



Liikennemerkkien irrotustyökalun uudelleensuunnittelu

Mikko Toivio

Opinnäytetyö
LAB-ammattikorkeakoulu
Muotoiluinstituutti
Teollinen muotoilu
Kevät 2023

Ohjaaja Petteri Venetjoki

Abstrakti

Opinnäytetyössäni tarkoituksena suunnitella liikennemerkkien irrottamiseen tarkoitettu työkalu uudelleen, parantaen työkalun ominaisuuksia nykyisten käyttöongelmien pohjalta.

Työkalua kehittämällä parannetaan työskentelyn ergonomiaa ja tehostetaan materiaalien uusiokäyttöä sekä kierrätystä.

Toimeksiantajana on Tampereen Infra Oy.

Avainsanat:

Teollinen muotoilu, työkalu, prototyyppi, liikennemerkit

Abstract

In my thesis, I'm redesigning an existing tool meant for removing traffic signs, to fix its usability problems.

By fixing the issues, ergonomics are improved and recycling and reuse of materials is made easier.

Client is Tampereen Infra Oy.

Keywords:

Industrial design, tool, prototype, traffic signs

Sisällysluettelo

1.	Johdanto	4	4.1.1	Ruuvitunkki	20	5.1	Tarkoitus	33
1.1	Tavoitteet	5	4.1.2	Hydraulinen	21	5.2	Rakentaminen	34
1.2	Työn kohde	6	4.2	Kiristysosa	22	5.3	Viimeistely	40
2.	Liikennemerkkin rakenne	9	4.2.1	Epäkesko	24	5.4	Muutokset	41
3.	Nykyiset työkalut	13	4.2.2	3D-tulostus	26	5.5	Operointi	42
3.1	Hydraulinen työkalu	14	4.2.3	Kahden pisteen kiristys	28	5.6	Käyttäjien palaute	49
3.2	Mekaaninen työkalu	16	4.2.4	Ruuvikiristys	29	6.	Yhteenveto	51
4.	Suunnittelu	18	4.3	Mallinnus	30	6.1	Pohdinta ja jatkokehitys	52
4.1	Voimanlähteet	19	5.	Prototyyppi	32	Lähteet		53

1. Johdanto

Suomessa käytettävät liikennemerkit ovat koko maan alueella yhtenäisiä ja noudattavat tieliikennelain mukaisia säädöksiä. Näitä ovat mm. liikennemerkeille asetetut tarkat kokovaatimukset, CE-laatuvaatimukset ja heijastinkalvojen heijastusluokat (Traficom, Liikenteenohjauslaitteiden värit, rakenne ja mitoitus, 2022). Liikennemerkkien rakennetyypit kuitenkin vaihtelevat Suomessa paikkakunnittain ja rakenneratkaisuihin vaikuttavat suuresti myös eri liikennemerkkien valmistajat. Pääsääntöisesti suurin osa liikennemerkeistä kuitenkin koostuu kuudesta osasta, joiden kappalemäärä ja koko vaihtelee merkkien määrän ja liikennemerkin sijoituspaikan mukaan.

1.6.2020 voimaan tulleen tieliikennelain uudistuksen myötä liikennemerkkien määrä ja koko kasvoivat, etenkin lisätekstikilpien osalta. Tämä tarkoittaa lisääntyntä tarvetta uusien liikennemerkkien asennukselle ja vanhojen liikennemerkkien poistamiselle. Vaikka uusien liikennemerkkien siirtymäaika on pääosin 10 vuotta (Väylävirasto, Uusia liikennemerkkejä tulossa käyttöön 1.6.2020 alkaen, 2020), on otettava huomioon liikennemerkkien huomattavan suuri määrä kentällä. Useissa tapauksissa vanhojen liikennemerkkien putket eivät vastaa uusien ja kookkaampien liikennemerkkien tilantarvetta, jolloin putki on poistettava ja tilalle asennetaan uusi.

Opinnäytetyö keskittyy kyseisen työtehtävään tarkoitetun työkalun uudelleensuunnitteluun.

1.1 Tavoitteet

Tavoitteina ovat liikennemerkkien asennukseen liittyvän työtehtävään soveltuvan irrotustyökalun suunnittelu, tekninen mekaniikan analysointi, tuotteen ominaisuuksien suunnittelu kenttäkäyttöä suorittavan käyttäjän näkökulmasta ja niiden visualisointi muotoilijan työkalujen kautta, toimivan prototyypin valmistaminen sekä prosessin dokumentointi kirjallisena ja kuvallisena näytteenä. Dokumentaatio ja prototyyppi toimivat tulevaisuudessa pohjatietona mahdolliselle seuraavan tuotemallin jatkokehitykselle

Kirjoittaja itse työskentelee Tampereen Infralla toimien liikennemerkkien asentajana ja valtaosa tässä opinnäytetyössä mainituista kenttätyöskentelyn ongelmista ja vaatimuksista ovat peräisin konkreettisesta työskentelystä sekä siihen pohjautuvasta kokemuksesta.

1.2 Työn kohde

Liikennemerkkien asentajan työnkuvaan kuuluvat lukuisat kentällä suoritettavat asennukset, poistot ja siirrot. Tässä opinnäytetyössä keskitytään liikennemerkkikokonaisuuksien irrottamiseen eli teräspankin poistamiseen betonijalustasta ja siihen tarkoitetun työkalun uudelleensuunnitteluun.

Putken irrottamista jalustasta tarvitaan, kun liikennemerkkikokonaisuus poistetaan käytöstä, se vaihdetaan erikokoiseen putkeen tai alkuperäinen putki on vaurioitunut eikä sitä voida enää käyttää. Jalustan ja putken väliin asetettu kaksiosainen tiiviste pitää putken kireästi paikoillaan jalustassa ja pääsääntöisesti liikennemerkkikokonaisuus saadaan irrotettua käsivoimin kääntämällä ja vetämällä samaan aikaan.

Ongelma on kuitenkin putkien taipumus ruostua ikääntyessään, jolloin ruosteinen putki "hitsautuu" jalustan sisäseinämiin tehden sen irrottamisesta käsivoimin käytännössä mahdotonta. Putkien ruostumista aiheuttavat yleisesti sadevesi, mutta myös suuria ruostumista aiheuttavia tekijöitä ovat lemmikkieläinten tai jopa tielläliikkujien virtsa.

Ruosteen lisäksi tieliikenteessä tapahtuvat kolarit vaurioittavat usein tiensivussa sijaitsevia liikennemerkkejä ja kovan iskun vääntövoima saattaa aiheuttaa putken jumiutumisen jalustaan.



Kuva 1. Ruostunut ja jumiutunut putkenpätkä jalustassa.



Kuva 2. Vaurioitunut liikennemerkkiputki Hervannassa sattuneen liikenneonnettomuuden jäljiltä. Putki on jouduttu katkaisemaan sahaamalla.

Myös liian kovalla voimalla asennettu tiiviste saattaa kiristää liikennemerkin varren jalustaan niin, ettei sen kaivaminen jalustan ja putken välistä ole enää mahdollista. Vaikuttavia tekijöitä ovat myös maaperä, johon liikennemerkki on asennettu.

Etenkin tiiviin taajaman ja keskustan alueilla on tyypillistä asentaa liikennemerkkien jalustat asfaltoinnin yhteydessä, jolloin putkien irrottaminen saattaa olla erittäin hankalaa ilman soveltuvaa työkalua.



Kuva 3. Kasvillisuuden ja maan nielemä jalusta Tampereen keskustan alueella.

2. Liikennemerkkin rakenne

Jotta ymmärretään tekstissä käsiteltyä aihetta ja kehitettävän työkalun käyttöympäristöä, on syytä tutustua liikennemerkkien rakenteeseen tarkemmin. Liikennemerkeissä yleisemmin käytettävät osat on selitetty seuraavasti.

Jalusta: Maahan upotettava betonista valmistettu suorakulmainen särmiö, jonka tarkoituksena on pitää liikennemerkkikokonaisuus pystyssä maastossa. Jalustan läpi kulkee noin 80 millimetriä halkaisijaltaan mitoitettu kartiomainen reikä, johon liikennemerkissä käytettävä varsi liitetään. Reiän reuna on vahvistettu ohuella teräsrenkaalla estämään sementin halkeamista. Jalustat vaihtelevat pituudeltaan 500 millimetristä 700 millimetriin ja ovat äärileveydeltään noin 200 millimetriä. Jalustan pituudesta riippuen, liikennemerkkin varresta noin 30 – 50 millimetriä pysyy jalustan sisällä. Lisäksi jalustan muoto on loivasti kartiomainen, joka estää sen nostamisen ulos ja lisää vakautta.

Tiiviste: Polyeteenistä valmistettu kaksiosainen lyhyt sylinterimäinen rengas, jolla jalustaan asetettu liikennemerkkin varsi kiristetään paikoilleen lyömällä se sisään. Tiiviste toimii kiilana jalustan ja varren välissä ja tiivisteiden kaksiosainen rakenne sallii niiden irrottamisen, mikäli liikennemerkkikokonaisuus on poistettava, vaihdettava tai korjattava. Tiiviste on noin 40 millimetriä korkea ja halkaisijaltaan 80 millimetriä.

Putki: Liikennemerkkiputki tai -varsi on teräksestä valmistettu 60 millimetriä halkaisijaltaan oleva putki, jonka tarkoituksena on pitää liikennemerkki näkyvällä korkeudella ja oikeassa järjestyksessä. CE-hyväksytyt ja standardin SFS EN 12899-1 mukaan hyväksytyt liikennemerkkipylväät on pinnoitettu kestämään olosuhteiden aiheuttamaa korroosiota (Trafino Oy, Liikennemerkkin putkivarsi, 2022). Liikennemerkkien varret vaihtelevat suuresti merkkien määrän ja koon mukaan 2200 millimetristä 4500 millimetriin. Kulkuväylille ja tiensivuille sijoitettavissa liikennemerkissä käytettävä varsi on kuitenkin mitoitettava niin, että alimman merkin ja maan väliin jää 2200 millimetriä tyhjää tilaa (Valtioneuvoston asetus liikenteenohjauslaitteiden käytöstä 379/2020). Nykyisin käytettävien varsien seinämävahvuus on 2 millimetriä liikenneturvallisuuteen liittyvistä syistä.

Liikennemerkki: Tieliikenteen ohjaamiseen tarkoitettu kyltti tai opaste. Liikennemerkkien grafiikalla, tekstillä, muodoilla ja väreillä ohjataan, opastetaan, ilmoitetaan ja varoitetaan tieliikennettä ja muita tiellä liikkuvia. Liikennemerkkeihin kuuluvat myös lisäopasteet, joilla tarkennetaan yllä olevaa merkkiä eli päämerkkiä. Yhteen varteen voidaan lisätä useita liikennemerkkejä käyttämällä korkeampaa vartta. Yleisesti käytettävät liikennemerkkit ovat halkaisijaltaan 640 millimetriä ja ne valmistetaan nykyisin alumiinista, jonka päälle asennetaan grafiikan tai tekstin sisältävä, heijastava tarra.

Kiinnikkeet: Liikennemerkkit asennetaan varteen kahdella puristavalla kiinnikkeellä, jotka on valmistettu polypropeenista, alumiinista, sinkitystä teräksestä tai piin ja alumiinin seoksesta eli silumiinista. Kiinnikkeet liitetään merkkeihin ja varsiin pulteilla ja ne ovat siirreltävissä sekä poistettavissa helposti.

Hattu: Polyeteenistä valmistettu putken päähän asettava hattumainen kiekko, joka estää sadeveden pääsyn putken sisään. Ilman hattua vesi saattaa jäädä seisomaan maahan kaivetun liikennemerkkiputken alapäähän, jolloin putki ruostuu sisältä päin. Jalustan sisään ruostunut putki on usein mahdotonta irrottaa käsivoimin ilman asianmukaista työkalua.

Edellä mainituista liikennemerkkien osista jalustat, putket, liikennemerkkit ja kiinnikkeet ovat monissa tapauksissa uudelleen käytettäviä, joko heti tai huoltamisen jälkeen. Ottaen huomioon liikennemerkkien huomattavan määrän tieliikenteessä, on materiaalien ja osien uudelleen käyttäminen taloudellisesta ja ympäristön kuormituksen näkökulmasta järkevää.

Helpottamalla liikennemerkkien poistamista suunnittelemalla kyseiseen tehtävään optimoitu työkalu, voidaan selvästi vaikuttaa osien uusiokäyttöön ja vähentää uusien tarvikkeiden tarvetta. Tehtävään soveltuvalla ja toimivalla työkalulla on myös muita hyötyjä, sillä se vähentää työhön käytetyn ajan määrää sekä kuljetuksiin käytettyjen resurssien määrää. Myös nämä ovat taloudellisesta ja ympäristön kuormituksen kannalta myönteisiä vaikutuksia.



Kuva 4. Putket on katkaistava, sillä niitä ei saada irrotettua jalustasta.

3. Nykyiset työkalut

Tampereen Infran Liikennemerkkitoimistossa on nykyisin käytössä kaksi liikennemerkkien irrottamisessa käytettävää työkalua: hydraulinen ja mekaaninen. Hydraulisen irrotustyökalun toimintaperiaate perustuu hydrauliseen pumppuun, jonka paine puskee jalustaa alas ja samaan aikaan vetää liikennemerkin varren ylös, näin erottaen osat toisistaan. Mekaaninen työkalu puolestaan käyttää hyväkseen vipuvoimaa ja käyttäjän omaa painoa.

Tässä osiossa käydään läpi kummankin nykyisen työkalun ongelmakohtia ja etuja mekaanisesta sekä käyttäjälähtöisestä näkökulmasta.

3.1 Hydraulinen työkalu

Edut:

Hydraulinen pumppu hyödyntää painetta tehokkaasti ja sen operointi on vaivatonta. Sillä saadaan kohdistettua valtava voima pienessä koossa, joka mahdollistaa työkalun potentiaalisesti kompaktimman koon. Tämä tarkoittaa huomattavasti pienempää fyysistä suoritusta käyttäjälle ja vähentää käyttäjän niveliin kohdistuvaa rasitusta. Hydraulisen pumpun hallittavuus on erittäin hyvä ja varsi voidaankin poistaa jalustasta hitaasti ja varovasti. Se on myös toimintavarma eikä vaadi monimutkaista mekaniikkaa toimiakseen.



Kuva 5.

Ongelmat:

Nykyinen hydraulinen irrotustyökalu ei kohtaa vaadittavaa käyttäjäystävällisyyttä. Suuri koko ja paino hankaloittavat työkalun käyttöä sekä tekevät työkalun käytöstä epämukavaa ja hallitsematonta. Ylimääräinen pituus rajoittaa työkohteiden määrää, jos merkit on sijoitettu normaalia alemmaksi tai jos putki on vääntynyt. Työkalun koko on ongelma etenkin asennusautoissa käytettävän säilytystilan suhteen, sillä se ei mahdu työkalujen säilytystilaan jatkuvasti kuljetettavaksi. Lisäksi liikennemerkin varteen kiristettävä kiinnitysmekanismia on erittäin vaikea käyttää ja saattaa pahimmassa tapauksessa aiheuttaa työkalun kaatumisen aiheuttaen vaaratilanteita. Näistä syistä työkalua ei kuljeteta kentällä ja sen käyttö on jäänyt olemattomaksi.



Kuva 6.

3.2 Mekaaninen työkalu

Edut:

Vipuvoimaa hyödyntämällä saadaan käyttöön suuri määrä voimaa yksinkertaisella mekanismilla ja vähäisellä osien määrällä. Mekanismi on helppo valmistaa ja se on itsessään käytännössä täysin toimintavarma. Työkalu on erittäin helppo valmistella käyttöä varten, sillä ainoastaan työkalun kiristettävä kiinnitysmekanismi liitetään liikennemerkkikokonaisuuteen. Se on suhteellisen kevyt ja kapean kokonsa ansiosta sitä on helppo säilyttää asennusautossa ja kuljettaa mukana kentällä.



Kuva 7.

Ongelmat:

Työkalun käyttäminen on edelleen fyysisesti rasittavaa, sillä voimanlähteenä toimii suoraan käyttäjä itse. Oman painon hyödyntäminen on työkalun muotoilun vuoksi erittäin hankalaa ja epämiellyttävää. Lisäksi kenttäkäytössä on ilmennyt, ettei työkalun tuottama vipuvoima ole riittävä vaativia kohteita varten. Vivun pituutta olisi tällöin lisättävä voiman lisäämiseksi mutta se tarkoittaisi myös työkalun kokonaismitan kasvamista, jolloin kuljetus ja säilytys hankaloituu. Ongelmana on myös kiristettävän kiinnitysmekanismen heikkous. Vaativa käyttöympäristö aiheuttaa liikaa kulumista heikkoon ja pieneen kiristysmekanismiin ja se vaatii akkumutterinvääntimen käyttöä riittävän puristuksen saavuttamiseksi.

Kahdesta tämänhetkisestä työkalusta vain mekaaninen malli on käytössä sen kevyemmän painon ja yksinkertaisuuden vuoksi.



Kuva 8.

4. Suunnittelu

Voimanlähteiden pohdinta

Kiristysosan ideointi

Mallinnus



4.1 Voimanlähteet

Irrotustyökalu vaatii toimiakseen voimanlähteen, jotta liikennemerkkiputki saadaan erotettua jalustasta. Voimanlähde voi käytännössä olla mekaaninen, koneellinen tai käyttäjä itse. Sen on kuitenkin vastattava työtehtävässä vaadittuja kriteereitä.

Voimanlähteen on oltava kooltaan mahdollisimman kompakti, sillä työkalua kuljetetaan ja varastoidaan asennusautossa suurimman osan ajasta. Liian suuri koko aiheuttaa helposti ongelmia työkalua kantaessa ja käytössä. Voimanlähde ei myöskään saa olla käytettävyydeltään liian vaativa vaan sen toimintatapa on oltava selkeästi ymmärrettävissä. Huomioitavia asioita ovat myös mahdollisimman pieni huoltotarve ja säänkestävyys.

4.1.1 Ruuvitunkki

Autojen nostamiseen tarkoitettu ruuvitunkki on kooltaan kompakti ja ruuvimekanismia pyörittämällä saadaan aikaan suuri nostovoima. Tunkin etuja ovat mekanismin yksinkertaisuus ja helppokäyttöisyys.

Ongelmaksi kuitenkin muodostuu tunkin operointitapa. Riittävän nostovoiman saavuttamiseksi on kampea pyöritettävä useaan kertaan. Vastuksen kasvaessa kammen pyörittämiseen vaadittava voima myös kasvaa, jolloin pyörivä liike auttaa työkalussa edestakaista liikettä. Tämä operointitapa tekisi työkalusta hyvin epästabiilin tuntuisen.



Kuva 9.

4.1.2 Hydraulinen

Hydraulinen tunkki on kooltaan erittäin pieni ja suhteessa kokoon sillä on eniten nostovoimaa. Kapean profiilinsa ansiosta se asettuu hyvin lähelle liikennemerkkiputkea, jolloin voimasiirto on mahdollisimman lineaarinen.

Tunkin operointiin vaadittava liike on ainoastaan pystysuuntainen, mikä ei aiheuta epästabiilia sivuttaisliikettä. Tällöin työkalu pysyy tehokkaasti paikoillaan.



Kuva 10.

4.2 Kiristysosa

Tässä kontekstissa kiristysosalla tarkoitetaan irrotustyökalun osaa, jolla työkalu kiinnitetään liikennemerkkin putkeen sen irrottamista varten.

Kiristysosa on työkalun vaativimpia osia, sillä sen on kiristyttävä putkeen tarpeeksi riittävällä voimalla ja kuitenkin oltava operoitavissa helposti käsivoimin. Siinä on vältettävä irtonaisia osia, jotka on poistettava väliaikaisesti työkalun operointia varten tai muuten helposti irtoavia osia. Tällaiset osat vaikeuttavat huomattavasti työkalun hallittua operointia ja vaativissa työolosuhteissa riskinä on myös niiden katoaminen.

Kiristysosan on oltava sovitettavissa 60 millimetriä halkaisijaltaan olevaan putkeen ilman ylimääräisiä mitoituksia tai lisäapuvälineitä. Tässä helpottavana tekijänä on itsenäisten liikennemerkkiputkien yleismitta, joka ei muutu riippumatta liikennemerkkikokonaisuuksien pituudesta tai sijainnista. Ainoastaan erikoistapauksissa ja suuremmilla tieosuuksilla käytetään kookkaampia putkikokoja, mutta ne eivät kuulu aiheessa käsiteltävään käyttöalueeseen.

Lähtökohtaisesti kiristysosan toimintaperiaate perustuisi kitkaan eli puristusvoiman ollessa riittävä putki ei pääse liikkumaan suhteessa kiritysosaan ja tuotettu voima kohdistuu ainoastaan putken ja jalustan liitoskohtaan erottaen ne toisistaan. Puristusvoima tuotetaan ruuvimekanismilla, joko käsin tai koneellisesti. Tätä periaatetta on käytetty aikaisemmissa työkaluissa suhteellisen hyvällä menestyksellä ja tarkoitukseni on käyttää sitä myös uudessa mallissa. Suunnitteluprosessissani on kuitenkin tavoitteena pohtia myös muita vaihtoehtoisia kiristystekniikoita.

4.2.1 Epäkesko

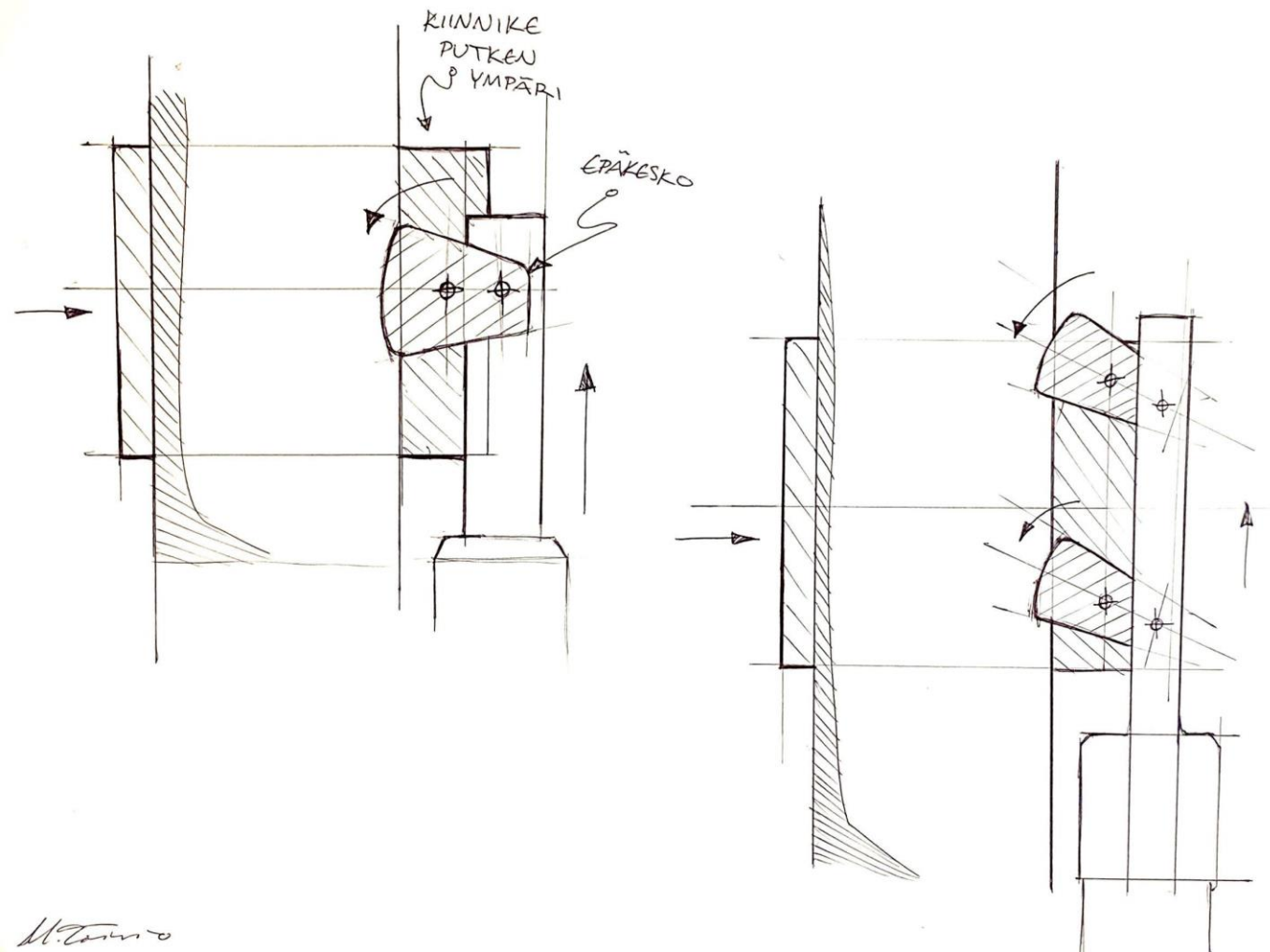
Teräsvaijereiden vetämiseen ja kiristämiseen tarkoitettu työkalu eli vetosammakossa käytetään epäkeskoa hyödyksi (Kuva 11.). Sen avulla työkalua vedettäessä epäkesko puristuu teräsvaijeria vasten ja vetovoiman kasvaessa myös puristusvoima kasvaa.

Tätä samaa mekaniikkaa voitaisiin käyttää liikennemerkkiputkiin tarttumiseen. Putken ja jalustan erottamiseen käytetty liike ja voima siirrettäisiin epäkeskon kautta osittain myös kiristysosan kiristämiseen putkea vasten. Tällöin erillistä kiristystä ei tarvittaisi ja teoriassa mitä tiukemmin putki on jumiutunut jalustaan, sitä lujempi kiritysoson puristusvoima on.



Kuva 11. (Haklift Oy, Vetosammakko)

Kyseisestä mekaniikasta tehtiin piirrosluonnos, jossa pohdittiin osien lukumäärää ja niiden liikerataa. Jotta putkeen kohdistuva paine jakautuisi tasaisemmin ja kitkapinta-alaa olisi enemmän, on kiristysosassa oltava kaksi kappaletta epäkesko-osia.



M. Taiminen

Kuva 12.

4.2.2 3D-tulostus

Luonnosten pohjalta mallinnettiin kolmiulotteinen malli, joka tulostettiin 3D-tulostimella fyysiseksi 1:1 malliksi. Fyysisen mallin tarkoituksena on demonstroida mekaniikan toimintaperiaatetta fyysisesti ja osoittaa mahdollisia käytännön ja rakenteen ongelmia.

Mallin tarkoituksena ei ole demonstroida puristusvoiman suuruutta eikä se vastaa yksityiskohdiltaan todellista teräsrakenteista osaa.



Kuva 13.

Malli demonstroi epäkeskomekaniikan toimintaperiaatetta. Tulostetusta mallista kuitenkin huomattiin välittömästi, ettei kyseinen mekaniikka ole tarpeeksi stabiili. Kiristysosa pyrkii jatkuvasti liikkumaan suhteessa putkeen eikä kiristy siihen. Rakenteen hallittavuus myös kärsii suuresti vapaasti liikkuvista osista. Lisäksi kysymyksiksi nousivat rakenteen kestävyys ja luotettavuus: Kuinka kovaa painetta epäkeskoihin perustuva mekaniikka kestää? Pysyykö kiristysosa putkessa kiinni ilman suljettua rakennetta?

Lopputulemana epäkeskoon perustuvan mekanismin käyttäminen kiristysosassa tarjoaa enemmän käyttöongelmia kuin helpottaisi niitä. Ihanteellisesti kyseinen mekanismi poistaisi työkalun operoinnissa manuaalisen kiristämisen tarpeen, näin nopeuttaen työtehtävää mutta muiden syntyvien ongelmien valossa työkalun luotettavuus ja käyttömukavuus kärsii suhteettomasti.

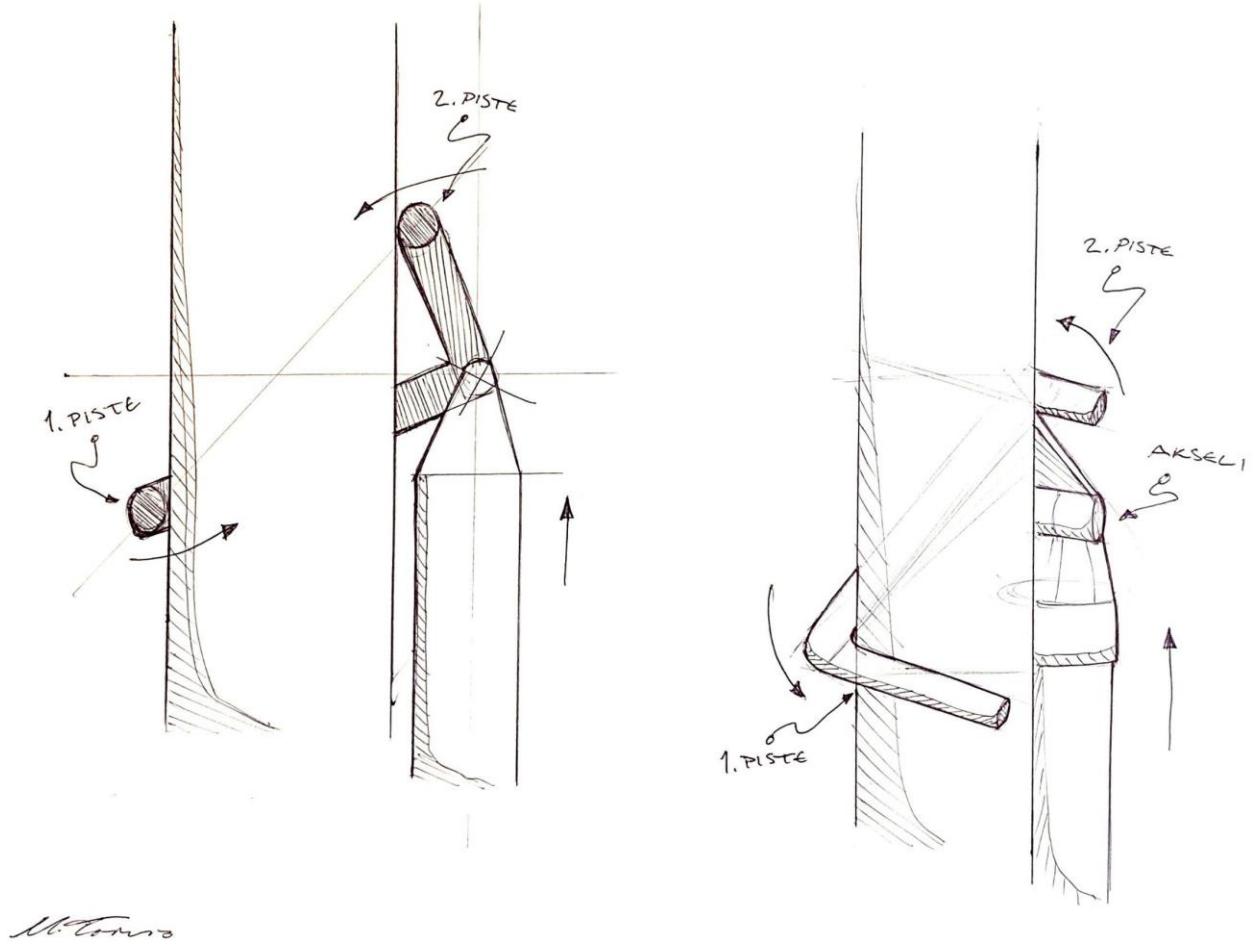


Kuva 14.

4.2.3 Kahdentukipisteen kiristys

Kiristäminen kahdella tukipisteellä toimisi samalla tavalla kuin sähköasentajien usein käyttämät tolppakengät. Vertikaalinen liike ja voima ohjataan kahdelle tukipisteelle ja niiden väliin jäävään tolppaan kohdistuu voimakas paine. Samalla tavoin työkalussa käytettyä vertikaalista nostoliikettä voitaisiin käyttää samaan aikaan kiristysosan liittämiseen liikennemerkkiputkeen.

Ensimmäisenä ongelmana nousee kyseisen mekanismin luotettavuus. Jotta mekanismi toimisi odotetulla tavalla, täytyisi voimansiirron kohdistua siihen tasaisesti. Kahden tukipisteen asettuminen putkea vasten vaatisi kiristysosan ja voimansiirron väliin akselin. Tähän akseliin kohdistuisi valtava paine, joka puolestaan muodostaa tarpeettoman heikon kohdan mekanismissa.

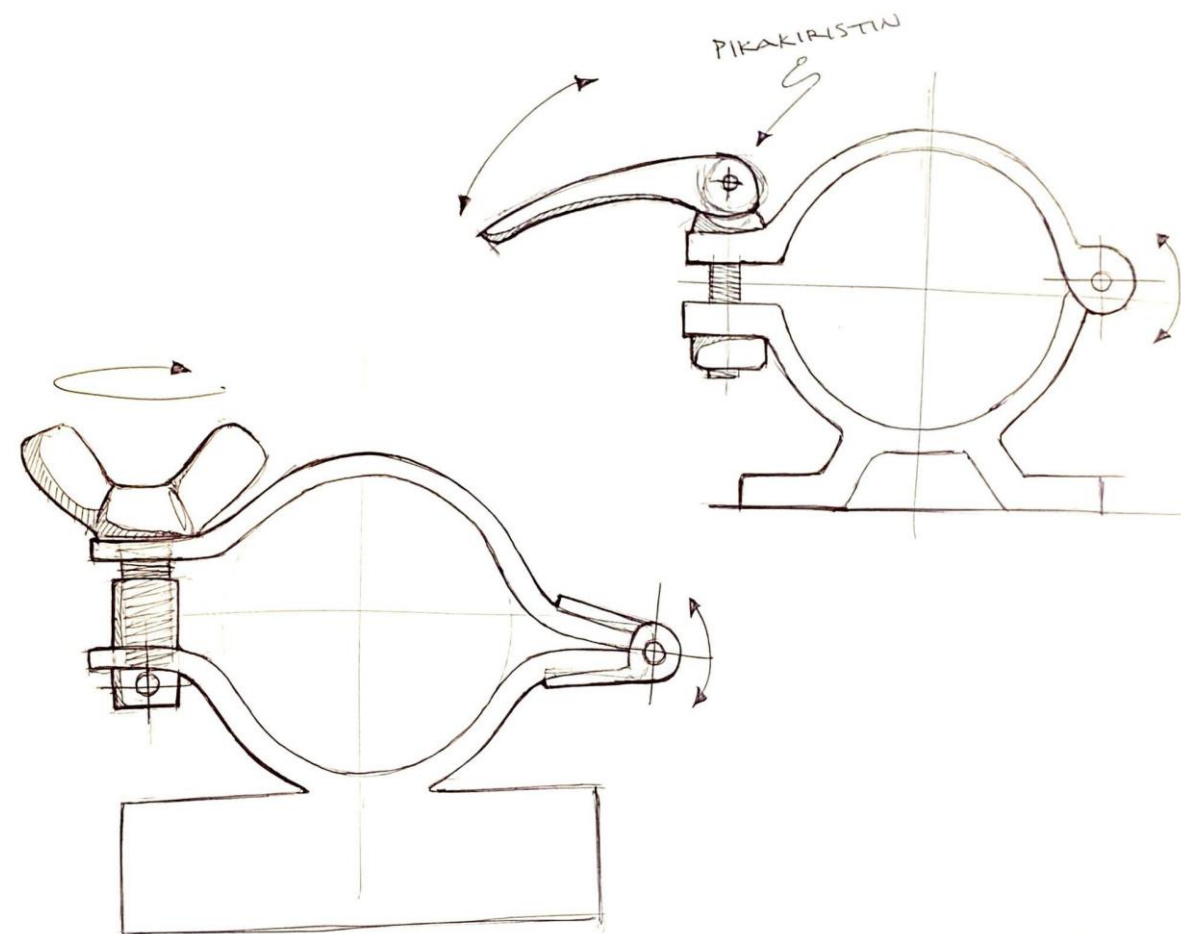


Kuva 15.

4.2.4 Ruuvikiristys

Kiristysosan suhteen päädyttiin lopulta ruuvikiristeiseen ratkaisuun. Kaksi putken ympärille asettuvaa leukaa kiristetään ruuvimekanismilla ja ainoastaan kitka sekä puristusvoima pitää kiristysosan kiinni putkessa. Mekaniikan etuja on suljettu rakenne, jolloin kiristysosa pysyy parhaiten paikallaan operoinnin ajan. Ruuviosana on mahdollista käyttää erilaisia vaihtoehtoja, kuten siipimutteria tai polkupyörissä yleisesti käytettyä pikakiristintä.

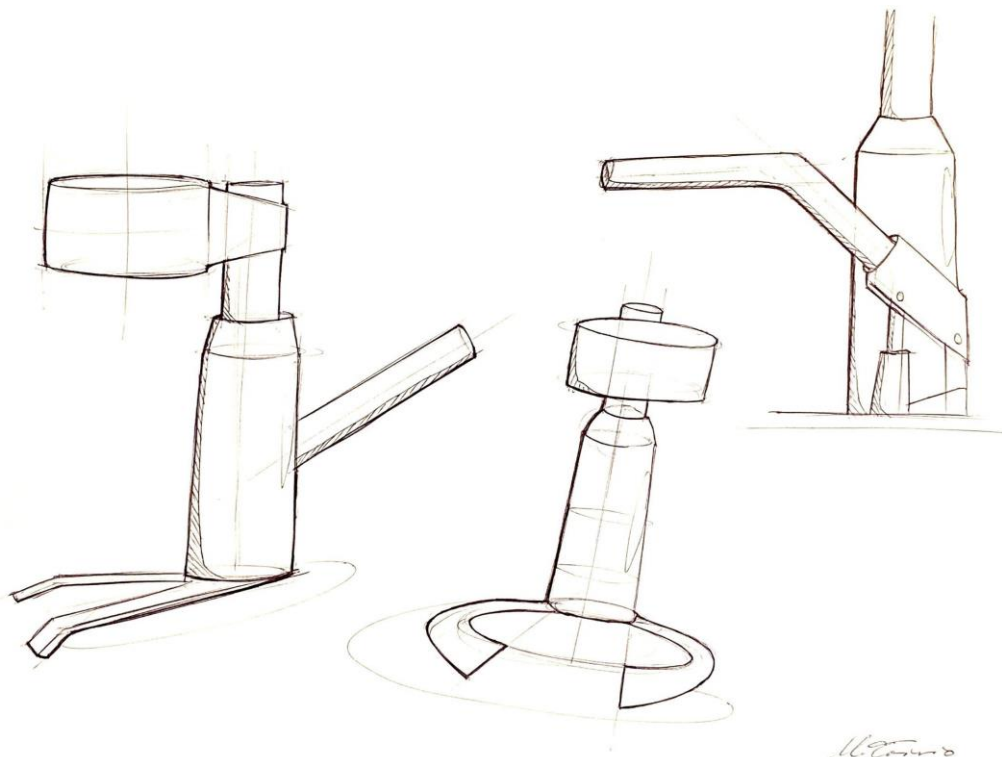
Kyseinen rakenne on myös helppo valmistaa jo olemassa olevista tarvikkeista, joista monia käytetään liikennemerkkien kasauksessa. Sama mekaniikka on käytössä aiemmissa liikennemerkkitoimiston irrotustyökaluissa.



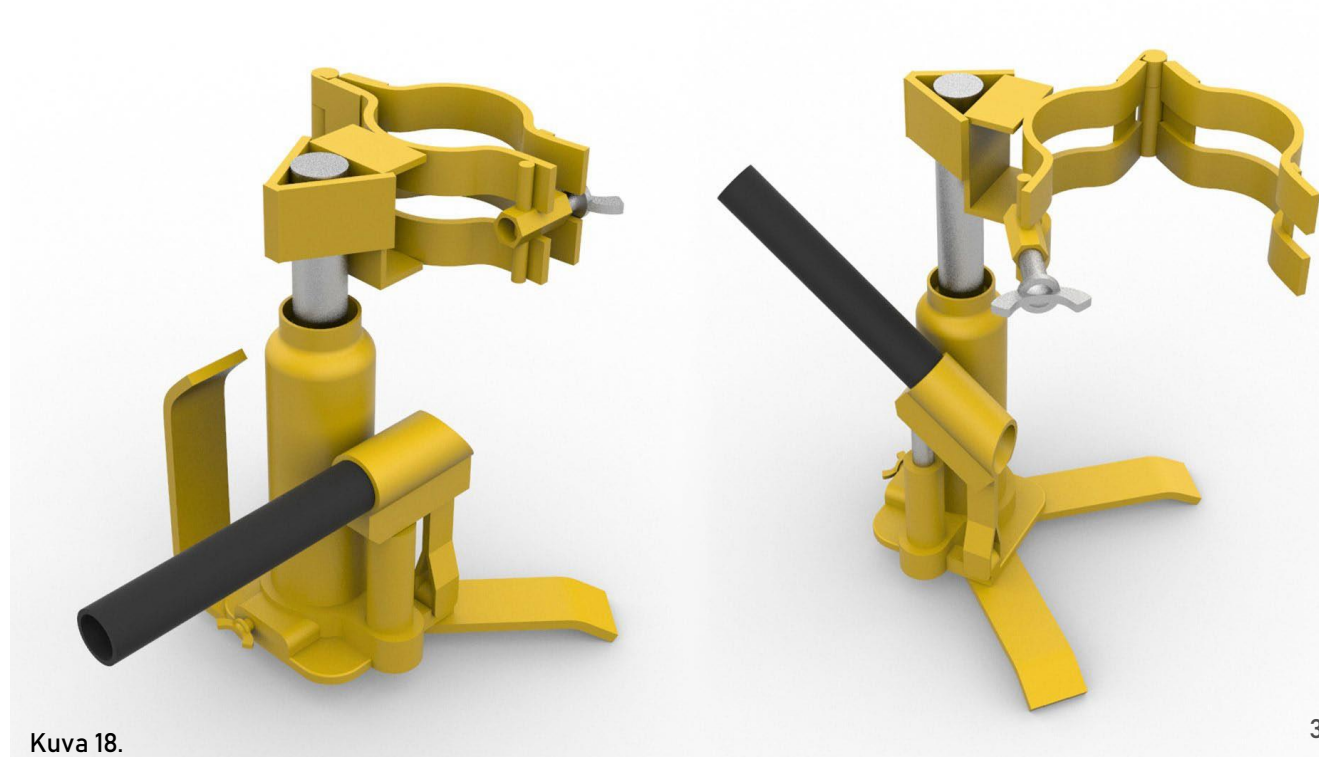
Kuva 16.

4.3 Mallinnus

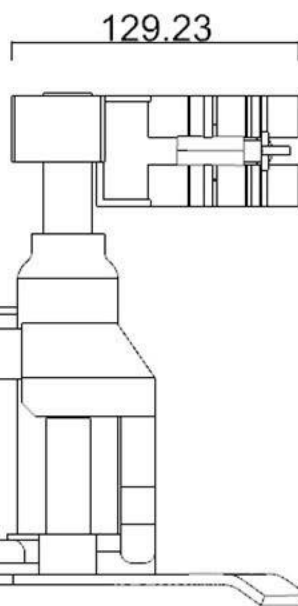
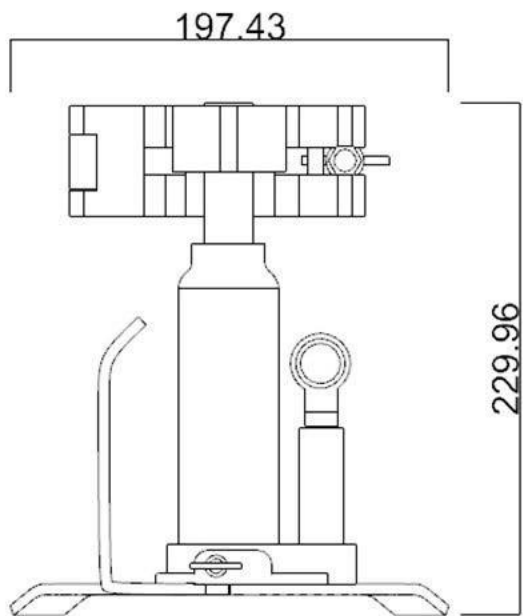
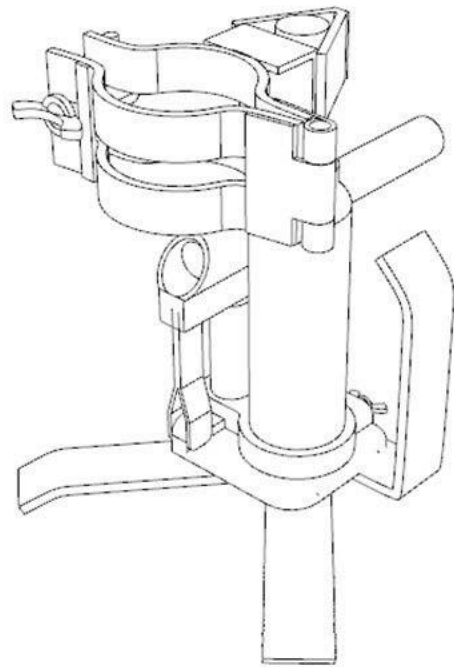
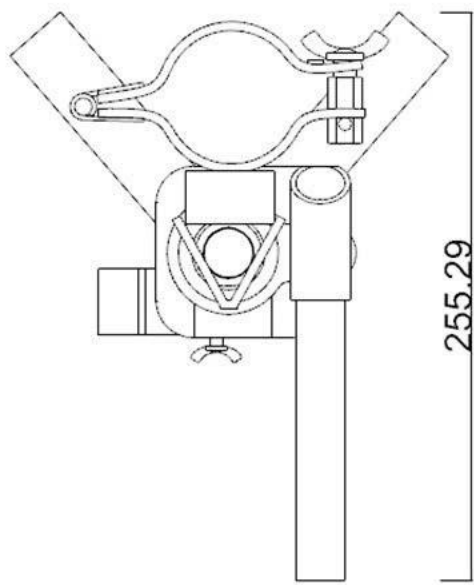
Suunnittelussa päädyttiin ruuvikiristeiseen kiristyssysteemiin ja hydrauliseen voimanlähteeseen. Työkalusta tehtiin kolmiulotteinen mallinnus suunnitelmien ja olemassa olevien tarvikkeiden pohjalta. Tarkoituksena oli tarkastella ennakoivasti työkalun mittoja ja mahdollista ulkonäköä. Työkalun suunnittelu ja muotoilu tapahtui pääsääntöisesti mallinnusvaiheessa eri osien mittakriteereiden vuoksi. Mallinnuksen avulla myös pohdittiin työkalun rakennetta ja sen toteutusmahdollisuuksia prototyyppiä varten.



Kuva 17.



Kuva 18.



5. Prototyyppi

Tarkoitus

Rakentaminen

Viimeistely

Tapahtuneet muutokset

Operoinnin läpikäynti



5.1 Tarkoitus

Suunnitellusta työkalusta rakennettiin prototyypimalli, jonka tarkoituksena demonstroida suunnitellun työkalun toimintaperiaatetta ja käyttöä. Sen avulla saadaan käytännön tietoa kentällä esiintyvistä käyttötilanteista ja itse työkalun mahdollisista käyttöongelmista sekä rakennevioista. Prototyypimalli antaa myös viitteitä mahdollisen lopullisen tuotteen ulkonäöstä ja yksityiskohdista.

Prototyypin tarkoituksena ei ole esittää valmista ja viimeisteltyä työkalua eikä sen materiaalivahvuuksia ole mitattu vastaamaan tarkasti käyttötilanteessa kohdattavaa rasitusta. Myös tuotteen mahdollisuuksiin tai kysymyksiin sarjatuotantoon liittyen ei oteta prototyypivaiheessa kantaa.

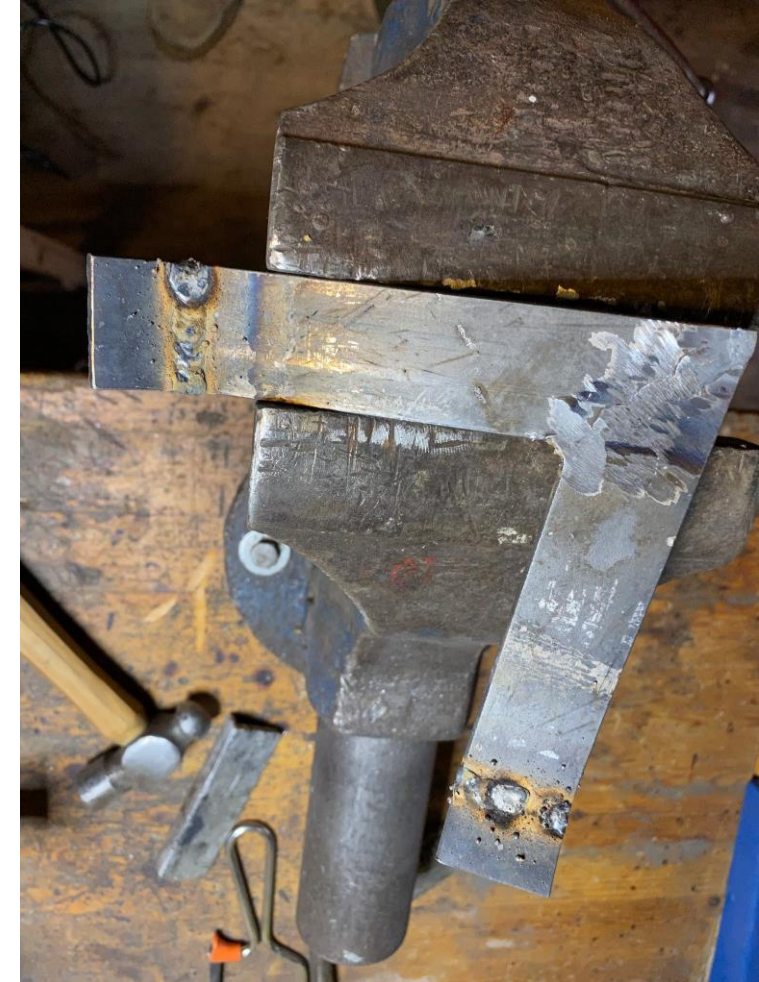
5.2 Rakentaminen

Prototyypin rakennus aloitettiin alhaalta ylöspäin aloittaen jaloista. Jotta työkalu pysyisi jalusta päällä, on jalkojen tehtävänä jakaa painetta laajemmalle alueelle. Jalat leikattiin 5 x 30 mm lattaraudasta ja liitettiin yhteen MIG-hitsauksella.

Liikennemerkeissä käytettävä jalusta on ylimmältä pinnaltaan hieman kaareva ja tätä kompensoidaan taivuttamalla jalkateriä noin 40 astetta alaspäin. Nämä taivutukset vakauttavat ja auttavat pitämään työkalun paikoillaan käytön ajan. Jalka hitsattiin kiinni pumpun pohjaan.



Kuva 20.



Kuva 21.

Työkalun kiristysosaan käytettiin liikennemerkkien asennuksessa käytettäviä teräskiinnikkeitä. Kiinnike on tarkoitettu 70 mm halkaisijaltaan oleville valopylväille mutta sopii tiukasti myös liikennemerkkiputken ympärille.

Jotta kiristysosassa olisi pinta-alaa riittävän kitkan saavuttamiseksi, kaksi kiinnikettä hitsataan päällekkäin. Kahden kiinnikkeen väliin jäävä tila myös mahdollista mukautumisen putken ympärille, mikäli putki on vaurioitunut. Osan vasemmalle puolelle hitsattiin sarana avaamista ja sulkemista varten.



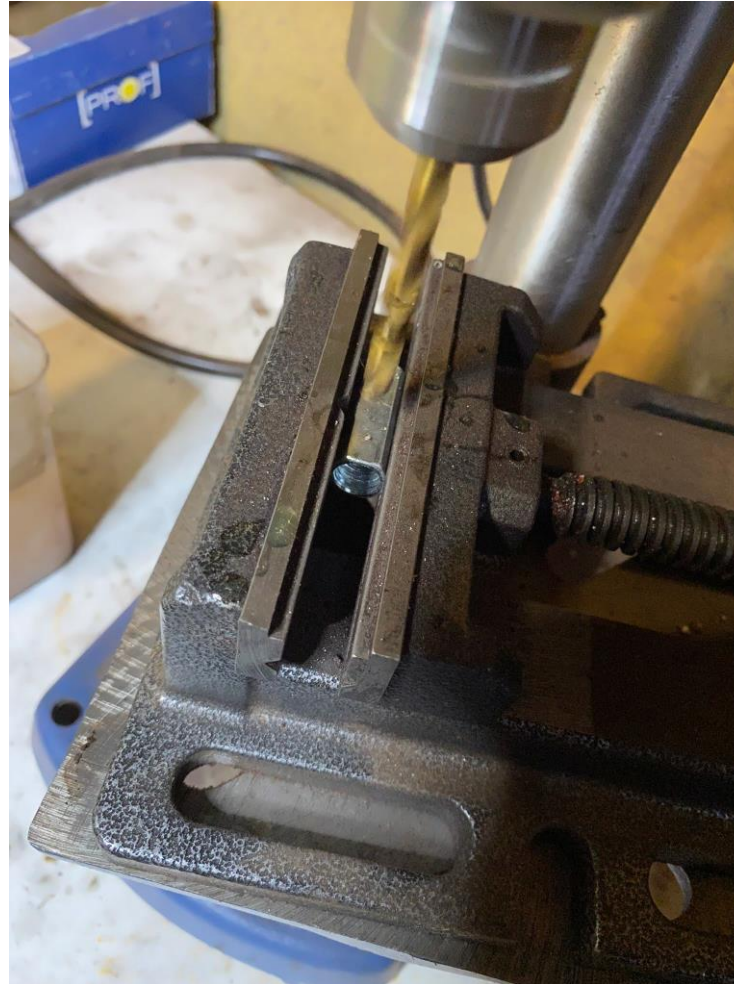
Kuva 22.



Kuva 23.

Kiristysosan oikealle puolelle rakennettiin kiristysmekanismi poraamalla M10 kokoiseen jatkomutteriin reikä akselia varten. Jatkomutteri akseleineen hitsattiin kiinni kiristysosaan, jossa se pystyy kääntymään vapaasti sivuttain avatessa ja sulkiessa.

Kiristysruuvina käytettiin M10 kokoista siipiruuvia. Aikaisemmassa mekaanisessa irrotustyökalussa käytettiin M8 mutteria, joka osoittautunut liian heikoksi eikä se kestä käytössä syntyvää kulutusta. Uudessa mallissa käytetty suurempi pulttikoko tekee kiristysmekanismista kestävämmän ja sen käyttö on ergonomisempaa sekä helpompaa, varsinkin työkaluineita käyttäessä.



Kuva 24.



Kuva 25.

Kiristysosa hitsattiin kiinni tunkin varteen kiinni ja ennen prosessin jatkamista hitsien kestävyyttä testattiin. Työkalu kiristettiin liikennemerkiputken ympärille kiristysruuvilla ja mittasuhteita työstettiin, jotta osilla on tarpeeksi tilaa kiristyä tarpeeksi putken ympärille.

Testaus ei aiheuttanut tämänhetkisille hitsauksille kestävyysongelmia. Testauksessa ei myöskään huomattu näkyviä vaurioita ruuvissa tai saranassa.



Kuva 26.



Kuva 27.

Testauksen tuloksena kuitenkin huomattiin ruuvikiristuksen riittämättömyys. Siipiruuvia kiristämällä ei saavuteta riittävää puristusvoimaa leukojen kiristämiseksi putken ympärille. Vastuksen lisääntyessä myös ergonomia kärsii ja osan operointi on mahdollisesti jopa kivuliasta käyttäjälle. Ainoastaan kitkan käyttäminen ei siis ole riittävä keino kiristysosan kiinnittämiseen liikennemerkkiputkeen.

Yksi tehokkaimmista keinoista olisi ankkurointipisteen luominen irrotettavaan putkeen. Putken poraaminen ja siitä syntyneen reiän käyttäminen toimisi edellä mainitulla tavalla. Tämä kuitenkin vaatisi lisätyökalujen käyttöä ja teräsputken työstäminen kenttäolosuhteissa ei ole toivottavaa. Toisaalta ankkurointipisteen ei välttämättä tarvitse olla putken läpi porattu reikä vaan esimerkiksi putken seinämän painaminen sisään. Tämä loisi pienen porrastuksen, jota vasten voidaan kohdistaa työntövoimaa. Suuren seinämäalueen painaminen vaatii suuren määrän voimaa, joten tehokkain keino on kohdistaa painetta paljon pienemmälle alueelle.

Ulomman leuan keskelle hitsattiin M10 kokoinen mutteri ja tämän läpi pystytään kiertämään teroitettu pultti. Kiristysvoima on riittävä kohdistamaan tarpeeksi painetta pultin kärkeen, jolloin se uppoaa hieman teräsputken seinämään.



Kuva 28.

Lisäosan hitsaamisen jälkeen prototyyppiä kokeiltiin uudestaan. Tällä kertaa siipipultilla toimiva kiristysmekanismi toimi ainoastaan suljinmekanismina, jotta molemmat leuat pysyvät kiinni putken ympärillä. Kun kiristysosa oli suljettu, teroitettu pultti kierrettiin putken seinämää vasten. Pienikokoisen kärjen ansiosta paineen keskittäminen oli helppoa ja pultin kärki pureutui putken seinämään. Kiristysosa ei enää ollut ainoastaan kitkan varassa eikä liikkunut putken ympärillä.

Tunkkia pumppaamalla putki nousi jalustasta eikä työkalu liikkunut paikoiltaan tai vaurioitunut missään kohtaa. Kiristysosan irrottaminen onnistui helposti ruuvaamalla teroitettua pulttia ulos ja avaamalla leuat.

Ainoa putkeen jäänyt jälki irrotusoperaation jälkeen oli pieni kuoppa. Tästä ei ole mitään huomioon otettavaa haittaa putken käytön kannalta eikä se muuta putken rakenteellista kestävyyttä. Irrotettu putki voidaan siis käyttää uudestaan mikäli se on tarpeen.



Kuva 29.

5.3 Viimeistely

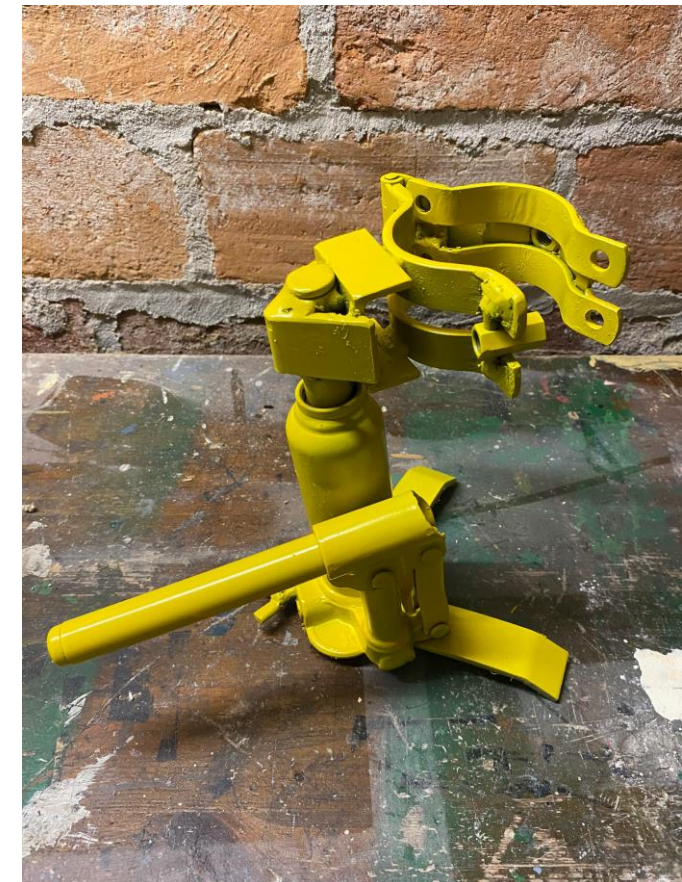
Irrotustyökalun toimivuuden testaamisen jälkeen liitoskohdat vahvistettiin lisähitsauksilla ja hiottiin siistiksi. Terävät kulmat pyöristettiin, jotta ne eivät aiheuta vahinkoa käyttäjälle käytön ja kuljetuksen aikana.

Ruostumisen estämiseksi työkalun pinta käsiteltiin ensin ruosteenestomaalilla. Tämä toimii samalla myös pohjamaalina varsinaisen värimaalin alla, jolloin maalipinta kestää paremmin kulutusta ja sääolosuhteita. Käsittely suoritettiin kolmeen kertaan.

Tämän jälkeen työkalu maalattiin useaan kertaan keltaisella maalilla. Useat asennuksissa käytettävät työkalut ovat maastosta erottuvia ja etenkin varusteet ovat kirkkaankeltaiset. Keltainen väri sopii työnkuvan teemaan ja tekee työkalusta tunnistettavan sekä toimii myös huomiovärinä.



Kuva 30.



Kuva 31.

5.4 Muutokset

Suunnittelua jatkettiin työkalun rakentamisen aikana. Tässä prosessissa huomattiin muutamia muita muutostarpeita kiristysmekaniikan lisäksi.

Alkuperäisenä suunnitelmana oli muotoilla työkaluun kahva kantamista varten. Työkalun pienen koon ja kapean profiilin ansiosta kantokahvaa ei kuitenkaan tarvita. Vaikka kahva tehostaisi työkalun kantamista, se hankaloittaisi operointivaihetta ja myös lisäisi työkalun painoa tarpeettomasti. Pumpun kahvan muotoilemista erilaiseksi ei koettu tarpeelliseksi. Operoinnissa vaadittava liike on hyvin pieni ja niin lyhtyaikainen, ettei sen ergonomian muuttamisella nykyiseen suoraan putkeen verrattuna ole huomattavaa vaikutusta käytössä.

Työkalun ollessa täysin metallinen, kysymyksiksi nousivat käyttöolosuhteiden vaikutus operoinnin mukavuuteen ja käyttäjäystävällisyyteen. Kylmissä ja kosteissa olosuhteissa työkalu voi olla erittäin liukas, joten tarttumista helpottamaan pumpun kahva ja kiristuspultin kahva suojattiin kutistemuovisukalla. Tämä suojaa käyttäjää kylmiltä ja liukkailta teräspinnoilta kahvoja käyttäessä, tehden niistä käyttäjäystävällisempiä.

5.5 Operointi

Työkalun operointia demonstroitiin jalustaan jumiutuneeseen putkeen ja jalustaan, jotka poistettiin aikaisemmin Hatanpään pysäköintialueelta. Putken irrottaminen ei ollut mahdollista lihasvoimin ja liikennemerkkikokonaisuus poistettiin kaivamalla. Operointi on edelleen sama riippumatta siitä, onko jalusta maan alla tai kokonaan näkyvissä.

Operointi aloitetaan asettamalla irrotustyökalun jalat jalustaa vasten. Tiivisterengas pidetään näkyvillä, sillä putken noustessa tiiviste on päästävä liikkumaan vapaasti.

Kiristysosa asetetaan putkea vasten ja varmistetaan, että työkalu asettuu tukevasti paikoilleen (Kuva 32.).



Kuva 32.

Kiristysosa suljetaan kääntämällä ja pyörittämällä siipimutteria, jolloin leuat kiristyvät putken ympärille (Kuva 33 ja kuva 34.). Kiristyksen tarkoituksena on pitää leuat suljettuna työkalun operoinnin ajan.

Rakenteen yksinkertaisuus ja suuri koko helpottaa käyttöä etenkin suojahanskoja käyttäessä.



Kuva 33.



Kuva 34.

Kiristysosa kiristetään putkeen ruuvaamalla piikki putkea vasten (Kuva 35.). Piikki pureutuu putken seinämään ja varmistaa leukojen pysymisen paikoillaan (Kuva 36.). Kääntyvän vipukahvan avulla kiristäminen on helppoa eikä erillisiä työkaluja tarvita.



Kuva 35.



Kuva 36.

Putki nostetaan pumppaamalla tunkkiin liitettyllä kahvalla (Kuva 37.). Tunkin varsi nousee työntäen putkea ylös ja erottaa sen jalustasta (Kuva 38.). Irrotukseen vaaditun liikkeen matka on erittäin pieni.



Kuva 37.



Kuva 38.

Kun putki on selvästi irronnut jalustasta, kiristysosan piikki kierretään auki (Kuva 39.). Leuat aukaistaan kiertämällä lukitseva siipimutteri auki (Kuva 40.).

Työkalun ja putken välinen kiinnitys voidaan purkaa turvallisesti, sillä putken ja jalustan erottava liike on kokonaisuudessaan huomattavan pieni. Tämä tarkoittaa, että putki lepää edelleen jalustassa työkalun kiinnityksen purkamisen ajan ja poistetaan jalustastaan tämän jälkeen käsin.



Kuva 39.



Kuva 40.

Tunkkiin syntynyt paine puretaan ruuvaamalla auki tunkin venttiili (Kuva 41.). Tässäkin venttiilin operointia on ajateltu toteuttavaksi ilman työkaluja paremman käyttökokemuksen saavuttamiseksi sekä työvaiheen helpottamiseksi.

Tunkin varsi painetaan käsin takaisin aloitusasentoon (Kuva 42.). Lopuksi venttiili suljetaan ja irrotustyökalu on valmis uuteen operointiin tai säilytykseen.



Kuva 41.



Kuva 42.

Kuten kuvasta (Kuva 43.) huomataan, pääsyinä putken jumiutumiseen ovat tiivisterenkaan ja putken väliin muodostunut hapettuminen sekä maa-aineksen kiilautuminen jalustan ja putken väliin. Tällaisen irrottaminen käsivoimin on liki mahdotonta.

Irrotustyökalun ansiosta putken poistaminen tapahtuu vaivattomasti ilman käyttäjään kohdistuvaa epäergonomista räsitusta. Käyttäjän ei suoraan tarvitse kohdistaa voimaa osien erotukseen, vaan ainoastaan operoida työkalua tuottamaan tarvittava paine. Työkalun pienen koon ja painon ansiosta missään vaiheessa käyttöä ei tarvita suurilla revähtämiselle altistavia liikkeitä. Myös hydraulisen voimansiirron käyttö poistaa käyttäjältä tarpeen kohdistaa työkaluun räjähtävää ja äkkinäistä liikettä.



Kuva 43.

5.6 Käyttäjien palaute

Irrotustyökalusta valmistettua prototyyppiä esiteltiin muille Tampereen Infran Liikennemerkeissä työskenteleville asentajille eli työkalun pääasiallisille käyttäjille. Mukana olivat asentaja Jarkko Petäjä ja asentaja Jarmo Leppänen.

Aluksi käytiin läpi työkalun toimintaperiaate ja ohjeistettiin sen käyttöön. Työkohteena toimi toimiston tiloihin kuljetettu liikennemerkkikokonaisuus, joka oli jumiutunut poikkeuksellisesti betoniporsaaseen. Liitántärakenne on kuitenkin sama kuin betonijalustassa. Työkalu asetettiin ohjeiden mukaisesti vasten jalustaa ja kiinnitettiin putkeen. Ensimmäisiä huomioita operoinnin aikana oli työkalun jalkojen muoto. Jalkojen suunnittelussa ei olla otettu huomioon betoniporsaiden erilaista rakennetta, eivätkä jalat tästä syystä asettuneet tasaisesti. Tuloksena oli jalkojen vääntyminen paineen alla, josta testaajat huomauttivat. Pumppauskahvaa käyttäessä mainittiin liikkeeseen vaadittava voiman määrä, joka koettiin liiallisena.

Suurimman ongelma aiheutti kuitenkin putken kiristämiseen vaadittu paine, jota ei testauksessa saavutettu. Betoniporsaan ja putken väliin jäänyt vesi osoittautui liian hankalaksi esteeksi, eikä putkea onnistuttu irrottamaan.

Testauksesta heräsi asentajille ajatuksia työkalun kehittämiseksi. Jalkojen muoto olisi oltava sellainen, että se istuu mahdollisimman tasaisesti ja lähellä liikennemerkkiputkea. Tähän syyksi kerrottiin kiristysosan ja tunkin välissä tapahtuva vääntöliike, joka aiheuttaa ylimääräistä rasitusta liitoskohtiin ja leuoille. Jalkojen ainevahvuus ja alapuolella oleva pinta-ala koettiin liian pieneksi paineesta syntyviin voimiin verrattuna. Samoin kiristysosan leuoissa käytettävä ainevahvuus on oltava huomattavasti nykyistä suurempi paremman kestävyuden saavuttamiseksi, sillä osa kiristykseen käytettävästä voimasta tuhlautui leukojen vääntymiseen. Työkalun pumppauskahvan koettiin olevan liian lyhyt ja sen pituutta toivottiin lisäävän, jotta paineen tuottamiseen voitaisiin hyödyntää suurempaa vipuvoimaa. Pääasiallisina ongelmina koettiin kiristysosan riittämätön vahvuus ja tunkin vähäinen nostokyky. Asentajien mielestä tunkkien nostokykyä voitaisiin nostaa 4000 kilogrammaan. Tällöin nostovoima kaksinkertaistuisi mutta työkalun kokonaismitta pysyisi hallittuna. Heräsi myös ajatuksia kahden voimalähteen käyttämisestä samaan aikaan mutta toisaalta sen koettiin kasvattavan työkalun painoa ja mittaa kohtuuttomasti. Tällöin myös työkalun hallittavuus kärsisi.

Käyttäjien toimesta kiiteltiin työkalun yksinkertaista muotoilua, jossa oli huomattavaa apua työkalun asemoinnissa ja käytössä. Osien suuri koko työkalun kokonaismittaan suhteutettuna koettiin miellyttävänä käyttökokemuksena. Käyttäjät näkivät myös pieneen kokonaismittaan ja painoon keskittyvän muotoilun omaa työskentelyä ja työergonomiaa edistävänä ominaisuutena. Kokonaisuudessaan käyttäjät olivat tyytyväisiä uudelleen ajateltuun työkaluun, vaikka käytössä oli prototyyppi. Käyttäjät yhtyivät täysin ajatukseen helposti kannettavasta ja käytettävästä työkalusta, jonka operointiin ei vaadita epäergonomisia ja suurta lihasvoimaa vaativia liikkeitä.

6. Yhteenveto

Pohdinta ja jatkokehitys



6.1 Pohdinta ja jatkokehitys

Irrotustyökalun suunnittelussa saavutettiin aiemmin mainittuja tavoiteltuja ominaisuuksia. Yksi näistä on tuotteen koko, joka aiemmissa käytetyissä malleissa aiheutti huomattavia ongelmia käytettävyydessä ja kuljettamisessa. Työkalun koko saatiin laskettua huomattavasti ja sen tuomat hyödyt ilmentyivät testikäytössä selkeästi. Tämä oli suurimpia positiivisia muutoksia myös muiden asentajien mielestä. Toinen on tuotteen käytön yksinkertaisuus, jota parannettiin suunnittelemalla tuotteesta itsenäinen eli työkalun käyttöön ei tarvita muita työkaluja. Käyttäjien kanssa käydyissä keskusteluissa kävi myös ilmi, että tämän kokoluokan ja toimintaperiaatteeltaan vastaavan työkalun mahdollisuutta on pohdittu aikaisemminkin ja sen tarve kyseiseen työtehtävään on koettu suureksi. Tässä työssä suunniteltu malli vastaa siis erittäin tarkasti työtehtävän vaatimia kriteereitä. Vaikka ongelmaksi muodostuivat materiaalivahvuuteen liittyvät haasteet ja kenttäympäristön luomat yllättävät olosuhteet, tuote otettiin vastaan käyttäjien toimesta positiivisesti ja mielenkiinnolla, sillä se ilmensi selkeästi tuotteen toimintaperiaatteen, käyttötavan ja vastaukset aiemmin kohdattuihin käyttöongelmiin.

Irrotustyökalun jatkokehitys tulevaisuudessa on mahdollista ja hyvin todennäköistä. Kehitettäviä kohteita ovat materiaalivahvuus, kiristysosan lukitus ja voimansiirron keskittäminen. Lopullista tuotetta ja sen luotettavaa käyttöä ajatellen olisi ihanteellista harkita mittatilaustyönä valmistettujen rakenneosien käyttöä. Näin varmistettaisiin esimerkiksi kiristysosien tarkempi ja lujempi sopivuus vedettävän putken ympärille. Myös voimansiirron keskittäminen eli voimanlähteen tarkempi sijainti suhteessa putkeen ja muihin osiin tulee jatkokehityksessä tarkentaa. Tällä vähennettäisiin murtumisille alttiiden liitoskohtien määrää ja siten tuotteen luotettavuutta. Kenttätoimivuuden osalta vaadittavista muutoksista huolimatta opinnäytetyössä suunniteltu ja rakennettu työkalu toimii hyvin tulevaisuuden irrotustyökalun jatkokehityspohjana ja antaa tärkeää konkreettista tietoa työkalun muotoilun vaikutuksista käytettävyyteen.

Lähteet

Valtioneuvoston asetus liikenteenohjauslaitteiden käytöstä 379/2020

Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2020/20200379>

Trafino Oy, Liikennemerkin putkivarsi (2022)

Saatavissa: https://trafinoshop.fi/Jalustat-ja-kiinnikkeet/60mm-putkivarret/Liikennemerkin-putkivarsi-60-2700mm-6935/?gclid=EAlaIQobChMluMqfqmz-wIVCRd7Ch1JawpbEAQYASABEglSgvD_BwE

Kuva 11: Haklift Oy, Vetosammakko

Saatavissa: <https://www.haklift.com/tuotteet/nosto-ja-siirtovalineet/4-tarraimet/teraskoysitarrain-kaapelitarrain-vetosammakko-p392529>

Traficom, Liikenteenohjauslaitteiden värit, rakenne ja mitoitus (2022)

<https://www.traficom.fi/fi/liikenne/liikennejarjestelma/liikenteenohjauslaitteiden-varit-rakenne-ja-mitoitus>

Väylävirasto, Uusia liikennemerkkejä tulossa käyttöön 1.6.2020 alkaen (2020)

<https://vayla.fi/-/uusi-liikennemerkkeja-tulossa-kayttoon-1-6-2020-alkaen>

Kuvat 1 – 10, 12 – 43 ja numeroimattomat kuvat ovat kirjoittajan kuvaamia tai kuvittamia.