holkin ympäri, tiivisteeseen kiinnitetty laakeri nousee holkkiin koneistettua uraa pitkin ja nostaa tiivisteiden ylös (kuva 5). Tiiviste haluttiin siis nostaa ylös noin 7 asteen aikana, joten urasta tulisi todella jyrkkä.



KUVA 5. Ensimmäisen konseptin toiminnan havainnollistaminen

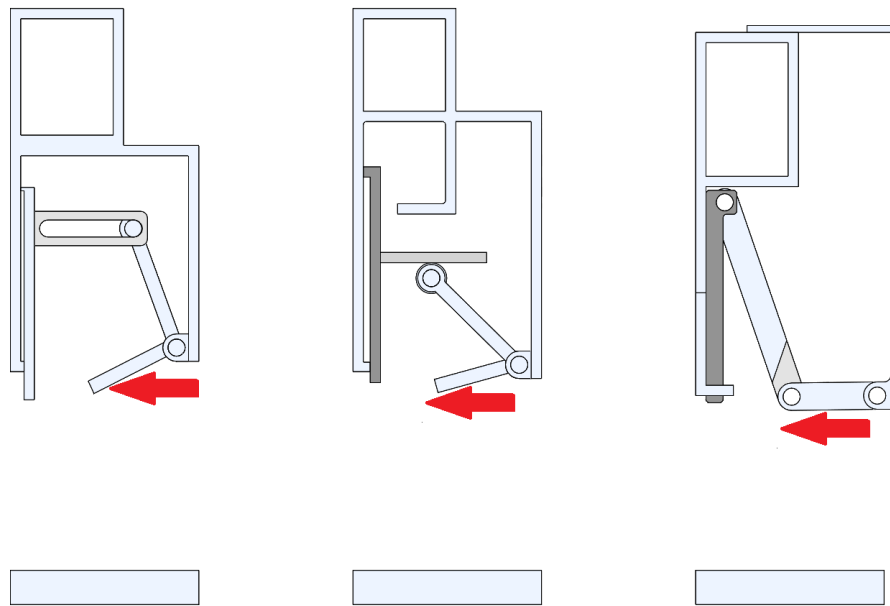
5.1.2 Konsepti 2

Myös toinen luonnos perustui ideaan, jossa tiiviste nousee pystysuoraan ovilehden alaprofiilin sisään. Tiivisteessä olisi haitta, johon alavipu osuisi kääntyessään ja nostaisi tiivistettä. Näin tiiviste saataisiin täysin piiloon oven avautuessa. Mekanismi veisi hyvin vähän tilaa, joten ovilehti olisi kapeampi kuin mitä se oli vanhan suojuksen kanssa. Kuvassa 6 on esitetty luonnoksen eri versioiden poikkileikkauksia. Kuvaan piirretyt punaiset nuolet kuvaavat alavipua ja sen liikkeen suuntaa oven auetessa.



KUVA 6. Toisen konseptin eri versiot kiinni-asennoissa

Vasemmalla on ensimmäinen versio pystysuoraan nousevasta tiivisteestä. Poikkileikkauksesta nähdään haitta, johon alavipu törmää ja nostaa tiivistettä ylöspäin. Haittavivun nivelpiste olisi alaprofiilissa ja vipu olisi laakeroitu tiivisteeseen uraan. Toisessa versiossa ovaalireikä on poistettu ja sen sijaan tehty pinta, jota pitkin kuulalaakerit liukuisivat samalla, kun tiiviste nousee. Kolmannessa versiossa kuulalaakereista on päästy eroon lisäämällä yksi nivelpiste. Kuulalaakereista haluttiin päästä eroon, koska tiiviste on oven alareunassa ja kokemusten perusteella sinne kertyy kosteutta ja epäpuhtauksia. Konseptin eri versioiden auki-asennot esitetään kuvassa 7.

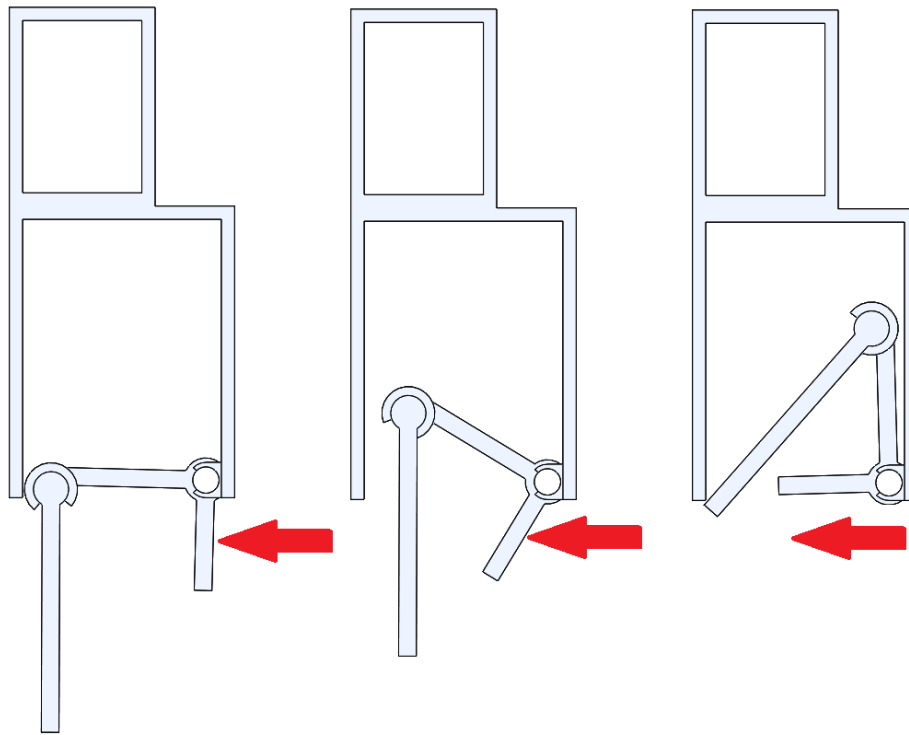


KUVA 7. Toisen konseptin eri versiot avattuna

Auki-asennossa haittavipu lepäisi alavivun päällä ja tiiviste olisi lähes kokonaan piilossa alaprofiilin sisällä. Oikeanpuoleiseen malliin on lisätty alaprofiilin alareunaan pieni muoto, joka toimii ohjaimena tiivisteele.

5.1.3 Konsepti 3

Kolmannessa luonnoksessa toimintaperiaate on sama kuin edellisessä eli alavipu törmää haittaan, joka nostaa tiivisteeseen ylös. Tässä versiossa tiiviste on kiinnitetty nostavan vivun päähän. Kiinnitysmenetelmä on samanlainen kuin nykyisessä alatiivistysratkaisussa, joka esiteltiin 4.1.1 kappaleessa. Kiinnitykseen tehty avaus mahdollistaa tiivisteeseen kokonaan alaprofiilin sisään. Tällainen rakenne sietää paremmin epäpuhtauksia kuin edellinen konsepti, missä tiiviste on jatkuvasti kontaktissa alaprofiilin kanssa. Kuvassa 8 havainnollistetaan, kuinka tiiviste kääntyy alaprofiilin sisään, kun alavipu törmää siihen.

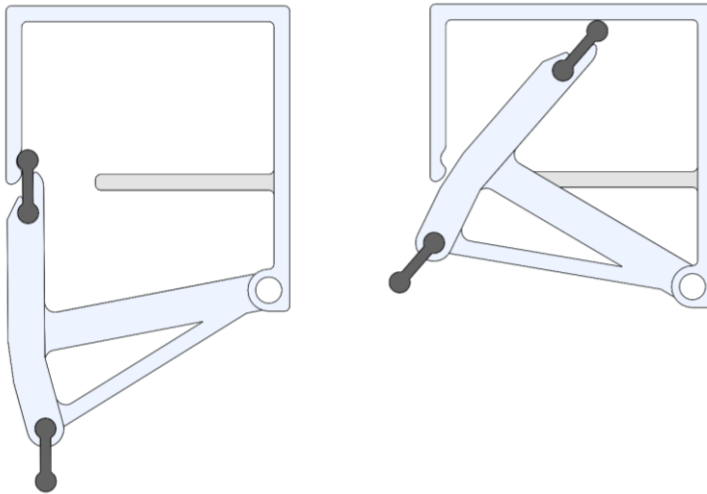


KUVA 8. Kolmannen konseptin toiminta

5.1.4 Konsepti 4

Aiemmissä konsepteissa alatiiviste pidettiin täysin profiilin sisällä, jolloin vapaa-aukon leveys saatiin maksimoitua. Tästä periaatteesta luovuttiin ja neljättä konseptia lähdettiin suunnittelemaan vanhan toimintaperiaatteen pohjalta. Ajatuksena oli se, että tiiviste nousee alavivun avulla sen päälle oven avautuessa, mutta ei rajoita oven avautumista yhtä paljoa kuin nykyinen ratkaisu.

Vanhassa alatiivistyksessä yhtenä ongelmana oli kumitiivisteen kuluminen. Tähän ratkaisuksi ideoitiin, että parannetaan tiivisteen kulutuksen kestoa etsimällä vaihtoehtoinen materiaali ja käytetään kumia vain tiivistyspintoja vasten. Luonnollisesti mieleen juolahti alumiini, koska ovilehden runko on kokonaan koottu alumiiniprofiileista. Alumiiniprofiili pystytään muotoilemaan siten, että siihen saadaan alavipuun nähden otollinen kulma tiivisteen kääntämiseksi. Ensimmäisen kehitysversion karkea malli nähdään kuvassa 9.



KUVA 9. Neljäs konsepti kiinni ja avattuna

Tiivisteprofiili on saranoitu alaprofiilin takareunaan. Alaprofiilin etureunaan on tehty pieni muoto, johon kuminen tiiviste asettuu kiinni-asennossa. Alumiinista tiivistettä pysytään koneistamaan niin, että käyttötangon korvakkeelle olisi tilaa alaprofiilin sisällä. Konseptista muodostui hyvin kompakti ja yksinkertainen.

5.1.5 Vaihtoehtojen arvostelu

Luodut konseptit esiteltiin yrityksen tekniselle johtajalle ja tehtävän antaneelle suunnitteluosaston johtajalle. Konseptien arvostelun helpottamiseksi luotiin päätösmatriisi, johon määriteltiin kriteerit ja niille painokertoimet. Nykyinen ratkaisu toimi matriisissa vertailukohtena ja sen kaikkien ominaisuuksien arvoiksi annettiin 0. Sen jälkeen konseptien ominaisuudet pisteytettiin -2 ja 2 väliltä vertaamalla konseptia nykyiseen ratkaisuun. Ryhmässä tehdyn pisteytyksen ohessa saatiin luotua rakentavaa keskustelua eri konsepteista. Painoarvotaulukon muodostamisen tuloksena saatiin selville paras konsepti (taulukko 2).

TAULUKKO 2. Konseptien painoarvotaulukko

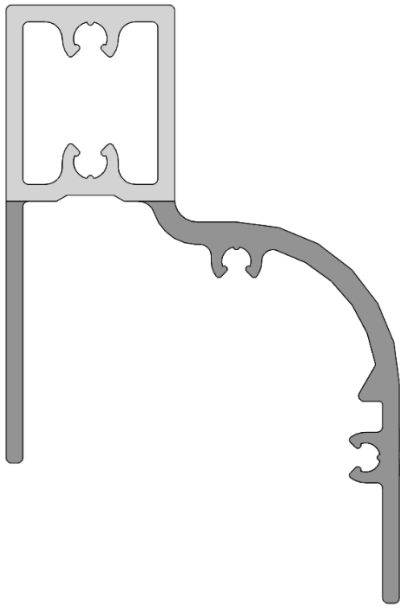
Päätösmatriisi		<i>Nykyinen</i>	<i>Konsepti 1</i>	<i>Konsepti 2</i>	<i>Konsepti 3</i>	<i>Konsepti 4</i>
Kriteeri	Painok.					
<i>Hinta</i>	15 %	0	-1	-2	-2	-2
<i>Paino</i>	5 %	0	0	-2	-1	-2
<i>Komponenttien määrä</i>	10 %	0	1	-1	0	-1
<i>Ulkonäkö</i>	15 %	0	0	0	1	2
<i>Kestoikä</i>	10 %	0	0	1	1	2
<i>Oven säädettävyys</i>	5 %	0	-2	-1	-1	-1
<i>Tiivisteiden säädettävyys</i>	5 %	0	0	0	0	2
<i>Kokoonpantavuus</i>	5 %	0	2	1	1	1
<i>Vapaa-aukon rajoittavuus</i>	20 %	0	2	2	2	1
<i>Yhteensopivuus</i>	10 %	0	-2	-2	-2	-1
	100 %					
Painotettu summa		0	0,15	-0,20	0,1	0,2
Suhteellinen arvo		0 %	60 %	-80 %	40 %	80 %

Päätösmatriisin mukaan konsepti 4 valikoitui parhaaksi. Kokeneiden suunnittelijoiden arvioiden perusteella se vaikutti selvästi kaikista konsepteista toimivimmalta ratkaisulta yksinkertaisen rakenteen vuoksi.

5.2 Konseptin jalostus

Parhaaksi valitusta konseptista päätettiin tehdä prototyyppi, koska haluttiin testata siihen liittyviä teknisiä toimintoja. Prototyyppiä varten konseptia kehitettiin pidemmälle. Konseptin jatkokehitys aloitettiin sovittamalla konseptin dimensiot olemassa olevaan ovirunkoon ja oviaukkoon. Sovituksesta saatiin selvitettyä tiivistettävän aukon mitat. Mitat toimivat ala- ja tiivisteprofiilin geometrian lähtökohtana.

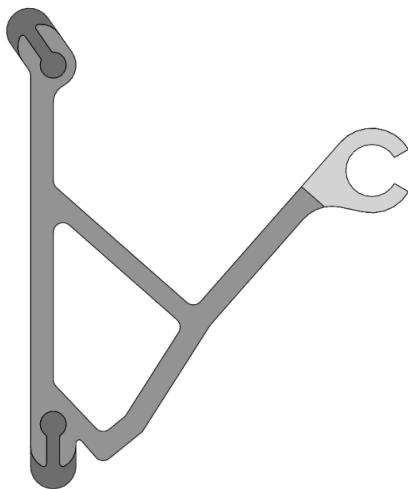
Alaprofiiliin tuli sisällyttää kiinnitykseen käytettävät ruuvitaskut ja kiinnitys käyttötangon korvakkeelle. Ovielinten runko on aikaisemmin valmistettu hitsaamalla, mutta vuonna 2019 yrityksessä oli määrä ottaa käyttöön ruuveilla kasattavat rungot. Alaprofiilin pohjaksi otettiin ruuvitaskullinen profiili, jonka ympärille aloitettiin suunnittelemaan vaadittuja ominaisuuksia.



KUVA 10. Alaprofiili, joka kiinnitetään ovirunkoon ja toimii alatiivistyksen kotelona

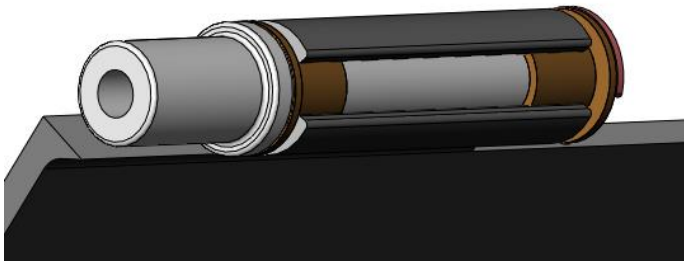
Alaprofiilin etureuna mitoitettiin vanhan alatiivistyksen nivelpisteen korkeudelle. Taka-reunan korkeuden määritti ajoneuvon lattian korkeus. Profiilin leveys selvitettiin tutki-malla, kuinka paljon tiivisteprofiili tarvitsee tilaa, kun se nousee alavivun päälle.

Tiivisteprofiilin päämitat määräytyivät alaprofiilin ja lattian etäisyyden perusteella. Seu-raavaksi tutkittiin tarkemmin, miten tiivisteprofiili käyttäytyy kääntyessä. Huomattiin, että auki-asennossa tiiviste kumiosa ottaa kiinni alavipuun. Ongelma ratkaistiin muo-toilemalla tiivisteprofiilin liukupinta siten, että auki-asennossa tiiviste nousee korotetun muodon päälle. Lisäksi kumiprofiilille haettiin matalampaa muotoa (kuva 11).



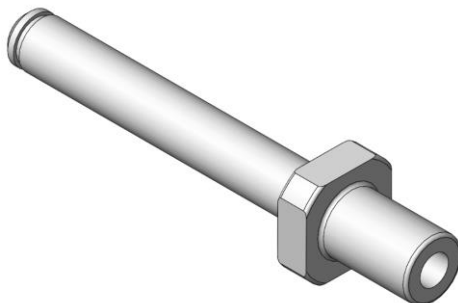
KUVA 11. Tiivisteprofiili, johon hahmoteltu myös kumitiivisteet

Kehitystä jatkettiin suunnittelemalla tiivisteprofiilin saranointi. Konseptivaiheessa ei painuduttu teknisiin toimintoihin tarkasti, joten suunnittelu aloitettiin hyvin pitkälti pöydältä. Laakerointiin haettiin ideoita yrityksen toimivaksi todetuista ratkaisuista. Muovisia liukulaakereita käytetään useissa kohteissa niiden hyvien liukuominaisuuksien, kulumiskeston, kustannustehokkuuden, huoltovapauden ja hyvän kosteuden sietokyvyn vuoksi (Iigus 2019, 80). Ajatuksena oli tehdä tiivisteprofiiliin muoto, jonka avulla se saadaan liukulaakereilla laakeroitua. Tässä vaiheessa haluttiin välttyä ylimääräisiltä koneistuksilta, joten saranointiin ei hyödynnetty alaprofiilin valmistusmenetelmän tuomia mahdollisuuksia. Tämän seurauksena akselin kiinnitys suunniteltiin tapahtuvan profiilin päädyistä. Kuvassa 12 nähdään ensimmäinen versio tiivistyksen kiinnitykseen suunnitellusta laakeritapista.



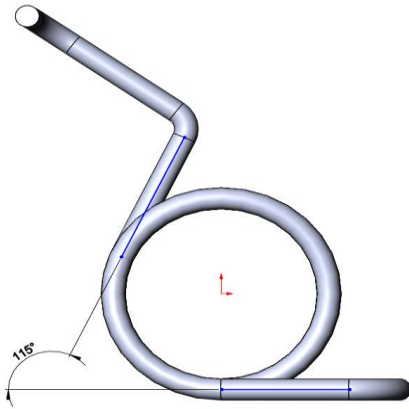
KUVA 12. Saranointi suunniteltiin käyttämällä laakeritappia ja liukulaakereita

Laakeritappi suunniteltiin kiinnitettäväksi ruuvilla ja ruuvilukitteella päätylevyyn. Tapin toisesta päästä tehtiin paksumpi, jotta saadaan laajempi kiinnityspinta-ala ja suurempi vääntöjousi palautusta varten (kuva 13). Ruuvilukite vaatii erityistoimenpiteitä tuotannossa, joten ruuvilukitteen poistamiseksi tappia muokattiin. Ratkaisuksi ideoitiin muotolukitteinen laakeritappi, joka tukeutuu alaprofiilia vasten. Laakeritapin lukitseminen haluttiin varmistaa, sillä tiivisteprofiilin tekemä liike saattaa löystyttää tapin kiinnitystä ajan kuluessa. Laakeritapin paksuimman kohdan halkaisijaa kasvatettiin ja sen jälkeen sivut koneistettiin siten, että se lukittuu alaprofiilia vasten.



KUVA 13. Laakeritapin kehittyneempi versio

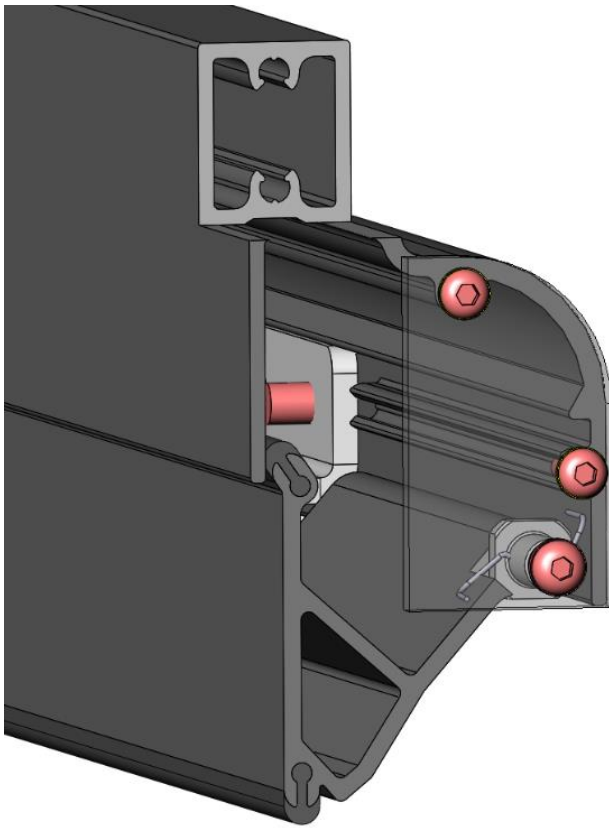
Tiivisteiden palautuminen auki-asennosta haluttiin varmistaa lisäämällä saranointirakenteeseen vääntöjousi. Palautusjousta etsittiin jousivalmistaja Lesjöforsin katalogista. Vääntöjousia on vakiona saatavilla erilaisiin asentoihin taivutettuna. Tiivisteiden kiinnittämiseksi jouseen haluttiin muutaman asteen esijännitys kiinni-asennossa. Ratkaisulla tuotetaan pieni vääntö myös tiivisteiden ollessa ala-asennossa tiivistymisen parantamiseksi. Kuvassa 14 on tiivistyksen kiinni-asentoa vastaavaan asentoon mallinnettu vääntöjousi.



KUVA 14. Tiivistyksen kiinni-asentoon mallinnettu palautusjousi

Vääntöjousi mitoitettiin eliniältään ikuiseksi. Lesjöforsin (2019, 91) katalogin mukaan vääntöjousen käyttöiästä saadaan laskennallisesti ikuinen, kun mitoitetaan jousi siten, että sen kääntökulma ei ylitä 70% ilmoitetusta maksimi kääntökulmasta.

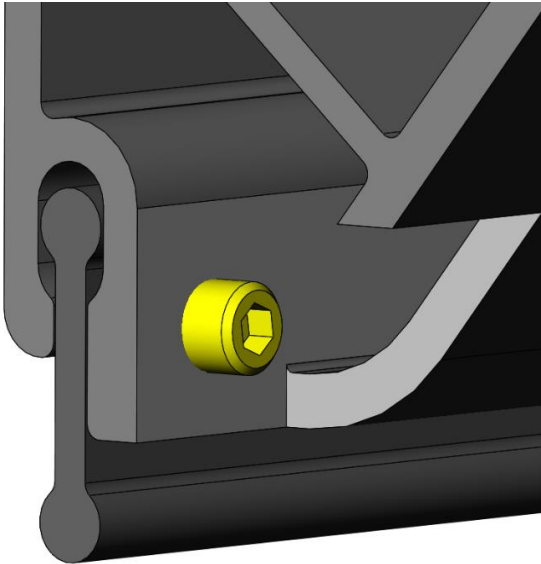
Tässä vaiheessa malliin suunniteltiin alaprofiilin avonaisiin pätyihin kiinnitettävät päätylevyt. Saranointimekanismi kiinnittyy päätylevyihin, jotka kiinnitetään alaprofiilin ruuvitaskuihin. Kuvassa 15 näkyy aiemmin esiteltyjen komponenttien kokoonpano. Profiileihin on tehty tarvittavat koneistukset, jotta alatiivistys voidaan kiinnittää ovilehden runkoon.



KUVA 15. Laakeritappi kiinnitettiin kuvassa läpinäkyvään päätylevyyn

Kuvasta nähdään myös, miten alaprofiilin sisälle asennettu käyttötangon korvake tukeutuu profiiliin tehtyä vahviketta vasten. Säättöä varten korvakkeen kiinnitysrei'istä tehtiin soikeat.

Eräs asiakkaan vaatimus oli se, että tiivistettä pitäisi pystyä säätämään korkeussuunnassa. Säädön tuli olla sellainen, että tiiviste voidaan säätää oviaukon muodon mukaisesti suoraan tai vinoon. Tiivisteen kumiprofiilille tehtiin soikea reikä tiivisteprofiiliin säädettävyyden saavuttamiseksi. Tiivisteprofiili ja kumitiiviste muuttuivat kuvan 16 mukaisiksi.



KUVA 16. Uusi tiivistekumi ja alemman tiivisteiden säätöratkaisu

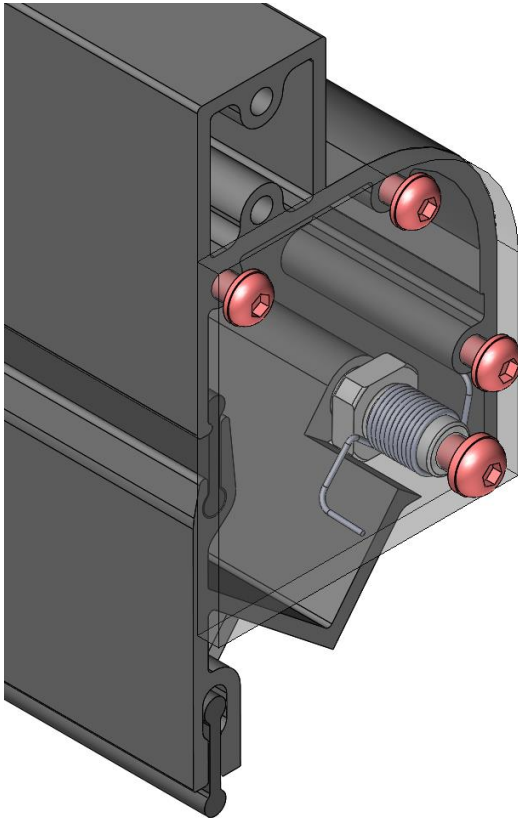
Profiliin tehtiin kierteet ja pidätinruuvit, joiden avulla tiiviste saadaan lukittua haluttuun asentoon. Tiivisteprofiilissa haluttiin käyttää samaa kumia ylhäällä ja alhaalla. Profiilin yläpäähän tehtiin tarvittavat muutokset kumin käyttämiseksi.

5.2.1 Prototyypin valmistaminen

Prototyypin profiilit tehtiin 3D-tulostamalla. Muilta osin prototyypin osat vastasivat sarjatuotantomalleja. Tiedusteluvaiheessa selvisi, että alihankkija käyttää prototyypin valmistamiseen Selective Laser Sintring -menetelmää. SLS-menetelmässä laseria käytetään jauhemaisen raaka-aineen sintraukseen. Menetelmässä levitetään ohut kerros lämpömuovattavaa muovijauhetta alustan päälle. Raaka-aine lämmitetään sen sulamispisteen tuntumaan infrapunapaneelien avulla. Laser sulattaa jauhetta määritetyistä kohdista halutun muodon saavuttamiseksi. Tämän jälkeen levitetään uusi kerros jauhetta ja prosessi jatkuu, kunnes kappale on valmis. Sintraamaton raaka-aine toimii tukirakenteena valmistettavalle kappaleelle. (Noorani 2018, 110.)

Prototyypin raaka-aineena käytettiin polyamidi 2200 -muovia. Tulostusta varten profiilit muokattiin valmistusmenetelmä huomioon ottaen yksinkertaisemmaksi kuin alumiinipurstosta varten. Tulostettaviin osiin suunniteltiin alkeelliset ruuvitaskut kierteitä varten.

Ruuvitaskut lyhennettiin, jotta säästettäisiin materiaalikustannuksissa. Tulostettava materiaali oli valmistajan mukaan tarpeeksi lujaa, jotta siihen voidaan tehdä kierteet normaalla kierretapilla.



KUVA 17. Profilit yksinkertaistettiin prototyypin 3D-tulostusta varten

Prototyypin rakenne saatettiin kuvassa 17 näkyvään muotoon. Päätylevyihin haluttiin yksi kiinnityspiste lisää, joten niitä levennettiin alkuperäisistä suunnitelmista poiketen peittämään koko alaprofiilin pääty lukuun ottamatta kahta ylintä ruuvitaskua.

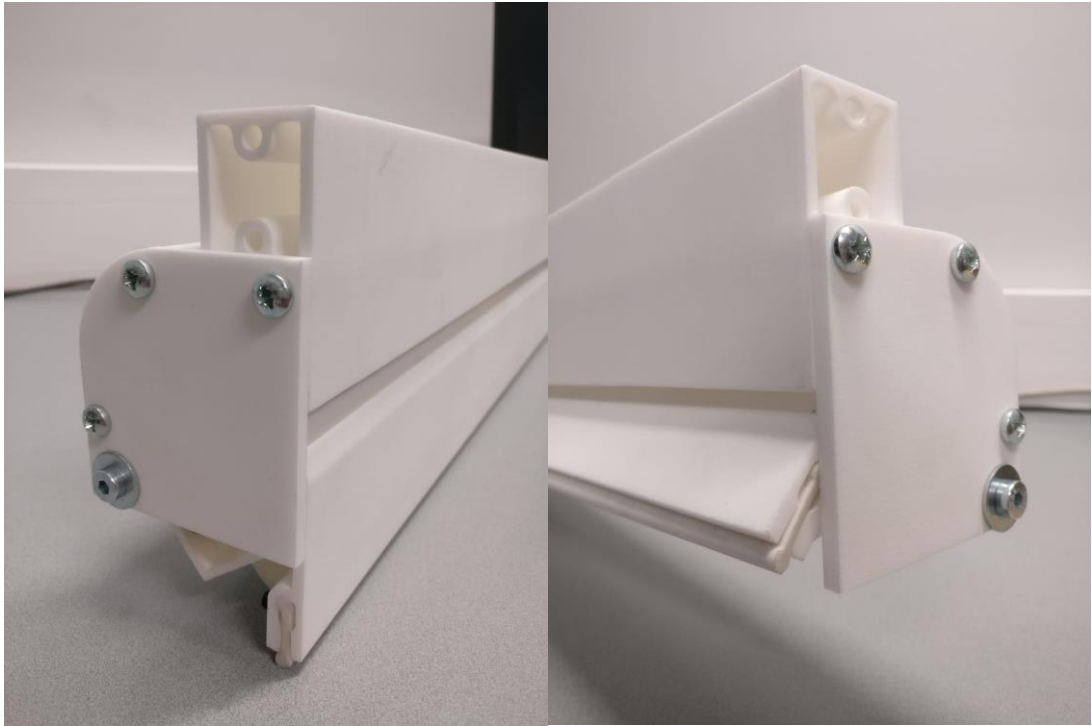
Prototyyppi haluttiin tehdä 1:1 mittakaavassa, jotta se voitaisiin tarvittaessa kiinnittää ovilehteen testauksen aikana. Samalla saatiin hyvä kuva kokoonpantavuudesta ja osien istuvuudesta. Prototyypin kokoonpanovaihe sujui ongelmitta, vaikka tulostetuissa kappaleissa oli havaittavissa pientä vääristymää. Kuvassa 18 prototyypin kokoonpano.



KUVA 18. Prototyypin profilit ja päätylevyt 3D-tulostettiin (Poutanen 2019)

5.2.2 Prototyypin testaus

Testauksesta tehtiin karkea suunnitelma (liite 1) tiivisteiden käyttäytymisen testaamiseksi alavivun törmätessä siihen. Syklitestauksia ei kuitenkaan suoritettu, sillä jo kokoonpanovaiheessa voitiin todeta mekanismi toimivaksi, eivätkä materiaalit vastanneet tuotantoversiota. Prototyyppiä testattiin vääntämällä tiiviste auki-asentoon ja seuraamalla saranoinnin toimintaa (kuva 19).



KUVA 19. Prototyypin kiinni- ja auki-asennot (Poutanen 2019)

Kiinni-asennossa tiivisteprofiili asettui hyvin alaprofilin kanssa samalle tasalle. Auki-asennossa tiivisteen etureunan ylitys vastasi 3D-mallia ja profiilien väliin jäi reilusti välystä. Kumiivisteiden sovitukset uriin olivat väljähköt.



KUVA 20. Saranoinnin komponentit olivat sarjatuotantokelpoisia (Poutanen 2019)

Palautinjouset (kuva 20) toimivat kuten suunniteltiin, joten todettiin laskujen olleen oikeaa luokkaa. Kun tiivisteeseen painoi auki-asentoon, palautinjouset työnsivät sen kiinni ongelmitta. Testauksessa huomattiin, että jouset olivat liian väljät akselille, vaikka ne mitoitettiin jousivalmistajan ilmoittamien ohjeiden mukaisesti. Huomattiin myös, että toisen puolen palautinjousi pääsee tippumaan tiivisteeseen ja päätylevyn väliin. Korjaukseksi jousi vaihdettiin toisen kätiseen, jolloin jousen muoto estää sen putoamisen tiivisteprofiilin ja päätylevyn väliin.

Tiivisteprofiili asettui hyvin alaprofiilin sisään. Välykset vastasivat tietokoneella suunniteltuja malleja. Liikkeen aikana ei huomattu, että jokin osa olisi laahannut toista vasten. Alemmalle kumitiivisteelle suunniteltu säätömahdollisuus toimi, kuten oli ajateltu. Tiivisteeseen sai säädettyä kokonaan ylös tai alas ja vinoon, kuten kuvassa 21 nähdään. Pidätinruuveilla toteutettu lukitus säädölle toimi suunnitellusti, mutta ruuveihin oli hieman hankala päästä käsiksi. Ajoneuvoon asennettuna ruuvien säätö vaikeutuu lisää, koska tiiviste on lattian rajassa.



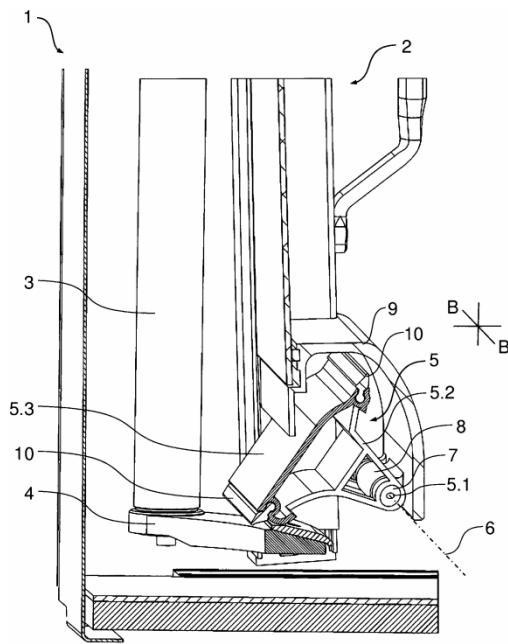
KUVA 21. Alempi tiivistekumi vinoon säädettyinä (Poutanen 2019)

5.3 Kilpailijakartoitus

Kilpailijoiden menetelmiä ovien alareunan tiivistämiseksi tutkittiin jo jatkokehityksen yhteydessä. Yritys halusi varmistua, että kehitelty ratkaisu ei riko muiden valmistajien patenteja tai mallisuojuuksia. Patenttisuojualla suojataan teollisesti hyödynnettävissä oleva keksintö ja mallisuojualla voidaan suojata esineen tai osan muoto. Patenttisuojuaa täytyy anoa patenti- ja rekisterihallitukselta (Jokinen 2001, 137). Alatiivistystä koskeva patenttitutkimus ulkoistettiin ajan säästämiseksi sekä lopputuloksen parantamiseksi.

Kilpailijaseurannassa keskityttiin vain Euroopassa toimivien kilpailijoiden patenttien etsimiseen, koska se on Tamwaren päämarkkina-alue. Ovijärjestelmien valmistajista suurimpina kilpailijoina voidaan pitää Ventura Systemsiä, Bodea, Masatsia ja Ultimate Europea. Ajoneuvovalmistajista saksalainen MAN tekee myös ovijärjestelmiä, joten sekin huomioitiin tutkimuksessa. Tutkimuksessa löytyi kymmeniä erilaisia ratkaisuja alareunan tiivistämiseksi. Tuotekehityksen kannalta oli mieluisaa, että monet patentit olivat jo vanhentuneet. Vanhentuneita patenteja ei voi uusia, eikä niissä esitellyillä ideoilla ole enää uutuusarvoa. Kilpailijoiden patenteissa ei ollut tiiviisteen säätöön liittyviä ominaisuuksia. Tästä syystä tiiviisteen säätöön kehitetty ratkaisu olisi voinut olla suojattavissa patentilla tai mallisuojualla. Uutuusarvoa olisi voitu kasvattaa pienellä jatkokehittelyllä. Löydetyistä patenteista muutama oli sellaisia, jotka ovat voimassa Euroopassa. Näistä patenteista esitellään yksi, jota tutkittiin tarkemmin.

Tarkempaan tarkasteluun valittu patentti oli haettu nimellä MAN Truck & Bus vuonna 2014 (kuva 22). Keksintönä oli alatiivistykseen liittyvä elastomeeri elementti, joka ei tässä tapauksessa vastannut opinnäytetyön ratkaisua. Patentti oli haettu ainoastaan Saksassa, joten se estäisi patentin kaltaisen ratkaisun hyödyntämisen vain Saksassa.



KUVA 22. MAN Truck & Bus patentti (DPMA 2016)

Tutkimuksen yhteydessä selvisi, että MAN hyödyntää alatiivistykseen liittyvää patenttia Lion's city -kaupunkibussien ovissa (kuva 23). Kuvassa oven alareunan tiivistys on yhtenäisen näköinen muiden tiivistysten kanssa.



KUVA 23. MAN kaupunkibussin etuovi (MAN Lion's City, Youtube 2019)

Patenttitutkimuksessa yllättävää oli, että yhdeltä suurimpiin bussipuolen ovijärjestelmien valmistajiin kuuluvalta Ventura Systemsiltä ei löydetty alatiivistykseen liittyviä patenteja. Tästä huolimatta Venturan valmistamissa ovissa on käytössä saman tyyppinen kääntyvä alatiivistys (kuva 24).



KUVA 24. Venturan alatiivistysratkaisu (Solaris Urbino 12, Youtube 2019)

Auki-asennossa tiiviste on kääntynyt laatikkomaisen oven alaprofiilin sisälle. Alaprofiilin kyljessä nähdään ura käyttötangon korvakkeen kiinnitystä varten. Vasemmassa päädyssä näkyy samankaltainen päätylevyn kiinnitys kuin prototyypin suunniteltiin.

Hieman muista kilpailijoista poikkeava ratkaisu löytyi Wabtec konserniin kuuluvalta amerikkalaiselta ovivalmistajalta Vaporilta, joka on suunnitellut sisäänpäin aukeavat ovet siten, että alatiivistyksen ei tarvitse väistää käyttötankoa. Käyttötangon alavipu on kiinnitetty ovilehden ulkopintaan alatiivisteeseen yläpuolelle (kuva 25).



KUVA 25. Vaporin sisäänpäin kääntyvät ovet (Wabtec 2019)

Vaporin menetelmä alavivun kiinnittämiseksi aiheuttaa sen, että alavipu, korvake ja nivel jäävät täysin näkyville ajoneuvon ulkopuolelta katsottuna. Tämä ei luultavasti olisi hyväksyttävää Euroopan markkinoilla.

6 KEHITTELY

6.1 Vaatimusten tarkentaminen

Alatiivistyksen suunnittelussa tehtiin jatkuvaa yhteistyötä asiakasyrityksen insinöörien ja teollisten muotoilijoiden kanssa. Ennen viimeistelyvaihetta suunnittelun tulos välitettiin asiakkaalle tarkastettavaksi. Muotoiluosastolta saatiin palautetta, joka vaikutti vaatimusten tärkeysjärjestykseen. Tässä vaiheessa vaatimustaulukko päivitettiin (taulukko 3).

TAULUKKO 3. Vaatimusten päivitetty prioriteetti

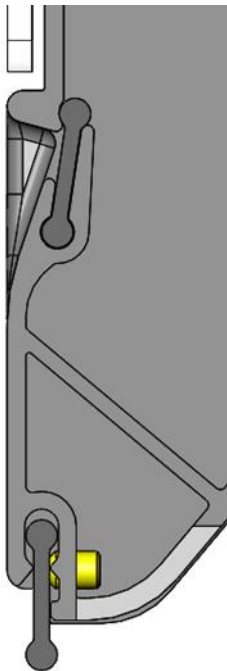
Vaatus	Prioriteetti
Vapaa-aukon kasvatus	Tärkeä
Tiivistysominaisuuksien säilyttäminen	Normaali
Oven säädettävyys	Suuri
Tiivisteiden korkeuden säätö	Suuri
Yhteensopivuus kaikissa sisäänpäin aukeavissa ovissa	Suuri
Käyttöä pidentäminen	Normaali
Huoltovapaa	Normaali
Koko ei saa kasvaa merkittävästi	Normaali
Ulkonäkö	Tärkeä
Hinta	Normaali
Liimaura lasin kiinnitykseen	Suuri
Terävien reunojen pyöristykset	Suuri

Uuden tiivistyksen ansiosta haluttu vapaa-aukon leveys saavutettiin, joten sen prioriteettiä laskettiin. Muotoilijoiden kommenttien perusteella ulkonäöstä tuli suurempi prioriteetti. Palautetta tuli päätylevyjen ja käyttötangon korvakkeen näkyvistä ruuveista sekä alaprofiilin muoto ei vastannut asiakkaan mielestä heidän ajoneuvon muotoilua. Muotoilijoiden mielipide oli, että tiiviste täytyisi saada ulkolasin kanssa samalle tasalle kiinni-asennossa.

Tässä vaiheessa voitiin kiinnittää huomiota aiemmin matalamman prioriteetin vaatimukseen, koska tärkeimpiin vaatimuksiin oltiin keksitty toimivat ratkaisut. Seuraavaksi mallia kehitettiin siten, että se täyttää kaikki vaatimukset.

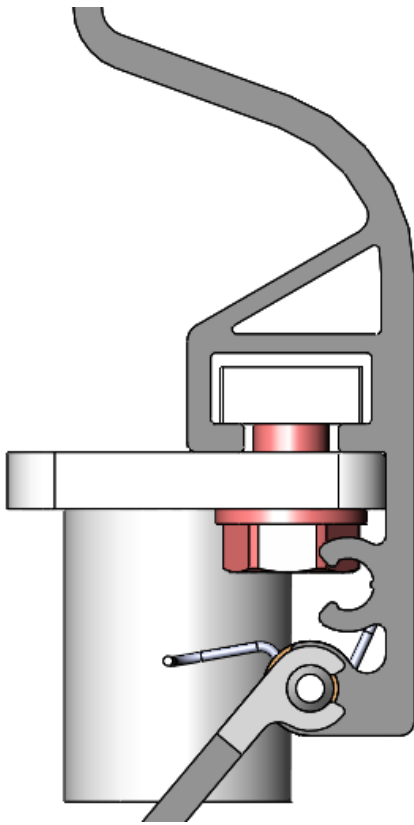
6.2 Muutokset

Tiivisteiden geometria suunniteltiin uusiksi, jotta tiiviste saataisiin tuotua lasin tasalle kiinni-asennossa. Kääntyvän osuuden vartta pidennettiin ja ylempi kumitiiviste sijoitettiin sisemmäksi, jolloin tiivisteprofiili asettui ulommaksi. Geometriaan tehdyt muutokset vaikuttivat tiivisteiden liikerataan. Liikeradan muutoksesta johtuen tiivisteprofiilin etupinta törmäsi alaprofiiliin tiivisteiden kääntyessä. Törmäys estettiin muotoilemalla tiivisteprofiilin yläosa kaarevaksi (kuva 26). Kaareva muoto myötäilee liikerataa, jolloin profiilien väliin jää tarpeellinen välys.



KUVA 26. Uudelleen muotoiltu tiivisteprofiili

Käyttötangon korvakkeelle oli keksittävä uusi kiinnitystapa ruuvinkantojen piilottamiseksi. Korvakkeen kiinnitysruuveihin täytyy päästä helposti käsiksi, sillä käyttötangon korvake on yksi säätökohteista. Uuteen kiinnitystapaan hyödynnettiin alumiiniekstrusion mahdollisuuksia tekemällä alaprofiiliin ura, johon asennetaan kiinnityslevy (kuva 27). Korvake suunniteltiin uudestaan siten, että se asennetaan profiilin sisälle ja se kiristetään paikalleen kiinnityslevyn avulla. Korvaketta on helppo säätää, vaikka ruuvit ovat poissa näkyviltä. Koska kaikki oviaukot ovat erilaisia, haluttiin säilyttää syvyysuuntainen säätö. Alaprofiilia levennettiin, jotta käyttötangon korvaketta voidaan siirtää syvyysuunnassa enemmän.



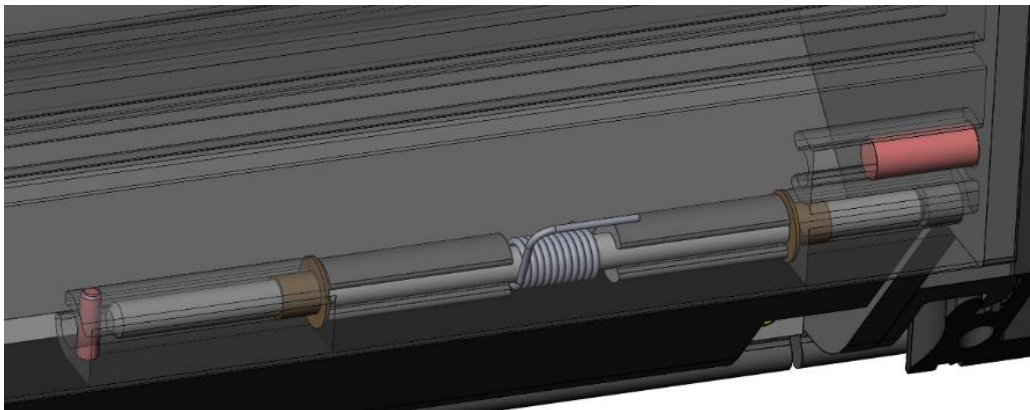
KUVA 27. Käyttötangon korvakkeen kiinnitys suunniteltiin uudestaan

Päätylevyjen muoto muutettiin vastaamaan alaprofilin poikkileikkausta. Päätylevyissä oli aluksi kolme näkyvää ruuvia, joista kaksi oli kiinnitysruuvia ja kolmannella ruuvilla kiinnitettiin laakeritappi. Alunperin päätylevyt suunniteltiin siten, että ne valmistettaisiin levytavarasta, ja voitaisiin käyttää samaa levyä molemmilla puolilla. Päätylevyistä tehtiin leveämmät, jotta ylempi kiinnitysruuvi pystyttiin sijoittamaan alaprofilin etureunaan. Kokoonpantuna ruuvit jäävät ovilehteen kiinnitettävän kumin tai pystyprofiilin taakse pölyyn. Alempi kiinnitysruuvi muutettiin kupukantaisesta senkkiruuviksi, ettei se erotu epämiellyttävästi (kuva 28).



KUVA 28. Alatiivistyksen näkyviin jäävät ruuvit

Laakeritapin kiinnitysruuvien poistaminen tarkoitti saranoinnin uudelleen suunnittelua. Aikaisemmin saranointi oli suunniteltu siten, että välttyttiin alumiinin koneistuksilta. Näkyvillä olevien kiinnitysruuvien poistamiseksi tästä periaatteesta luovuttiin. Laakeritappi muutettiin akseliksi ja sen kiinnitys siirrettiin päätylevystä alaprofiiliin (kuva 29). Akseli asennetaan tiivisteprofilissa olevaan kiinnityspisteeseen.



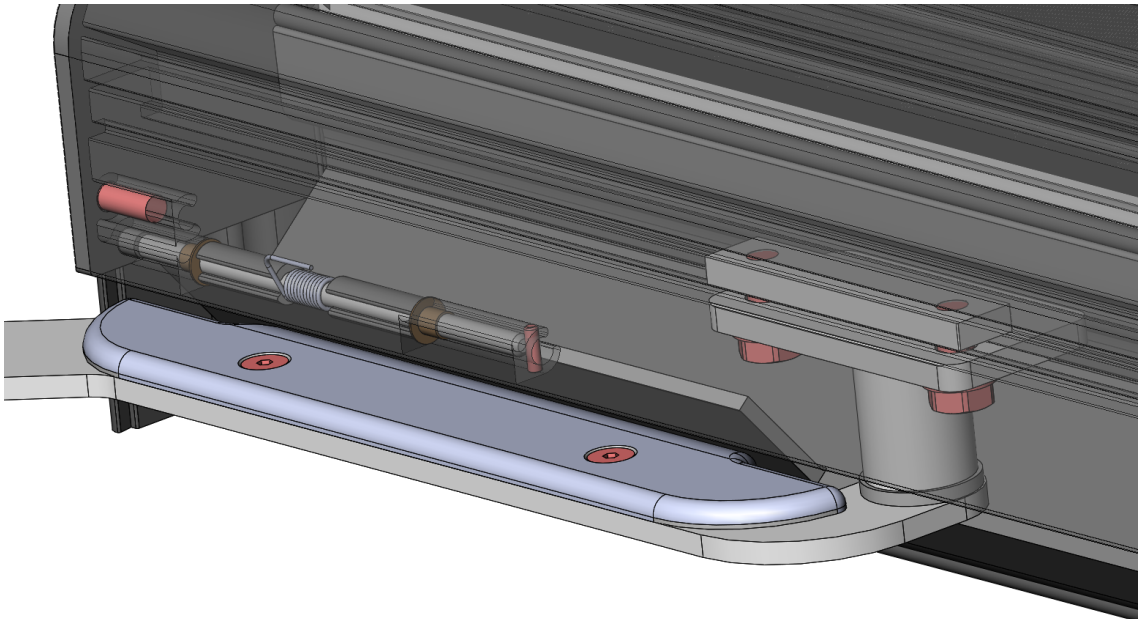
KUVA 29. Saranoinnin kiinnitys siirrettiin päätylevystä alaprofiiliin

Akselin lukitaan paikalleen pidätinruuvilla ja päätylevyyn tehdyn muodon avulla. Laakeroinnissa ja palautuksessa pystyttiin käyttämään samoja ideoita kuin edellisessä versiossa.

7 SUUNNITTELU JA VIIMEISTELY

7.1 Liukupala

Suunnittelua jatkettiin suunnittelemalla liukupala alavivun päälle. Liukupalan tarkoituksena on helpottaa tiivisteiden kääntymistä. Ilman erillistä liukupalaa teräksisen alavivun ja alumiinisen tiivisteprofiilin törmäyksestä olisi syntynyt epämiellyttävä ääni ja alavipu olisi kuluttanut tiivisteprofiilin käyttökelvottomaksi. Liukupalan suunnittelu aloitettiin muotoilemalla alavipu uusiksi. Alavipu muotoiltiin siten, että se olisi tiivisteprofiilin kanssa yhdensuuntainen ja mahdollisimman lähellä sitä, jotta tiiviste lähtisi kääntymään nopeasti oven avautuessa. Liukupala suunniteltiin kiinnitettäväksi alavivun päälle ruuveilla. Liukupalasta tehtiin alavipua leveämpi, jotta tiivisteprofiili törmää siihen ensimmäisenä. Alavivun ylittävä osuus muotoiltiin siten, että tiiviste nousee luontevasti sitä pitkin (kuva 30).



KUVA 30. Liukupala kiinnitettynä alavipuun

Liukupala suunniteltiin symmetriseksi, jotta voitaisiin säästää valmistuskustannuksissa. Materiaaliksi valittiin ominaisuuksiltaan sopiva muovilaatu komponenttitoimittajan kanssa.

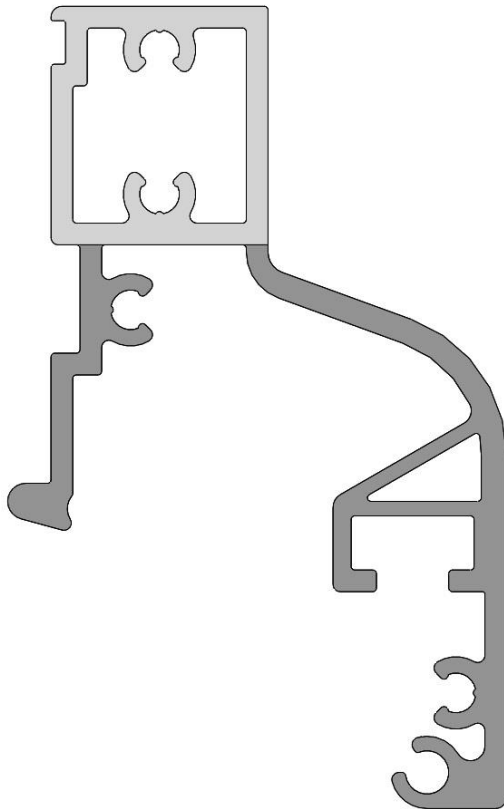
7.2 Alumiiniprofiilit

Alumiiniprofiilien valmistusmenetelmänä käytettiin pursotustekniikkaa. Pursotustekniikkaa käytetään yleensä taipuisien ja raudattomien metallien kuten alumiinin, magnesiumin, sinkin ja kuparin valmistukseen, koska pursottamiseen vaadittava voima on suuri, vaikka metalli olisi lämmitetty yli uudelleenkiteytymislämpötilan (Waters 2003, 56). Suurista voimista johtuen profiilisuunnittelussa täytyy ottaa huomioon työkalun kesto. Huonosti suunnitellun profiilin pinnanlaatu saattaa vaihdella ja vaikka pursotustyökalusta tulisi toimiva, sen kestoikä saattaa jäädä hyvinkin lyhyeksi, jos jotkin muodot tai yksityiskohdat aiheuttavat suurta rasitusta (Alumeco 2018).

Profiilien yksityiskohtien suunnittelussa käytettiin apuvälineenä suomalaisen alumiiniasiantuntijayrityksen suunnitteluohjetta. Ohje pitää sisällään suosituksia ruuvitaskujen, ainevahvuuksien ja muotojen suunnittelusta. Suunnittelussa tehtiin yhteistyötä yrityksen alumiiniprofiilien asiantuntijoiden kanssa.

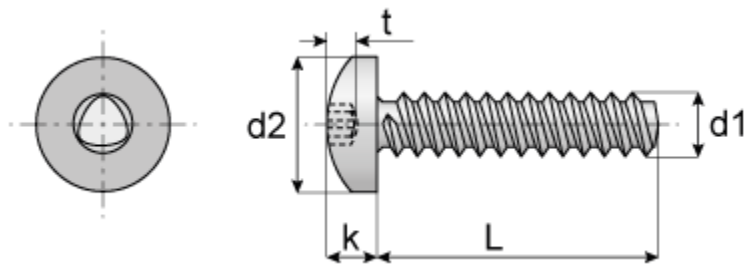
7.2.1 Alaprofiili

Tässä vaiheessa suunnittelua alaprofiiliin tehtiin ura lasin liimasaumaa varten. Standardin DIN 6701 vaatimusten täyttämiseksi lisättiin liimaura kahden ylemmän ruuvitaskun alapuolelle. Päätylevyn ylempi kiinnitysruuvi sijoitettiin liimauran kohdalle, jolloin senkauksen tekeminen on helpompaa. Profiilin yläreunaan tehtiin lasin tiivistekumille oma liimausura. Tähän uraan asennettava kumitiiviste estää veden pääsyn lasin ja alaprofiilin väliin (kuva 31).



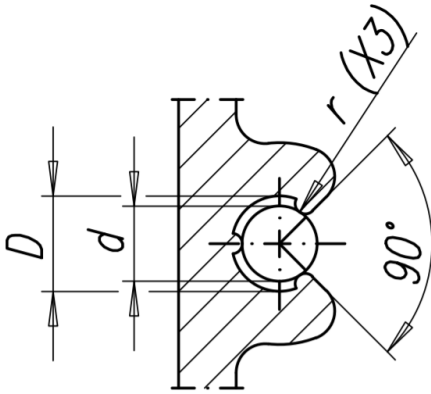
KUVA 31. Viimeistely alaprofiili

Alaprofiilin kiinnityksessä haluttiin käyttää samoja ruuveja kuin muualla ovirungossa. Ovielähti kasataan käyttäen DIN7500CE M6 Taptite -ruuveja (kuva 32).



KUVA 32. Taptite-ruuvi (Taptite 2019, 6)

Taptite -ruuvi on itsekierteenmuovaava ruuvi ja sen kierreosuus on lievästi kartion muotoinen, joten ruuvitaskuissa päädyttiin käyttämään keskitysnyströitä (kuva 33). Ruuvitaskut suunniteltiin avoimiksi, koska avoimet ruuviurat antavat paremman geometrisen tarkkuuden profiilille sekä pidentävät työkalun käyttöikä (Alumeco 2018).



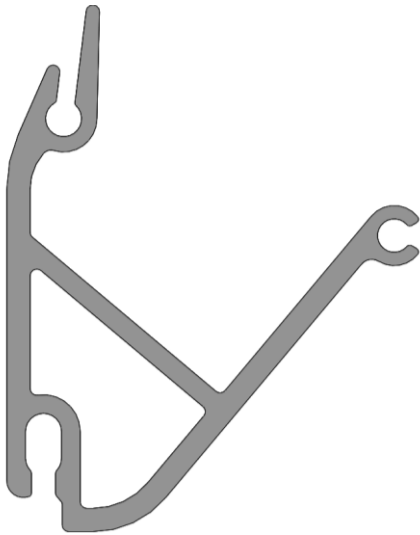
KUVA 33. Ruuvitasku (Purso 2014, 28)

Ruuvitaskuun sijoitettavat nystyrät parantavat toiminnallisuutta sekä kompensoivat profiilissa luontaisesti esiintyvää vaihtelua (Purso 2014, 16). Ruuvitaskun dimensiot määritettiin ruuvivalmistajan mitoitusohjeen mukaisiksi.

Viimeistelyssä alaprofiiliin tehdyt pyöristykset yhtenäistettiin sekä profiiliin tehdyt muodot tarkastettiin, että ne olisivat suunnitteluohjeen mukaisia. Lämpöraitojen syntyminen haluttiin välttää, koska alaprofiilin takareuna jää näkyviin. Viimeistellystä profiilista tehtiin valmistuspiirustukset, jotka hyväksyttiin asiakkaan muotoilijoilla ja alumiiniprofiilin toimittajalla.

7.2.2 Tiivisteprofiili

Suunnitteluvaiheessa tiivisteprofiilin liukupinnan muoto suunniteltiin alavipuun kiinnitettävää liukupalaa vastaavaksi. Profiilin ylä- ja alareunaan asennettavien kumitiivisteiden asennusvälykset määriteltiin prototyyppi testien ja yrityksen aikaisempien kokemusten pohjalta. Tiivisteprofiiliin kiinnitettävän akselin sovituksesta tehtiin tarpeeksi tiukka, jotta se laakeroituisi liukulaakereita vasten.

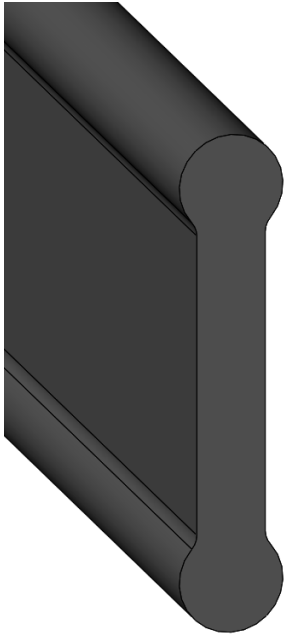


KUVA 34. Viimeistely tiivisteprofiili

Viimeistelyvaiheessa tiivisteprofiilille (kuva 34) tehtiin samat toimenpiteet kuin alaprofiilille. Alumiiniprofiilin toimittajalta saatiin palautetta, että profiiliin suunniteltu alemman kumitiivisteeseen säätöuran valmistus olisi mahdotonta. Työkaluvalmistajan mielestä alumiinin pursotukseen käytettävästä työkalusta tulisi liian heikko säätöuran kapean kohdan alueelta. Ratkaisuksi toimittaja ehdotti uran leventämistä. Uraa levennettiin ja kumitiivisteeseen tehtiin tarvittavat muutokset.

7.3 Kumitiiviste

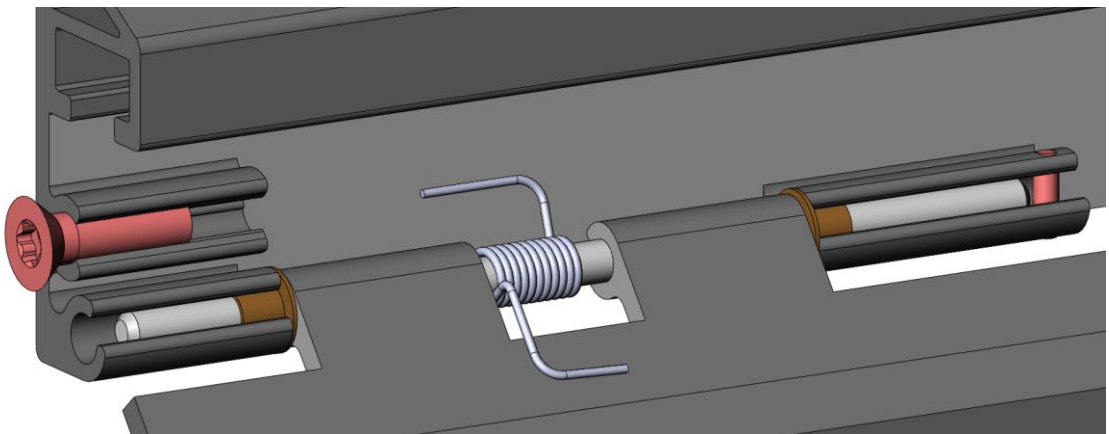
Tiivisteprofiiliin tehtyjen muutoksien johdosta kumitiivisteeseen (kuva 35) paksuutta jouduttiin kasvattamaan. Paksumpi kumitiiviste kestää paremmin pidätinruuveilla kiristämistä. Suunnittelussa varmistettiin, että tiivisteeseen pallomainen pääty tiivistyy hyvin alaprofiilin etureunan muotoa vasten. Kumitiivisteeseen pituus tulee olla hieman tiivisteprofiilia lyhyempi. Liian pitkäksi leikattu kumitiiviste voi jäädä laahaamaan alumiiniprofiilia vasten ja vaikeuttaa kääntymisliikettä.



KUVA 35. Tiivisteenä käytettävä kumiprofiili

7.4 Mekanismi

Mekanismilla (kuva 36) tarkoitetaan komponenttien joukkoa, joiden avulla toteutetaan alatiivistyksen saranointi. Siihen kuuluvat liukulaakerit, palautusjouset ja akseli. Normaalisti ovijärjestelmät mitoitetaan 1,5 miljoonalle syklille eli alatiivistys tekisi yhteensä 3 miljoonaa liikettä oven elinkaaren aikana. Komponentit valitaan siten, että ne säilyttävät toimintakyvyn $\pm 40^{\circ}\text{C}$ lämpötilavaihtelussa. Suunnittelussa pyritään huomioimaan kosteuden ja epäpuhtauksien pääsy mekanismin osiin. Lujuuslaskenta nähtiin tarpeettomaksi, koska mekanismin komponenttien kuormitus on matala ja liikenopeudet hitaita.



KUVA 36. Mekanismin lopullinen rakenne

Liukulaakeriksi valittiin aiemmin ovijärjestelmissä toimivaksi osoittautunut muovinen laakeri. Laakerointiratkaisuja tarjoaman Iguksen katalogista valittiin Iglidur G -sarjan kustannustehokas yleislaakeri, joka vastaa ominaisuuksiltaan alatiivistykselle asetettuja vaatimuksia. Valmistaja ilmoittaa laakerille alhaisen kitkakertoimen, hyvän kosteuden-sietokyvyn ja kulumiskestävyuden (Iigus 2019, 81).

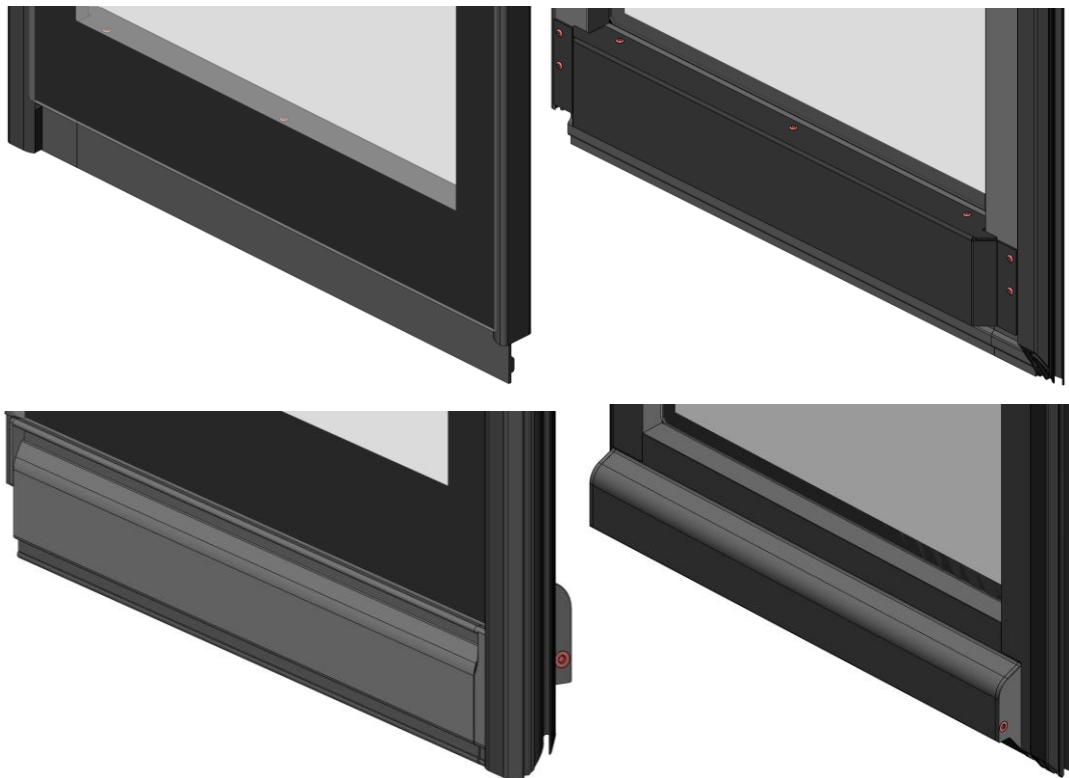
Akselin materiaaliksi valittiin ruostumaton teräs korroosion estämiseksi, koska mekanis-min täytyy olla huoltovapaa. Halkaisija ja pinnankarheus määritettiin laakerivalmistajan suunnitteluohjeen mukaan. Akselin päihin tehtiin viisteet asennuksen helpottamiseksi.

Jousen tehtävä mekanismissa on varmistaa tiivisteiden palautuminen kiinni-asentoon sekä tiivisteiden painaminen lattiaa vasten. Jouselle haluttiin siis myös pieni esijännitys kiinni-asennossa. Palautusjousta ei voitu valita suoraan katalogista, sillä jousen päädyt piti taituttaa tiettyyn asentoon. Jousen sisähalkaisija mitoitettiin pienemmäksi prototyypin tes-tien perusteella.

8 LOPPUTULOS

8.1 Vertailu

Uudesta ratkaisusta muodostui lopulta huomattavasti nykyaikaisemman näköinen (kuva 37). Rakenteesta saadaan siistin näköinen ja muuhun ovirunkoon yhtenevä. Käytännössä maalatut alumiiniprofiilit erotu niin epäedullisesti kuluttajan silmään kuin vanha kumitiiviste. Tiivisteprofiilin etureuna tulee ulkolasin tasalle, jolloin ulkopinnasta tulee lähes saumaton. Vanhassa alatiivistyksessä kuminen tiiviste jäi huomattavasti lasin pinnasta sisälle päin, jonka takia oven ulkopinta ei ollut yhtenäisen näköinen.



KUVA 37. Vanhan ja uuden tiivistyksen vertailu

Kuvasta nähdään myös, että uudessa tiivistyksessä päädyistä näkyviin jää vain yksi ruuvi, kun taas vanhassa näkyvät kaikki muovisuojuksen kiinnitysruuvit.

Kokoonpantavuuden kannalta uusi alatiivistys on mielekkäämpi. Kokoonpano ei vaadi ollenkaan hitsausta vaan kaikki on ruuvikiinnitteistä. Vanhassa alatiivistyksessä käytetävästä muovisuojuksesta päästiin eroon, joka poistaa käsitinä asennettavien poraruu-

vien käytön. Lisäksi eroon päästiin kumin palasesta, joka liimattiin vanhaan kumitiivisteseen karmikummin alle. Kokonaisuudessaan uuden alatiivistyksen komponenttien lukumäärä on kuitenkin suurempi.

Vanhan alatiivistyksen hyviin ominaisuuksiin kuului sen hyvä yhteensopivuus eri oviin. Alumiinista pursotetun alaprofiilin takia uuden alatiivistyksen muokattavuus on heikompi. Vanhan alatiivistyksen kanssa käyttötangon korvake pystyttiin suunnittelemaan lähes millaiseksi vain, jolloin ovigeometrian suunnittelu helpottui. Uusi alaprofiili asettaa korvakkeen dimensioille rajoitteita, joka on geometriaa suunniteltaessa otettava huomioon ja kompensoitava käyttötangon vipujen asentojen avulla.

Tuotteen nollasarja valmistettiin vasta opinnäytetyön jälkeen, joten syklitesteistä ei ollut tuloksia uuden ratkaisun toiminnallisuuden ja kestävyuden arviointia varten. Voidaan kuitenkin olettaa, että alumiininen tiivisteprofiili kestää paremmin kulutusta, jolloin käyttöikä pitenee.

8.2 Parannusehdotukset

Työssä suunnitellut alumiiniprofiilit tehtiin käyttämällä aiemmissa alumiiniprofiileissa hyväksi todettuja materiaalivahvuuksia ja muotoja. Materiaalivalintojen analysoinnin ja lujuuslaskennan avulla voisi mahdollisesti pienentää osien valmistuskustannuksia tai säästää kevyemmän rakenteen. Lujuuslaskenta täytyisi tehdä kokonaiselle ovilehdelle, jos alaprofiilia optimoitaisiin, koska se on osa ovilehden runkoa.

Alumiiniosiin tehtiin melko paljon koneistuksia mekanismin toteutustavasta johtuen. Mekanismin tyyppi vaihdettiin enemmän koneistuksia vaativaan toteutukseen asiakasyrityksen muotoilijoiden vaatimuksista johtuen. Monimutkaiset koneistukset kasvattavat valmistuskustannuksia.

Ajoneuvon korivalmistajien suurien valmistustoleranssien vuoksi ovijärjestelmiä joudutaan usein ensiasennuksen yhteydessä säätämään. Tästä syystä säätökohteisiin tulee päästä helposti käsiksi. Uudessa alatiivistyksessä tiivisteiden korkeuden ja käyttötangon korvakkeen säätöruuvit ovat piilotettu, joka hankaloittaa säätötoimenpiteitä. Varsinkin alemman kumitiivisteiden pidätinruuveihin käsiksi pääsyä voisi parantaa.

9 POHDINTA

Työn tärkeimpänä tavoitteena oli suunnitella tuote, joka täyttää asiakasvaatimuksen vapaa-aukon kasvattamisesta. Lopputulokseksi saatiin kehitettyä tuote, joka ratkaisi useita esitutkimuksessa havaittuja ongelmia ja täytti asiakasvaatimukset. Tuotteen lopulliseen muotoon vaikuttivat merkittävästi asiakasyrityksen suunnittelijoiden ja komponenttivalmistajien asiantuntijoiden kanssa käydyt keskustelut, joiden perusteella saatiin kehitettyä muotoilultaan nykyaikainen tuote, joka vastaa toiminnallisia vaatimuksia. Tuote on määrää saattaa sarjatuotantoon vuoden 2019 aikana ja se korvaa vanhan alatiivistysratkaisun kaikissa Tamwaren valmistamissa uusissa sisäänpäin kääntyvissä ovissa.

Tuotekehitystyö eteni tuotekehityksen kirjoissa esitettyjä tuotekehitysprosessikaavioita mukaillen, ja hieman niitä soveltaen. Käytännössä kehitysprosessin vaiheita suoritettiin osittain saman aikaisesti ja aikaisempiin vaiheisiin palattiin toisinaan takaisin. Välimaa ym. (1994, 25) prosessikaavio, joka esiteltiin teoriaosassa, ei vastaa täysin nykypäivän teollisuuden käytännön tapoja. Kehittyneiden suunnittelu- ja projektinhallintaohjelmien avulla voidaan prosessin vaiheita suorittaa samanaikaisesti entistä joustavammin. Projektin aikataulusta johtuen opinnäytetyöhön ei saatu sisällytettyä viimeistelyvaihetta kokonaisuudessaan. Nollasarjan valmistaminen ja syklitestausta jäivät opinnäytetyön ulkopuolelle.

Olisi ollut hienoa, jos tiivistykseen olisi keksitty mullistavia ideoita, joita kukaan muu ei ole aikaisemmin keksinyt. Kilpailijakartoituksessa ei löydetty säädettävyyteen viittavia ratkaisuja, joten mielenkiinto alemman tiivistekumin säätöominaisuuden patentointia kohtaan kasvoi. Patentoinnin ja mallisuojaamisen mahdollisuuksien selvityksessä kävi ilmi, että patenttihakemusta varten ideaa olisi täytyntä kehittää uutuusarvon kasvattamiseksi. Lisäksi kilpailijoiden olisi ollut helppoa kiertää patentti, koska säädössä ei ollut tarpeeksi uniikkia toimintoa.

Suunnittelua tehtiin yhteistyössä kansainvälisten yhteistyökumppaneiden ja asiakkaiden kanssa. Asiantuntijoiden kanssa käydyistä keskusteluista sai uusia ajatuksia ja näkökulmia, joita ei muuten olisi ymmärretty ottaa huomioon. Tamwaren ovijärjestelmäasiantuntijat tukivat suunnittelua ja osasivat tarvittaessa ohjata kehitystä haluttuun suuntaan.

Työstä teki erityisen mielekästä se, että projektilla oli selkeä tarve ja tavoite. Parityöskentely helpotti ideointia ja auttoi luomaan useita toisistaan poikkeavia konsepteja. Projektiin oli varattu hyvin aikaa ja riittävästi resursseja muun muassa prototyypin valmistamiseen ja patenttitutkimuksen teettämiseen. Työ ei ollut pelkästään tietokoneella suunnittelua, vaan komponentteja pääsi tutkimaan ja testaamaan konkreettisesti.

LÄHTEET

3D Formtech. 2018. 3D-tulostetut prototyypit tekevät tuotekehityksestä nopeampaa ja edullisempaa. Julkaistu 20.11.2018. Luettu 20.2.2019. <https://3dformtech.fi/blogi/3d-tulostus-ja-prototyypit/>

Alajoutsijärvi, K., Karlos, A., Blomqvist, M., Holmstöm, J., Järvenpää, E., Karjalainen, J., Kujala, J., Laamanen, T., Lillrank, P., Lehtonen, J-M., Tansakanen, K., Tikkanen, H., Tuomi, J., Ylitalo, J., & Söderström W. 2004. Tuotantotalous. 1.-2. painos. Porvoo: WS Bookwell Oy.

Alumeco. Pursotettujen alumiiniprofiilien suunnittelu. Luettu 8.10.2018. <https://www.alumeco.fi/asiiantuntemus-ja-tekniikka/profiilit-ja-suunnittelu/pursotettujen-alumiiniprofiilien-suunnittelu>

Argillander, A. 2018. Selvitystyö sylinteritoimisen telaohjaimen oman valmistuksen kannattavuudesta. Konetekniikan koulutus. Karelia-ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Asiakastieto. Taloustiedot Oy Tamware Ab. Luettu 28.3.2019. <https://www.asiakastieto.fi/yritykset/fi/oy-tamware-ab/02091647/taloustiedot>

DIN 6701. 2004. Adhesive Bonding in Rail Vehicle Industry. Luettu 2.1.2019. Vaatii käyttöoikeuden.

DPMA. 2016. Patenttjulkaisu. Julkaistu 7.4.2016. Luettu 6.10.2018. <https://depatist-net.dpma.de/DepatisNet/depatistnet?action=pdf&docid=DE102014014715A1>

Farag, M. 2008. Materials and Process Selection for Engineering Design. 2. painos. Boca Raton: CRC Press.

Igus. Tuotekuvasto, laakerit. Luettu 10.3.2019. https://www.igus.co.uk/content-Data/Product_Files/Download/pdf/UK_BRG8_01_iglidur-bearings.pdf

Jokinen, T. 2001. Tuotekehitys. 6. painos. Helsinki: Otatieto.

Kauppila, J. suunnittelujohtaja. 2018. Haastattelu 6.9.2018. Haastattelija Poutanen, P. Tampere.

Lesjöfors. Tuotekuvasto, jouset. Luettu 6.2.2019. https://www.lesjoforsab.com/teknisk-information/spring_catalogue_no_14.1_id2435.pdf

Noorani, R. 2018. 3D Printing Technology, Applications and Selection. Boca Raton: CRC Press.

Nuovo Man Lion's City New Bus Review. Kuvakaappaus linja-auton esittelyvideosta. Youtube 2019. Katsottu 28.1.2019. <https://www.youtube.com/watch?v=bG5StGiBCDE>

Purso. 2014. Profiilisuunnittelun käsikirja. Luettu 7.9.2018. http://www.purso.fi/files/8314/3134/9277/purso_profiilisuunnittelun_kasikirja.pdf

Solaris Urbino 12 Hybrid Bus Exterior and Interior. Kuvakaappaus linja-auton esittelyvideosta. Youtube 2019. Katsottu 8.1.2019. <https://www.youtube.com/watch?v=b5fjUnrV7Jc>

Tamware. 2019. Polar-esite. Luettu 20.3.2019. http://tamware.com/wp-content/uploads/2018/09/TW_Polar_web.pdf

Taptite. Tuotekuvasto, kiinnitystarvikkeet. Luettu 15.3.2019. <http://www.tap-tite.com/pdfs/documents/TAPTITE2000-CONTI-REMINC.pdf>

UNECE Regulation 1.7.1972/26.

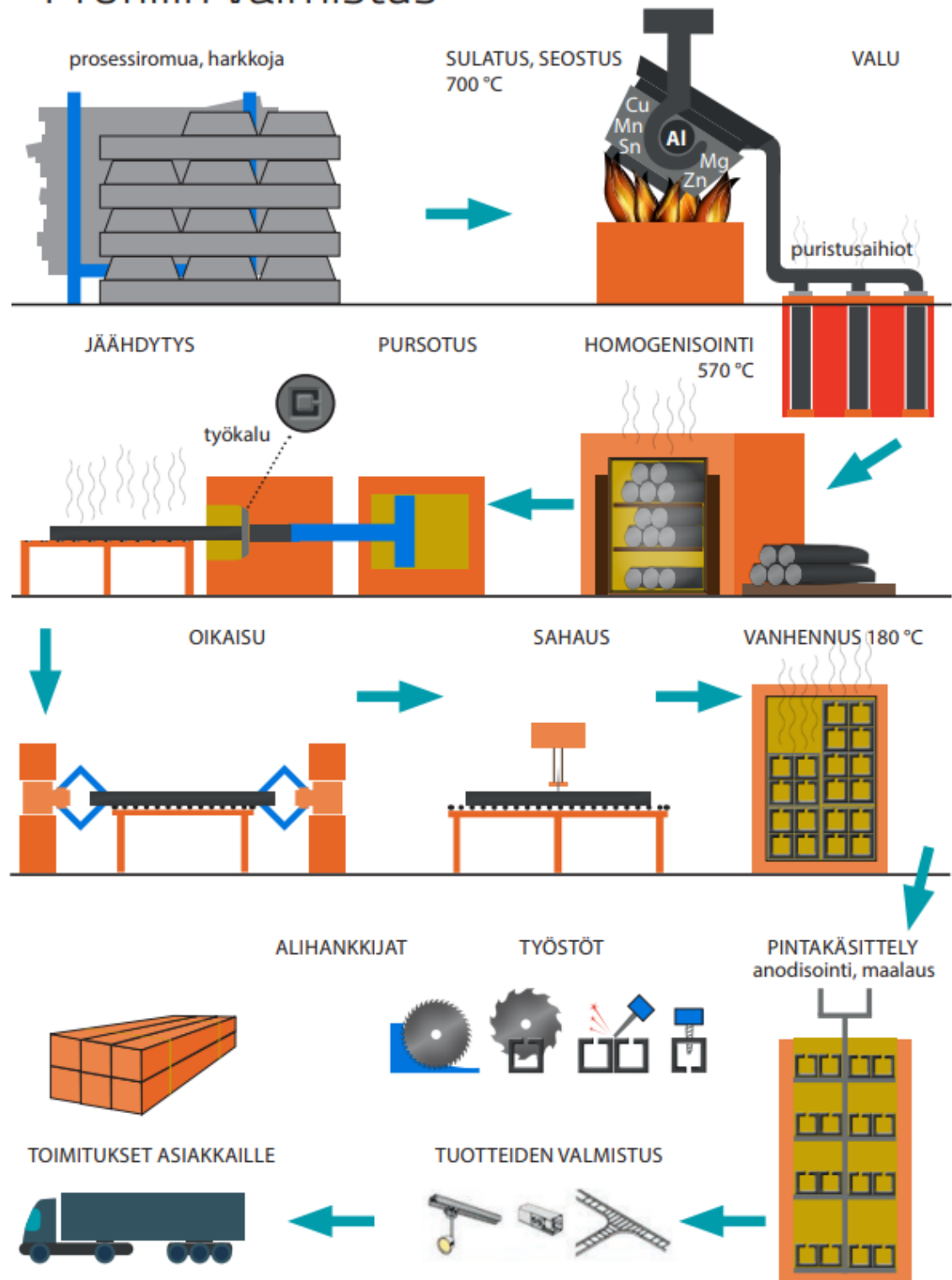
Välimaa, V., Kankkunen, M., Lagerroos, O. & Lehtinen, M. 1994. Tuotekehitys: asiakastarpeesta tuotteeksi. Helsinki: Painatuskeskus Oy.

Wabtec. Door panels. Luettu 8.12.2018. <https://www.wabtec.com/products/4991/door-panels>

Waters, F. 2003. Fundamentals of Manufacturing for Engineers. Lontoo: Taylor & Francis.

Läite 2. Alumiiniprofiilin valmistustekniikka

Profiilin valmistus



(Purso 2014, 6)