

KLAPISÄKIN KÄSITTELYLAITTEEN SUUNNITTELU

Kvist Henri

Opinnäytetyö
Tekniikan ja liikenteen ala
Kone- ja tuotantotekniikka
Insinööri AMK

2017

Tekniikan ja liikenteen ala
Kone- ja tuotantotekniikka
Insinööri AMK

Tekijä	Henri Kvist	Vuosi	2017
Ohjaajat	Petri Kesälahti Ins. (AMK) ja Lauri Kantola TkL.		
Työn nimi	Klapisäkin käsittelylaitteen suunnittelu		
Sivu- ja liitesivumäärä	37+4		

Suursäkkien käyttäminen polttopuiden käsittelyyn ja säilyttämiseen on suhteellisen uusi toimintatapa. Suursäkkejä on alettu valmistamaan myös yksinomaan vain tähän tarkoitukseen, ”klapisäkeiksi”. Tämä on synnyttänyt uusia tarpeita apuvälineille, joita ei ole aiemmin ollut olemassa.

Täysien klapisäkkien käsittely vaatii konevoimaa niiden suuresta painosta johtuen, esimerkiksi etukuormaimella varustettua maataloustraktoria. Klapisäkkien rakenteesta johtuen käsittelyyn tarvitaan lisälaitte etukuormaimeen.

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella traktorin etukuormaimeen lisälaitte, jota voi käyttää klapisäkin täyttämiseen, siirtämiseen ja tyhjentämiseen. Erityisesti tavoitteena oli kehittää ratkaisu säkin tyhjentämiseen samalla laitteella säkkiä rikkomatta, koska markkinoilta tällainen puuttuu.

Suunnittelussa hyödynnettiin pienoismallia, joka tehtiin alustavien ideoiden pohjalta. Sen avulla löydettiin toimiva ratkaisu etenkin säkin tyhjentämiseen. Laitteesta tehtiin täyden mittakaavan prototyyppi, jolla tehtiin lopulliset testaukset käytännössä. Testien perusteella laite täyttää suunnittelun lähtövaatimukset.

Avainsanat

polttopuun käsittely, klapisäkki, laitesuunnittelu

Technology, Communication and
Transport
Mechanical and Production
Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Henri Kvist	Year	2017
Supervisor	Petri Kesälähti, BEng. and Lauri Kantola, Lic.Sc. (Tech.)		
Subject of thesis	Design of Firewood Bag Handling device		
Number of pages	37 + 4		

Using firewood bags for firewood handling and storing is rather a new way of working. There exist these containers only for this purpose. This has generated need for new handling devices also.

Full firewood flexible bags are so heavy that they require machines to transport; e.g. a tractor equipped with a front lifter. There is need for additional equipment for lifter due to the nature of the flexible container.

The aim of this thesis was to design a device to be mounted on a tractor lifter to be used in filling, transportation and emptying. Emptying without destroying the bag was under special attention, because there are no such devices in the market.

A miniature was built based on initial ideas. A solution for emptying was developed with the miniature. A full-scale prototype was manufactured. Final tests were done with the full-scale prototype. The test results showed that the developed equipment fulfills requirements set in the beginning of the design phase.

Key words

Firewood processing, firewood bag, machine design

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	7
2 TYÖN TAUSTAA	8
2.1 Polttopuiden koneellinen valmistaminen	8
2.2 Klapi- ja suursäkkimalleja	8
2.3 Selvitys markkinoilla olevista laitteista	9
3 IDEOINTI JA ESISUUNNITTELU	12
3.1 Suunnittelun lähtökohdat	12
3.2 Ideointivaihe	12
3.3 Laitteen toimintaperiaate	12
3.4 Toimivuuden testaaminen pienoismallilla	14
3.5 Havaittujen ongelmien korjaaminen	16
3.6 Irrotusmekaniikan kehittäminen	18
3.7 Laitteen runkorakenne	21
3.8 Lujuuslaskelmia rakenteesta	22
4 PROTOTYYPIN RAKENTAMINEN JA TESTAUS KÄYTÄNNÖSSÄ	25
4.1 Prototyypin rakentaminen	25
4.2 Prototyypin testaus käytännössä	33
4.3 Prototyypin valmistuskustannusten arviointi	34
5 POHDINTA	36
LÄHTEET	37
LIITTEET	38

ALKUSANAT

Haluan kiittää vanhempiani saamastani tuesta ja kannustuksesta opintojeni eri vaiheissa. Erityiskiitokset edellytysten tarjoamisesta tämän opinnäytetyön kokeellisen osan suorittamiseen. Lisäksi haluan esittää kiitokseni työn ohjaajilleni TkL. Lauri Kantolalle ja Ins. (AMK) Petri Kesälahdelle arvokkaista kommentteista työni eri vaiheissa.

Torniossa 6.12.2017

Henri Kvist

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

π	piin arvo
P_n	nurjahdusvoima [N]
E	kimmomoduli [GPa]
I	neliömomentti [mm ⁴]
L	nurjahdussauvan pituus [mm]
I_ζ	neliömomentti keskipisteen suhteen [mm ⁴]
r	poikkipinnan säde [mm]

1 JOHDANTO

Pientä polttopuuta kutsutaan yleisesti pilkkeeksi tai klapiksi. Niiden valmistaminen ja säilyttäminen suursäkeissä on suhteellisen uusi tapa. Klapisäkki on erityisesti pienelle polttopuulle suunniteltu ilmava suursäkkityyppi.

Tämän opinnäytetyön aihe syntyi omasta ajatuksesta ja tarpeesta kotona polttopuita suursäkkeihin tehtäessä. Klapikoneella, jossa on hihnakuljetin, klapisäkkien täyttö sujuu vaivattomasti. Isoja 1,5 m³ suursäkkejä käsiteltäessä etukuormaajalla varustettu traktori on tyypillinen apuväline säkkien suuren painon takia. Trukkipiikkejä voi käyttää täyttämässä ja siirtämässä, mutta tyhjentämiseen ne eivät sovellu. Niiden soveltuvuus on huono varsinkin yksin työskenneltäessä. Säkkejä tyhjennettäessä erityisesti esimerkiksi henkilöauton perävaunuun juuri tähän tarkoitukseen tehdystä apuvälineestä olisi suuri hyöty.

Työssä esitellään erilaisia suursäkkimalleja ja niiden ominaisuuksia. Markkinoilta etsitään jo saatavilla olevia laitteita klapisäkkien käsittelyyn. Tavoitteena on kehittää laite, jolla olisi paremmat ominaisuudet kuin jo saatavilla olevilla laitteilla.

Erityisesti tavoitteena on löytää ratkaisu klapisäkin tyhjentämiseen rikkomatta säkkiä. Alustavien ideoiden perusteella olisi tarkoitus rakentaa edullinen pienoismalli, jota voi käyttää apuna ratkaisua etsittäessä.

Laitteesta rakennetaan prototyyppi ja sen toimivuutta testataan käytännössä. Varsinaisia yksityiskohtaisia työpiirustuksia ei ole tarkoitus laatia. Prototyyppiin valitun konstruktion kestävyys todennetaan lujuuslaskelmilla.

2 TYÖN TAUSTAA

2.1 Polttopuiden koneellinen valmistaminen

Viime vuosikymmenien aikana polttopuiden teko on koneellistunut huomattavasti. Tämä on luonut uusia tarpeita myös puiden siirtelyyn, kuivattamiseen ja säilyttämiseen. Tehtäessä polttopuita suuria määriä myyntitarkoituksessa on niiden käsittelyn oltava tehokasta ja sujuvaa.

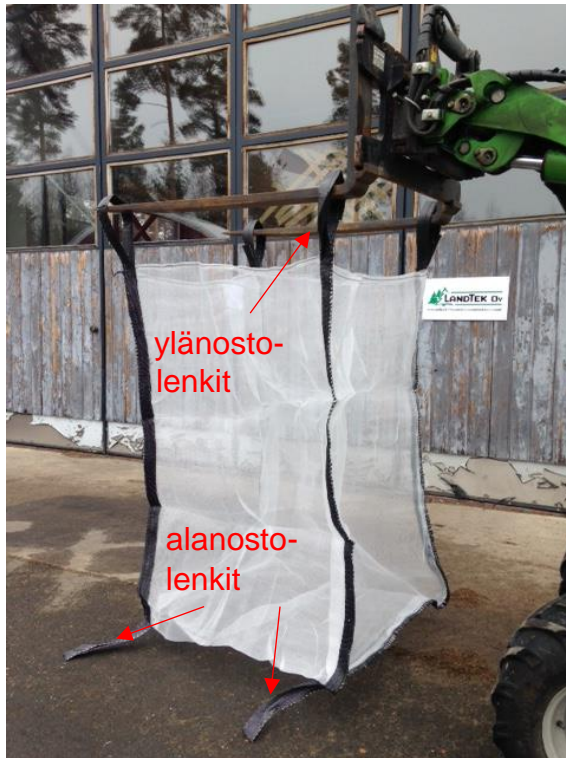
Suursäkki on hyvä vaihtoehto klapien koneellisessa käsittelyssä. Klapikoneissa on yleensä kuljetin, jolla puut siirretään säkkeihin. Säkkien siirtelyssä ja tyhjennyksessä tulee vastaan muutamia ongelmia, joihin ei ole vielä löytynyt toimivaa ratkaisua markkinoilta.

Usean täyttö- ja tyhjennyskerran kestävät verkkosäkit ovat suhteellisen arvokkaita verrattuna niihin mahtuvaan polttopuumäärään. Säkkien hinnat ovat 8-20 euroa riippuen säkin koosta ja laadusta. Jos esimerkiksi irtokuutio polttopuita maksaa 50 euroa, 15 euron säkki on 30% tästä. Tavallisen kuluttajan ostaessa polttopuita hän ei yleensä halua maksaa säkin hintaa, koska hänellä ei ole säkille useimmiten mitään käyttötarvetta. Ostaja ottaa puut tyyppisesti henkilöauton peräkärryyn. Tässä tilanteessa täysi klapisäkki on tarpeellista saada siirrettyä vaivattomasti kuivatuskentältä ja tyhjennettyä peräkärryyn – turvallisesti ja tehokkaasti.

2.2 Klapi- ja suursäkkimalleja

Klapisäkeiksi kutsuttuja suursäkkejä on monen kokoisia ja erityyppisesti valmistettuja. Traktorin etukuormajalla kannettavat säkit ovat tilavuudeltaan 0,25 - 2 m³. Klapisäkkien valmistusmateriaalina käytetään yleisesti ohutta muovipressua, verkkokangasta tai vahvaa narua. Säkkejä tehdään myös näiden materiaalien yhdistelmistä. Yhdistelyllä pyritään vaikuttamaan säkkien hengittävyys ja hintaan. Vahvasta narusta punomalla tehty verkkosäkki on hengittävin. Siinä puu kuivuu ja säilyy hyvin. Myös tiheäsilmäisestä verkkokankaasta ympäriinsä tehdyssä säkissä klapit kuivuvat ja tuulettuvat hyvin. Verkkokangas on myös kestävä materiaali. Kuvassa 1 on tiheäsilmäisestä

verkkokankaasta tehty 1,5m³ UV-suojattu klapisäkki. Materiaalien auringon valon kestolla on suuri vaikutus niiden käyttöikänsä ulkona. UV-suojatusta materiaalista tehtyjä säkkejä voidaan käyttää useita vuosia. Säkin kestävyyttä lisää sen oikeanlainen käsittely.



Kuva 1. Klapisäkki (Landtek 2017).

Pohjasta avattavia säkkejä on myös saatavissa polttopuille. Täyden etukuormaajassa riippuvan säkin tyhjentäminen esimerkiksi peräkärriyn vaatii henkilön kurkottamista säkin pohjan alle pohjalukitusta avattaessa. Tämä on tyhjentämisen turvattomin vaihe.

2.3 Selvitys markkinoilla olevista laitteista

Yleisin traktorin etukuormaajaan tuleva lisälaitte, joilla klapisäkkejä siirrellään, on trukkihiikit (Kuva 2). Niillä säkkien käsittely on suhteellisen hankalaa, koska niitä ei ole varsinaisesti suunniteltu tähän käyttötarkoitukseen. Säkkien nostolenkit ovat löysiä, joten varsinkin täyden säkin saaminen piikkeihin on hankalaa yksin.



Kuva 2. Traktoriin soveltuvat trukkiikit (Virtasenkauppa 2017).

Neljällä kantolenkillä varustettujen suursäkkien käsittelyyn tarkoitettuja laitteita löytyy markkinoilta. Näiden laitteiden tarkoitus on säkkien siirtely paikasta toiseen tai säkkien pitäminen paikallaan täytön aikana. Kuvassa 3 on esimerkki laitteesta. Tällaista laitetta ei ole suunniteltu säkin tyhjentämiseen. Säkin kiinnittäminen ja irrottaminen pitää tehdä manuaalisesti käyttäjän toimesta.



Kuva 3. Etukuormaajan lisälaitte suursäkin siirtämiseen (Mascus 2017).

Klapisäkin pitämiseen halkomakoneen kuljettimen edessä voi olla vaihtoehtona myös yksinkertainen teline (Kuva 4). Kun säkki on täynnä, joutuu sen kuitenkin siirtämään konevoimin toiseen paikkaan.



Kuva 4. Klapisäkkiteline (Uittokalusto 2017).

Trukkipiikkeihin on saatavilla suursäkkien siirtelyyn tarkoitettu lisävaruste. Suorakaideputkipalkkiin on hitsattu nostokoukut, joihin säkin nostolenkit kiinnitetään. Trukkipiikit työnnetään palkeista läpi ja nostokoukut jäävät palkkien alapuolelle (Kuva 5). Näillä säkin voi kiinnittää trukkipiikkeihin helpommin yksin verrattuna pelkkiin trukkipiikkeihin. Ne soveltuvat vain säkin siirtelyyn.



Kuva 5. Trukkipiikkeihin tulevat nostokoukut (Puuvirrat 2017).

3 IDEOINTI JA ESISUUNNITTELU

3.1 Suunnittelun lähtökohdat

Laitesuunnittelussa on hyvä laatia vaatimusmäärittely, jolla tarkoitetaan luettelo vaatimuksista ja toivomuksista, jotka halutaan toteuttaa. Se toimii perustana myöhemmin suoritettavalle arvostelulle ja päätöksenteolle. (Tuomaala 1995, 80.)

Seuraava vaatimuslista on syntynyt omakohtaisista kokemuksista klapisäkkien käsittelyssä. Tässä tapauksessa suunnitellun laitteen on täytettävä seuraavat vaatimukset, jotta se toimisi klapisäkkien käsittelyssä paremmin kuin markkinoilla jo olevat laitteet.

- Laitteen tulee olla käyttäjälle turvallinen.
- Laitteella on kyettävä täyttämään, siirtämään ja tyhjentämään klapisäkki.
- Laitteen tulee sopia käytettäväksi maataloustraktorin etukuormaajalla.
- Laitteen on sovelluttava yksintyöskentelyyn.
- Laitteen toimintaan pitää riittää yksi kaksitoiminen lisähydrauliikka etukuormaajassa.
- Laite ei saa rikkoa säkkiä.

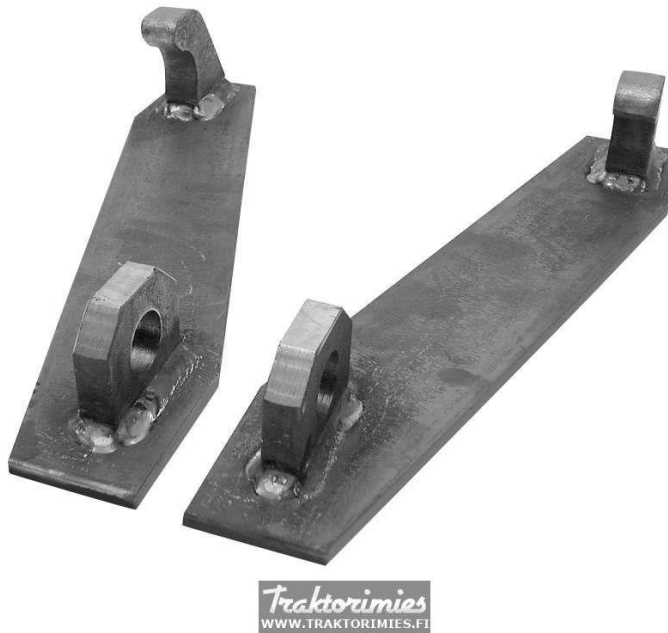
3.2 Ideointivaihe

Vaatimusten perusteella alkoi muodostumaan ideoita ja mielikuvia siitä, millainen rakenne laitteella voisi olla, jotta se soveltuisi käyttötarkoitukseensa. Säkin tyhjentämismenetelmän keksiminen vaati pisimmän ajan ja ideointitarpeen, koska ei ollut valmiita kuvia tai muutakaan materiaalia tällaisesta menetelmästä.

3.3 Laitteen toimintaperiaate

Laitteen toimintaperiaate on yksinkertainen. Halkosäkki on pystyttävä kytkemään ja irrottamaan laitteesta helposti, myös yksin työskennellessä. Tämä vaatimus on tärkeä varsinkin täyden klapisäkin kiinnittämisen ja tyhjentämisen kannalta.

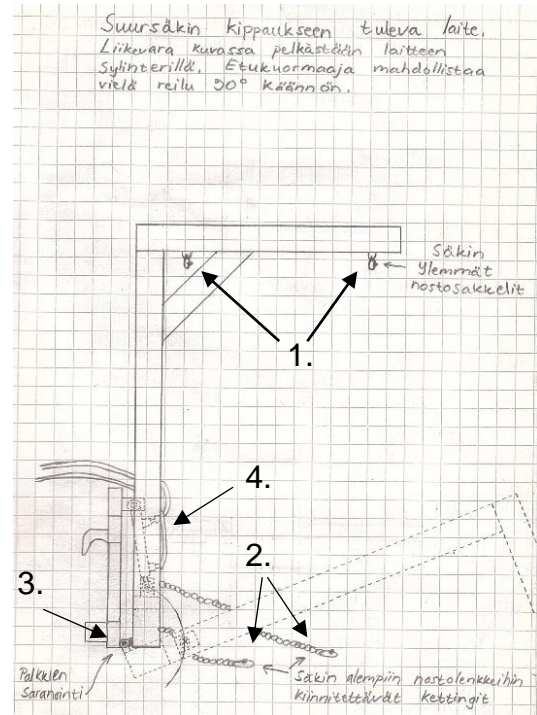
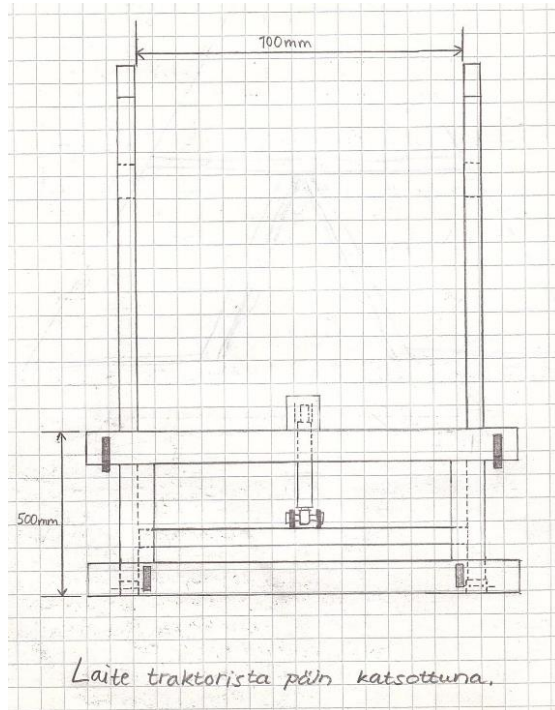
Laitteen kytkeminen traktorin etukuormaajaan, tässä tapauksessa Pehtoori 140:een, tulee omalla Pehtoorin kiinnikemallilla, joka kuormaajassa on. Pehtoori/Solid (S7680) -kiinnike on standardoitu etukuormaajaan kiinniketyyppi (Kuva 6).



Traktorimies
WWW.TRAKTORIMIES.FI

Kuva 6. Pehtoori/Solid kuormaajan kiinnikemalli (Traktorimies 2017).

Kuvissa 7 ja 8 on esitetty ensimmäiset hahmotelmat laitteesta. Laitetta suunniteltaessa oli ajatuksena tehdä putkipalkista säkkiä yläpuolelta kantava laite, johon säkki on helppo kytkeä sakkeleilla ylemmistä nostolenkeistä, kun laite on ajettu säkin päälle. Kuvassa 8 numero 1 osoittaa kyseisiä yläsakkeleita. Laitteen rungon alaosaan suunniteltiin kiinnityslenkit kettingeille, joilla säkki kiinnitetään alemmista nostolenkeistä (numero 2). Laitteen toiminta perustuu kippaukseen tyhjennettäessä säkkiä. Laitteen pystypalkit on saranoitu (numero 3) ja liitetty poikittaisiin runkopalkkeihin hydraulikkasyylinterillä (numero 4), jotta säkki voidaan kaataa täysin ylösalaisin, koska traktorin etukuormaajan liikevara pelkästään ei riitä kääntämään säkkiä täysin nurin.



Kuvat 7 ja 8. Ensimmäinen hahmotelma laitteesta. Tämän laitteen toimintaperiaate tyhjennyksessä on säkin kaataminen ylösalaisin.

3.4 Toimivuuden testaaminen pienoismallilla

Pienoismallin rakentaminen on hyvä keino kehitteillä olevan laitteen toimivuuden varmistamiseksi. "Kuva kertoo enemmän kuin tuhat sanaa – pienoismalli kertoo vielä enemmän." (Lampinen 1995, 3). Tässä työssä sen näki hyvin.

Pienoismalli antaa hyvän käsityksen siitä, miten säkki käyttäytyy kaadettaessa ja sen ollessa täynnä klapeja. Säkin pienoismalli on tehty kantopussista ja klapeina toimivat puurimojen pätkät. Kuvassa 9 esitetty laitteen pienoismalli on puuta.



Kuva 9. Pienoismalli laitteesta, jolla säkki kaadetaan ylösalaisin.

Pienoismallin avulla tehdyissä testauksissa kävi ilmi jo hieman ennalta odotettu ongelma säkin tyhjentämisessä kaadettaessa se täysin ylösalaisin. Kaadon ollessa puolivälissä (Kuva 10) säkki roikkuu alaspäin nostolenkkien varassa ja tämä aiheutti kaadon edelleen jatkuessa sen, että klapit alkavat tukkeutua säkin suulle ja se ei tahdo tyhjentyä kunnolla (Kuva 11). Nostolenkkien pituudesta johtuen säkki pääsee liikkumaan löysänä liian pitkän matkan.



Kuvat 10 ja 11. Täysi klapisäkki kaadettu puoliväliin ja kuvassa 11 näkyy kuinka säkki ei tyhjene, vaikka se on täysin ylösalaisin.

Suursäkit ovat notkeaa materiaalia ja nostolenkit ovat noin 200 – 300 mm pitkiä. 1,5m³ säkin ollessa täynnä klapeja sen paino on noin 500-700 kg. Nostolenkit on ommeltu säkkeihin tietyssä suunnassa painoon ja käsiteltävyyteen nähden. Säkin kestävyys vuoksi nostolenkkejä ei voi vetää tai nostaa mistä tahansa suunnasta. Nostettaessa alalenteista suoraan ylöspäin, on todennäköistä, että ne repeytyvät irti (Kuva 12).



Kuva 12. Nostolenkkien ompelu on säkin pituussuunnassa. Nosto on juuri väärään suuntaan.

3.5 Havaittujen ongelmien korjaaminen

Ongelman paljastuttua täytyi kehittää laitetta siten, että helppo säkin kiinnitys laitteeseen säilyisi hyvänä ominaisuutena, mutta tyhjennyksestä piti saada aikaan sujuvampaa ja luotettavampaa, niin ettei säkki joudu rasitukselle ja rikkoudu.

Erilaisia säkin kiinnitystapoja kokeiltaessa ei ollut suurta vaikutusta tyhjentymiseen silloin, kun säkki pysyy kiinni laitteessa ylemmistä nostolenkeistä. Ylemmät nostolenkit irrotettaessa säkin ollessa kyljellään (Kuva 13) ja oikeaan suuntaan vetämällä pelkistä alemmista nostolenkeistä (Kuvat 14 ja 15) saadaan säkille optimaalinen tyhjentymisen (Kuva 16). Tässä tyhjennyksessä laitteen lisäkipauksesta hydraulikkasyylinterillä ei ole hyötyä.



Kuva 13. Klapisäkki irrotettuna ylemmistä nostolenkeistä.



Kuvat 14 ja 15. Nostolenkit eivät ole vedossa väärään suuntaan.



Kuva 16. Vedon jatkuessa säkki tyhjenee erinomaisesti.

Vetosuunnalla ja sillä, miten alemmat nostolenkit ovat kiinnitetty laitteeseen on suuri merkitys tyhjentymiseen ja säkin kestävyYTEEN. Jos säkki on kiinnitetty pelkästään kuormainta lähempänä olevista alemmista nostolenkeistä, niin nostettaessa säkkiä veto lähtee juuri väärään suuntaan repien nostolenkkejä irti. Tämä ilmenee pienoismallin avulla erinomaisesti.

Laitteen alaosaan täytyy suunnitella kiinnikkeet ketteille, joihin säkin alaosa kiinnitetään. Kettinkien täytyy olla säkissä kiinni siten, että veto keskittyy jokaiseen neljään säkin alapuolella olevaan nostolenkkiin. Kun laitteella aletaan nostamaan säkkiä nurin, vedon pitää lähteä oikeaan suuntaan ja siten, että jokaista nostolenkkiä vedetään juuri oikeaan suuntaan nostolenkkiin nähden. Tällöin saadaan säkin alemmille nostolenkeille paljon pidempi käyttöikä.

3.6 Irrotusmekaniikan kehittäminen

Edellisessä kappaleessa kuvattu säkin tehokas tyhjentyminen kaatamalla säkki ja vetämällä pelkästään alemmista nostolenkeistä vaatii, että säkki irrotetaan kokonaan laitteen yläosasta. Säkin ollessa sakkeliikiinnityksellä laitteessa traktorista joudutaan tulemaan pois ja jokaisen neljän ylempien nostolenkin sakkeli pitää käydä irrottamassa erikseen manuaalisesti. Jos esimerkiksi säkkiä ollaan tyhjentämässä auton peräkärriin, joudutaan kiipeämään kärriin irrottamaan sakkelit. Tällaisten kiipeämisten ehkäisy parantaisi myös työturvallisuutta.

Testauksien perusteella klapisäkin voi tyhjentää tehokkaasti ilman että koko laite kääntyy ylösalaisin. Tällöin laitteessa ei tarvita omaa kippausta varten olevaa hydraulikkasyylinteriä, koska traktorin etukuormaajan liikevara riittää klapisäkin kaatamiseen vaakatasoon mainiosti. Tästä syntyi idea kehittää laitteeseen hydraulikkasyylinterillä toimiva säkin ylempien nostolenkkien irrotusmekaniikka.

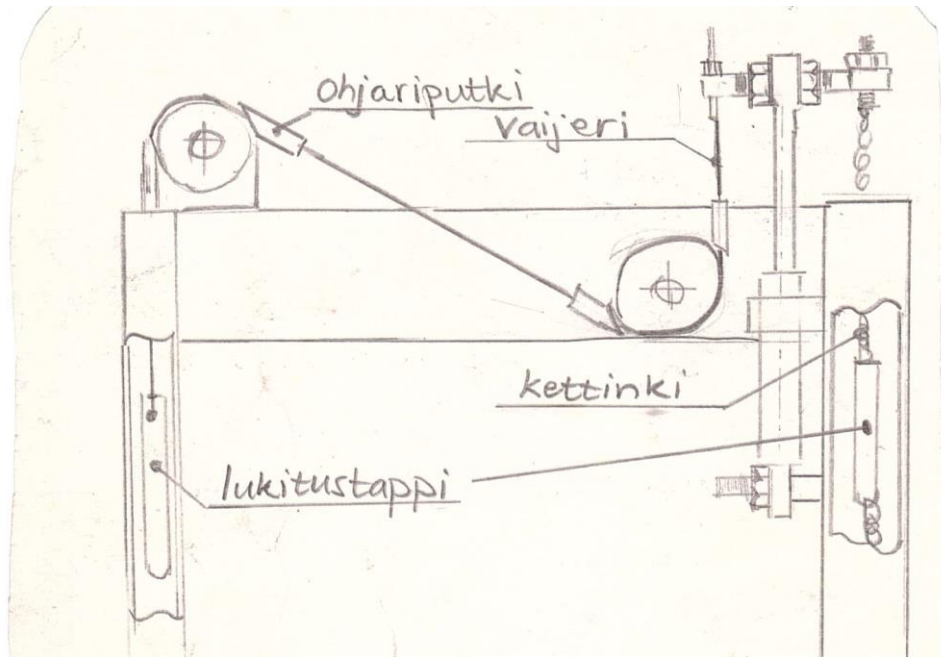
Luovan työn tekeminen vaatii pitkäaikaista pohdintaa ja syvällistä paneutumista ongelmaan. Kun ratkaisematon ongelma hautui mielessä, alitajunta teki töitä ratkaisun löytämiseksi. Heureka-ilmiö tapahtui jossain vaiheessa ja tyhjennysmenetelmän peruseriaate tuli mieleen. Tässä tuli sovellettua intuitiivista luovan työn metodia. (Tuomaala 1995, 4-9.)

Traktoreissa yleensä on vain yksi lisähydrauliikkaventtiili etukuormaajan etuosassa. Tästä johtuen kaikki neljä säkin nostolenkkiä on saatava irrotettua yhdellä hydrauliikkasynterinin liikkeellä. Hydrauliikkakomponentit ovat yleensä arvokkaita ja tällaiseen laitteeseen ei kannata alkaa valmistaa monimutkaista hydrauliikkajärjestelmää. Laitteen kannalta on myös hyvä saada toimivuus mekaniikalle, johon riittää yksi kaksitoiminen lisähydrauliikka. Näin ei tarvitse tehdä traktoreihin mitään muutoksia laitteen käyttöönottoa varten.

Jotta täyden säkin kytkeminen laitteeseen olisi helppoa, on jokainen nostolenkki pystyttävä kiinnittämään yksitellen. Kuitenkin siinä vaiheessa, kun säkkiä ollaan tyhjentämässä esimerkiksi peräkärriin, on toiminnan ja hyötyjen kannalta ehdotonta, että jokainen nostolenkki voidaan irrottaa traktorin ohjaamosta hydrauliikkasynterinin yhdellä liikkeellä. Näistä vaatimuksista lähtien syntyi käsitys siitä, minkälainen rakenne mekaniikalle täytyy tehdä.

Rakenteen ollessa suorakaidepalkkia irrotusmekaniikan pystyi suunnittelemaan toimivaksi palkkien sisällä. Toimintona mekaniikassa on lukitustapit, jotka liikkuvat palkkien sisällä. Lukitustappien kohdalla on hahlot palkissa, joihin laitetaan säkin nostolenkit. Tapeilla lukitaan nostolenkit hahloihin. Tappien täytyy olla yhteydessä toisiinsa kiinteästi aukaisuliikkeen suunnassa, jotta yhdenaikainen aukaisu mahdollistuu yhdellä synterinin liikkeellä. Toisaalta, kun täyttä säkkiä ollaan kiinnittämässä, täytyy jokaista tappia pystyä liikuttamaan kiinniasentoon yksitellen. Tämän vuoksi tapit on kytketty toisiinsa kettingillä. Hydrauliikkasynterinin varren ollessa sisäasennossa, vaijeri ja kettingit ovat löysällä. Nyt lukkotapit voi liikuttaa yksi kerrallaan lukkoasentoon ja ohjaamosta ei tarvitse juosta montaa kertaa säkin luona nostelemassa nostolenkkejä paikoilleen.

Kuviossa 17 laite on kuvattu ylhäältä päin. Kuvioon nähden etukuormaaja kiinnittyisi yläpuolelta päin laitteeseen. Hydrauliikkasynterini on kiinni traktorista päin katsottuna vasemmanpuolen palkin takapäässä ja liikuttaa suoraan kettingillä sen palkin tappeja. Välipalkkiin on kuvattu kaksi rissapyörää, joita pitkin liike välittyy vaijerilla vasemmanpuolen tapeille. Näin kaikki tapit avautuvat yhtä aikaisesti.

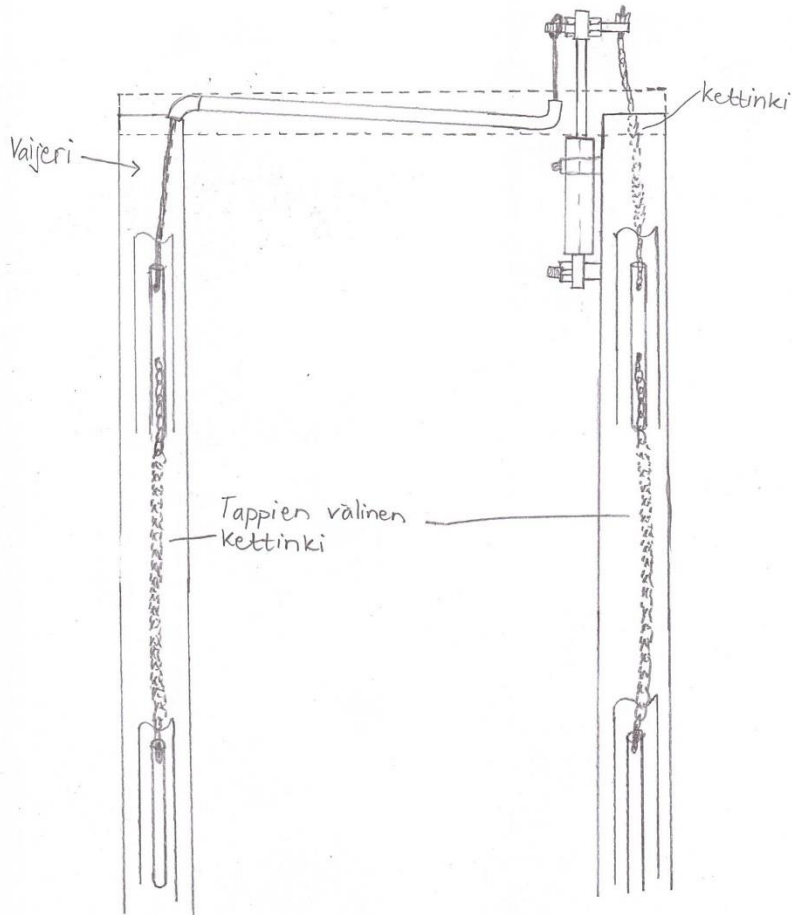


Kuvio 17. Vaijerin kulku rissapyörien välityksellä.

Liikkeen välittymisessä rissapyörien avulla ei varmasti olisi suurta ongelmaa. Pyörien kiinnitys laitteeseen olisi kohtuullisen vaivatonta, mutta pyörille pitäisi rakentaa hyvät vaijerin ohjaimet, jotta vaijeri ei missään vaiheessa pääse pois pyörältä ja sotkeudu pyörien väliin. Tässä olisi vaarana vaijerin rikkoutuminen.

Toinen ratkaisu vaijerin viennille vasemmalle palkille muodostui vielä yksinkertaisemmaksi. Putkesta tekemällä vaijerille ohjain palkilta toiselle kahdella 90° mutkalla on helppo toteuttaa ja toimivuudeltaan luotettava. Vaijeri on samalla putken sisällä hyvässä suojassa eikä tartu mihinkään kiinni. Näin lukkotapitkaan eivät pääse aukeamaan tahattomasti. Kuviossa 18 näkyy, kuinka vaijeri kulkee putkea pitkin toiselle palkille. Myös lukkotapit ja kettingit näkyvät palkkien sisällä.

Laitte kuvattu päältä päin.
Poikkileikkauksista näkyy
lukkotapit.

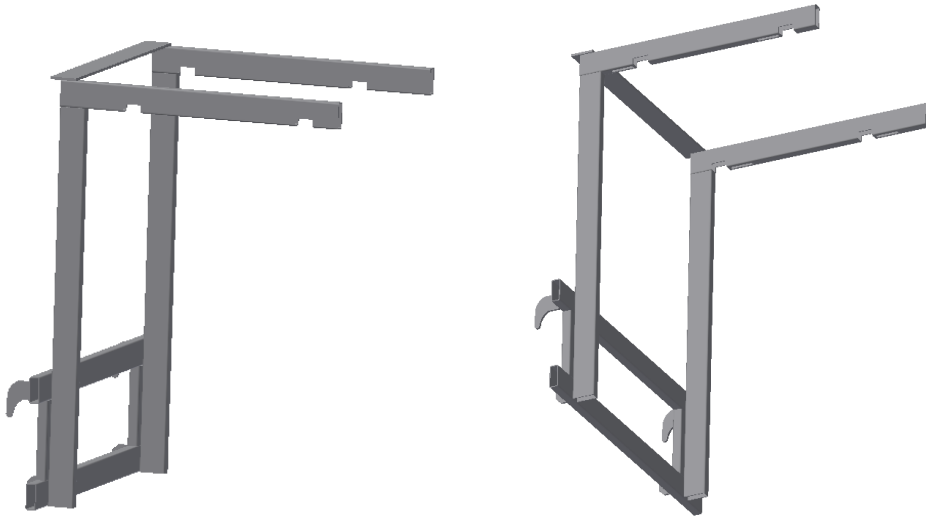


Kuvio 18. Vaijerin reititys putken avulla.

3.7 Laitteen runkorakenne

Laitteen runkorakenne pyritään mitoittamaan sopivasti riittävän tukevuuden saavuttamiseksi ja kestäämään myös laskennallista taakkaa suurempia rasituksia. Käytännössä nostohydrauliikka tuottaa dynaamisia rasituksia, jotka ylittävät staattisen kuormituksen.

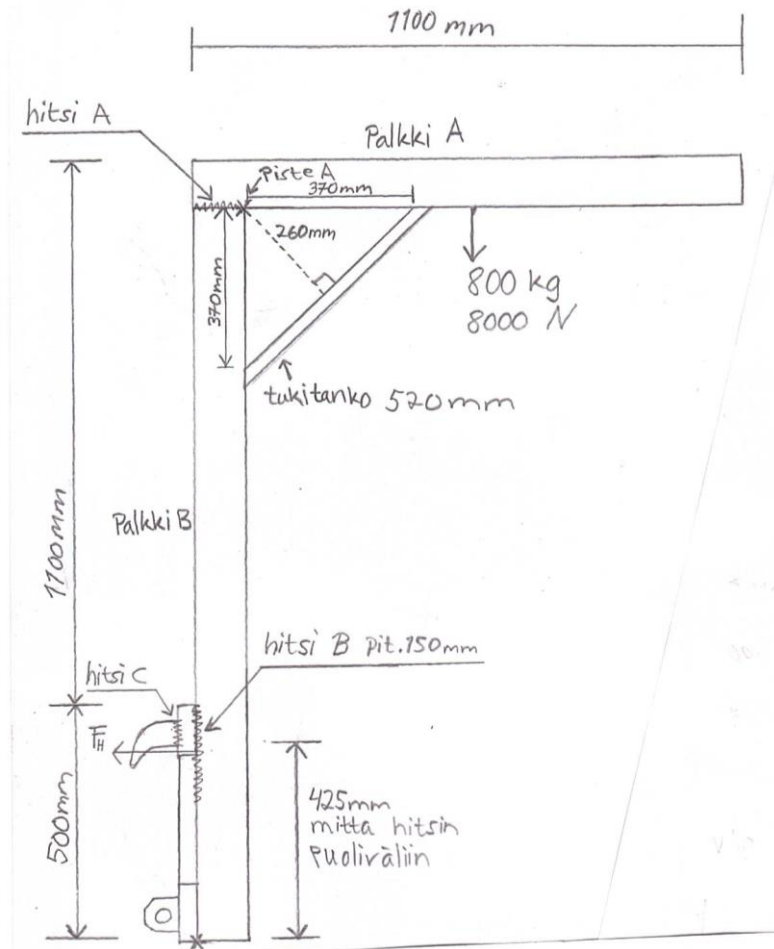
Runkorakenne koostuu 100x40x4 mm suorakaideputkipalkista ja 10x100 mm lattateräksestä (Kuvat 19 ja 20). Kiinnikkeet traktorin etukuormaajaan tehdään lattateräksestä, jotka hitsataan suoraan laitteen poikittaisiin palkkeihin. Tukitangot laitteen ylempiin palkkeihin hitsataan 20 mm vahvasta pyörötangosta (tangot eivät näy kuvissa 19 ja 20). Tankojen tarkoituksena on vähentää yläpalkin hitsiin kohdistuvaa vääntömomenttia. Hydraulikkasylinteri kiinnitetään laitteen runkoon pulteilla. Vaijerin ohjainputki on hitsattuna päistä kiinni runkoon. Ohjainputken päällä on lattateräs suojaamassa putkea ja varmistamassa putken kiinni pysyvyyden. Lattateräs tukee myös runkorakennetta.



Kuvat 19 ja 20. Autodesk Inventorilla tehty 3D -mallinnus laitteen rungosta.

3.8 Lujuuslaskelmia rakenteesta.

Kriittisimmät kohdat rasitukselle laitteen ollessa kuormattuna ovat pystypalkkien (Kuviossa 21 palkki B) kiinnityskohdat poikkipalkkeihin (Kuviossa 21 hitsi B), traktorin kuormaajaan tulevat ylemmät lattateräskiinnikkeet, koska kantavat koko kuorman (hitsi C) ja tukitankoihin kohdistuva puristusjännitys (Liite 1). Korvakkeiden hitsisaumat C ovat lyhimät, joten tarkastellaan vain niissä vallitsevaa jännitystä (Liite 2). Tukitankojen kestävyyttä on arvioitu seuraavilla kaavoilla.



Kuvio 21. Laitteen oleelliset hitsit ja mitat.

Valitaan tukisauvan nurjahdustapaukseksi EULERin IV tapaus, koska sauvan tuenta on lähinnä sitä (Salmi & Pajunen 2010, 280). Tällöin P_n voidaan laskea EULERin kaavalla (1) (Salmi ym. 293).

$$P_n = \frac{\pi^2 EI}{\left(\frac{L}{2}\right)^2} \quad (1)$$

missä

π	on	piin arvo
P_n	on	nurjahdusvoima [N]
E	on	kimmomoduli [GPa]
I	on	neliömomentti [mm ⁴]
L	on	nurjahdussauvan pituus [mm].

Poikkipinnan I_{ζ} umpinaiselle poikkileikkaukselle keskipisteen suhteen saadaan kaavasta (2) (Salmi ym. 422)

$$I_{\zeta} = I_{\eta} = \frac{\pi}{4} r^4 \quad (2)$$

missä

I_{ζ} on neliömomentti keskipisteen suhteen [mm^4]

r on poikkipinnan säde [mm]

Yhden tukitangon nurjahdusvoimaksi laskettiin 241 kN. Koska kuorman aiheuttama puristusvoima (6,9 kN) yhtä tankoa kohden on paljon pienempi kuin tangon nurjahdusvoima, niin tankojen nurjahtamisvaaraa ei ole.

Nostokorvakkeiden hitsit ovat suurimmalla rasituksella. Niitä rasittavaksi vetojännitykseksi laskettiin $8,1 \text{ N/mm}^2$. Jännityksen ollessa näin pieni hitsit kestävät hyvin. Muiden hitsien jännitystaso on vieläkin alhaisempi. Näiden laskujen perusteella rakenne kestää.

4 PROTOTYYPIN RAKENTAMINEN JA TESTAUS KÄYTÄNNÖSSÄ

4.1 Prototyypin rakentaminen

Työkalut ja tarvittavat metallintyöstölaitteet rakentamiseen ovat pääosin manuaalisesti käytettäviä käsityökoneita. Osien hitsaukseen käytetään Kemppi Superkempomat mig/mag hitsauskoneetta (Kuva 22) sekä Esab puikkohitsauskoneetta (Kuva 23). Metallin katkaisuun sekä osien sovittamiseen käytetään Hitachi, Bosch ja Milwaukee kulmahiomakoneita.



Kuvat 22 ja 23. Kemppi Superkempomat ja Esab Caddy 160 hitsauskoneet.

Prototyypin rakentamiseen käytettyä suorakulmaista putkipalkkia ja lattaterästä hankittiin Laurilan Romu, Topparit Oy:ltä (Kuva 24). Irrotusmekaniikkaan tarvittavat kettingit, putket, hydraulikkasyylinteri ja letkut sekä tukitankoihin käytetty umpitanko löytyivät valmiiksi kotoa. Maalit hankittiin Keminmaan Centtilästä.

Työn alussa oleellista oli tehdä mittaukset halkosäkistä, tässä tapauksessa 1,5 m³ suursäkki ja traktorin etukuormaajasta (Kuva 25). Prototyyppi on rakennettu Liitteen 3 työpiirustuksen mitoilla (Kuva 43).



Kuva 24. Laurilan Romu, Topparit Oy:ltä haettua putkipalkkia ja lattaterästä.



Kuva 25. Klapisäkki ja Massey Ferguson Pehtoori 140 etukuormaajalla.

Laitteen runko valmistetaan suorakaideputkipalkista hitsaamalla. Työ aloitettiin tekemällä etukuormaajaan tuleva runko-osa. Poikittaispalkit ovat 1300 mm pitkät ja välipalkit 300 mm (Kuva 26). Etukuormaajaan tulevat lattateräs kiinnikkeet tehtiin polttoleikkaamalla 10x100 mm lattateräksestä (Kuva 27).



Kuvat 26 ja 27. Etukuormaajaan tuleva runko-osa ja kiinnikkeiden teko polttoleikkaamalla.

Etukuormaajan kiinnikkeet hitsattiin poikittaisiin palkkeihin (Kuva 28). Kiinnikkeiden paikkaa on helppo muuttaa tarvittaessa sopivaksi eri kuormaajamalleille. Kiinnikkeitä ja runko-osaa sovitettiin paikalleen etukuormaajaan (Kuvat 29 ja 30). Näin varmistuttiin, että kiinnikkeet ovat varmasti oikeilla kohdilla.



Kuva 28. Kuormaajan kiinnikkeet oikeilla kohdillaan.



Kuvat 29 ja 30. Lattateräskiinnikkeet sovitettuna kuormaajaan. Alakiinnikkeet puuttuvat kuvasta.

1500 mm pitkät pystypalkit kiinnitetään suoraan hitsaamalla kuormaajaan tulevaan runko-osaan. Pystypalkkien päälle vaakatasoon hitsataan 1100 mm pitkät palkit, joiden sisään tulee putkesta, pyörötangosta ja kettingistä valmistetut lukitustapit. Pystypalkista 45° kulmassa ylöspäin tulee 520 mm pitkät ja 20 mm vahvuudeltaan olevat umpiteräksiset pyörötangot hitsattuna vaakatasossa oleviin palkkeihin (Kuva 31). Nämä tukitangot varmistavat rakenteen kestävyyttä.



Kuva 31. Laitteen palkkirakenne valmiina.

Ylhäällä vaakatasossa olevien palkkien sivuille leikattiin kulmahiomakoneella 70 mm leveät ja noin 30 mm korkeat, myös alapuolelta auki olevat aukot, joihin klapisäkkien nostolenkit laitetaan (Kuvat 32 ja 33). Alapuolella hahlo jatkuu 140 mm taaksepäin, missä liikkuu lukitustappien käsikahva.



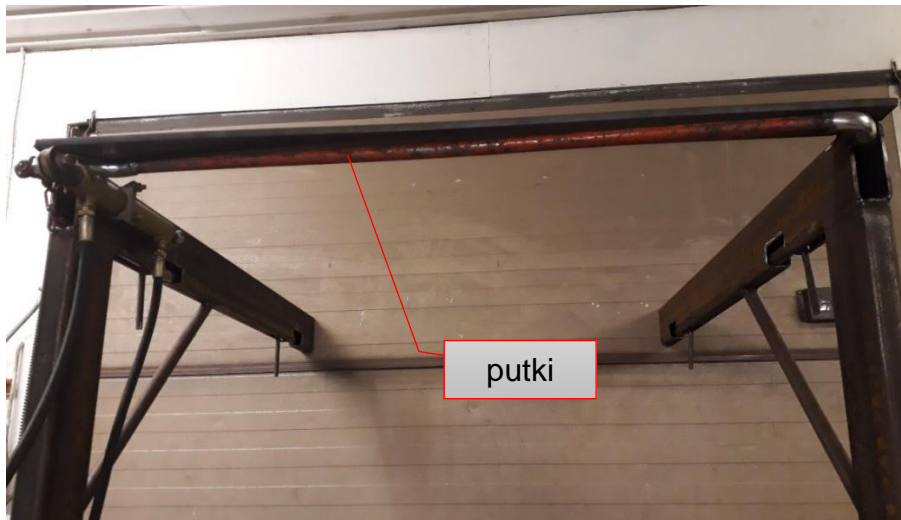
Kuvat 32 ja 33. Yläpalkeissa olevat aukot.

Lukitustapit ovat ulkohalkaisijaltaan 21,3 mm ja seinämältään 2,6 mm vahvaa teräsputkea. Tappien pituus palkkien sisällä on 250 mm, jotka yhdistyvät toisiinsa kettingillä. Kettingi mahdollistaa tappien liikuttamisen yksi kerrallaan silloin kun säkki ollaan kytkemässä paikoilleen (Kuva 34).



Kuva 34. Lukitustapit yläpalkin päällä, sillä kohdissa, missä ovat silloin, kun säkki on kytketty paikoilleen.

Oikean puoleisen palkin lukitustappeja liikuttaa vaijeri, joka kulkee putkea pitkin vasemman puolen yläpalkille (Kuva 35). Vasemman puolen tappeja liikuttaa kettingin pätkä, joka on kiinnitetty jousella tappeihin. Jousi mahdollistaa napakan toimivuuden, helpon kettingin pituuden sovituksen ja ehkäisee rikkoutumista (Kuva 36). Yläpalkkien päälle hitsattiin laitteen levyinen lattateräs tukevoittamaan rakennetta (Kuvassa 35 putken päällä). Lattateräs myöskin suojaa vaijeriputkea lenteleviltä klapeilta silloin, kun laitetta käytetään halkosäkin pitämiseen klapikoneen kuljettimen edessä säkkiä täytettäessä.



Kuva 35. Putki, jonka sisällä vaijeri kulkee. Yläpuolella näkyy lattarautasuoja.



Kuva 36. Palkin sisällä oleva jousi.

Hydrauliikkasylinteri kiinnitettiin vasemman puoleiseen yläpalkkiin pulttikiinnityksellä (Kuva 37). Vaijeri ja kettinki tulevat suoraan kiinni sylinterin silmukkaan sakkelilla.



Kuva 37. Hydrauliikkasylinterin kiinnitys.

Lukitustappeihin hitsattiin käsikäyttöä varten 100 mm pitkät teräs tapit. Näistä on helppo siirtää lukitustapit kiinni säkin nostolenkkejä laitettaessa paikoilleen (Kuva 38).

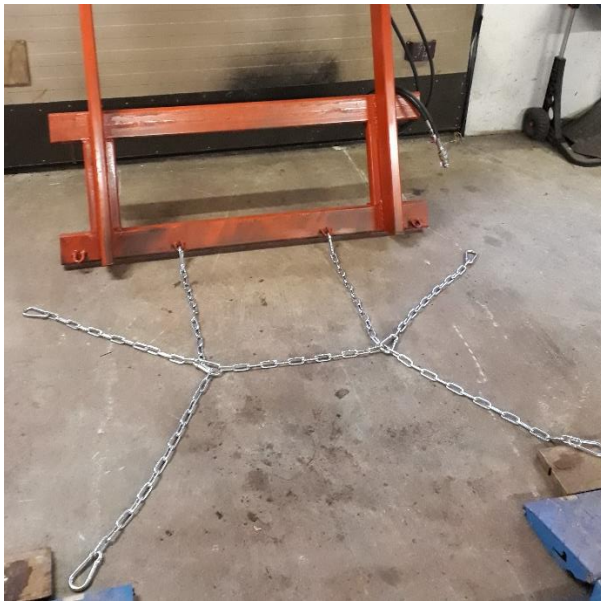


Kuva 38. Tapissa oleva käsikahva.

Runkopalkin alareunaan hitsattiin neljä korvallista (Kuva 39). Näihin kiinnitetään säkin alapuolelle tulevat kettingit, joiden avulla säkki nostetaan nurin ja tyhjennetään. Kettingit on helppo liittää lenkkeihin pikalukoilla ja pituuden voi sovittaa helposti sopivaksi (Kuva 40).



Kuva 39. Kettingien kiinnityslenkit alapalkissa.



Kuva 40. Kettingit paikoillaan.

4.2 Prototyypin testaus käytännössä

Testauksissa säkin kiinnittäminen yksin onnistui vaivattomasti. Alakiinnikkeiden kettinkien kiinnittämistä varten ei tarvitse kuin kerran käydä ohjaamon ovella nostamassa säkkiä ylemmäs maasta. Tämän jälkeen säkki on täysin kiinnitettynä laitteeseen (Kuvat 41 ja 42).



Kuvat 41 ja 42. Klapisäkki kiinnitettynä laitteeseen.

Tyhjennettäessä säkkiä peräkärriin ei tarvinnut kertaakaan tulla pois traktorin ohjaamosta. Kun säkin oli ajanut sopivalle kohdalle kärriin päälle ja irrotanut ylänostolenkit hydraulilla ei tarvinnut kuin nostaa säkki nurin. (Kuvissa 43 ja 44). Klapit tulivat säkistä pois juuri oikein, niin kuin pienoismallikin osoitti (Kuva 45). Prototyypin voi todeta toimivaksi.



Kuvat 44 ja 45. Klapisäkin tyhjennys.



Kuva 45. Klapisäkki tyhjennettynä Kuvan 45 noston jälkeen.

4.3 Prototyypin valmistuskustannusten arviointi

Materiaalit prototyypin valmistamiseksi ostettiin yksityisen kuluttajan hinnoilla. Vaikka joitain osia oli jo valmiina, on seuraavassa taulukossa (Taulukko 1) esitetty kaikille osille käyvä hinta. Taulukossa ei ole otettu huomioon hintaa työtunneille. Prototyypin valmistukseen meni aikaa kaksi päivää kotiloissa käsityökaluilla.

Taulukko 1. Osien määrät ja hinnat.

Materiaali / osa	Tarvittava määrä metri / kpl	Hinta euroa metri / kpl	Yhteensä euroa	lähde
putkipalkki 100x40x4mm	8,4 m	11,5	99,6	Laurilan romu Topparit OY
solmuketju 2mm	1 m	0,95	0,95	Motonet 2017
kettinki 8x47x30mm	4 m	4,9	19,6	Motonet 2017
lattarauta 100x10mm	1,6 m	13,45	21,52	Laurilan romu Topparit OY
ketjun pikalukot	8 kpl	0,65	5,2	Motonet 2017
vaijeri 4mm	1,5 m	0,90	1,35	Motonet 2017
rautaputki 21,3 mm	2 m	2,5	5	Laurilan romu Topparit OY
vaijerilukko 3mm	2 kpl	0,25	0,50	Motonet 2017
hydrauliikka sylinteri, isku 200mm	1 kpl	81	81	Hydrauliikkapumppu 2017a
hydrauliikka letku	3 m	3,30	9,9	Hydrauliikkapumppu 2017b
umpiteräs tanko 20mm	1,10 m	4,6	5,06	Laurilan romu Topparit OY
kierrettävä hydrauliikkaliitin	2 kpl	4	8	Hydrauliikkapumppu 2017b
pikaliitin	2 kpl	2,90	5,8	Hydrauliikkapumppu 2017b
Maali	2 kpl	4,50	9	Centtilä Kemimaa
kaikki				272,48 euroa

Prototyypin rakentamiseen kului aikaa noin 18 tuntia. Jos laitetta valmistaisi sarjatuotantona jäisi työtuntien määrä huomattavasti pienemmäksi yhtä laitetta kohden. Kokonaishinnaksi työtunnit mukaan lukien voisi arvioida 400e. Hintaa ei mielestäni ole kovin kallis, jos vertaa esimerkiksi yksinkertaisiin trukkipiikkeihin, jotka maksavat noin 800 euroa. Laitteen käytettävyyttä ajatellen suursäkkien käsittelyssä verrattuna trukkipiikkeihin voi pitää parempana. Esimerkiksi polttopuita myyntiin tekevät ja paljon suursäkkejä käsittelevät yrittäjät voisivat ostaa mieluummin tällaisen laitteen trukkipiikkien sijaan.

5 POHDINTA

Tavoitteena oli kehitellä klapisäkkien siirtelyyn, täyttämiseen ja tyhjentämiseen soveltuva toimiva laite. Työssä ensimmäiseksi suunniteltu kaatolaite osoittautui säkin tyhjennysvaiheessa ongelmalliseksi. Pienoismallin avulla kyettiin kuitenkin tutkimaan säkin käyttäytymistä eri kaatotilanteissa. Sen avulla tyhjennystapaa kehitettiin uudelleen ja kyettiin toteamaan, miten laite toimisi parhaiten. Suunnittelun tuloksena syntyi erilainen ratkaisu laitteen toimintaperiaatteesta.

Täyden mittakaavan prototyypillä käytännössä tehdyt testaukset sujuivat hyvin ja laitteen voi todeta täysin toimivaksi. Säkin tyhjennys sujuu vaivattomasti ja säkkiä säästään. Täyden klapisäkin kiinnittäminen on helppoa yksinkin, mikä on suuri etu täysiä klapisäkkejä siirreltäessä. Esimerkiksi monet maatilan isännät joutuvat tekemään töitä yksinään. Tällöin yksintyöskentelyn mahdollistavista traktorin lisälaitteista tulee todellinen hyöty. Myös työturvallisuus parantuu huomattavasti, mikä on merkittävä tekijä.

Säkin ollessa klapikoneen kuljettimen edessä on hankalaa välttyä siltä, että klapeja lentää joskus myös säkin ylitse. Tältä välttyttäisiin, jos laitteeseen tekisi esimerkiksi pellistä tai paksusta kumista sopivan korkuisen seinämän palkkien päätyyn.

Lukkotappien toimivuus hydraulikalla on varmaa ja säkin nostolenkit irtoavat laitteesta hyvin. Kiinnitettäessä säkkiä laitteeseen lukkotappien pysyvyyden kiinni asennossa voisi varmistaa laittamalla palkkien päätyihin etummaisista lukkotappeja vetävät jouset.

Jos tuotetta alkaisi valmistamaan jokin konepaja, pitäisi laitteesta tehdä viimeistellyt työpiirustukset 3D -ohjelmistolla tai voisi myydä valmiin laitteen ja valmistusoikeuden jollekin halukkaalle valmistajalle.

LÄHTEET

- Hydrauliikkapumppu 2017a. Gea vakiosylinterit. Viitattu 15.11.2017.
<https://www.hydrauliikkapumppu.fi/tuote/gea-vakiosylinterit-sg32200100>
- Hydrauliikkapumppu 2017b. Letkut ja tarvikkeet. Viitattu 15.11.2017
<https://www.hydrauliikkapumppu.fi/tuotteet/letkut-ja-tarvikkeet>
- Lampinen, O. 1995. Pienoismallit ja mallinnus. Kausala: Kausalan kirjapaino Oy.
- Landtek 2017. Klapisäkki Tommi full air. Viitattu 15.11.2017.
<https://verkkokauppa.landtek.fi/verkkokauppa/klapisakki-tommi-full-air-15m3/klapisakki-tommi-full-air/>
- Mascus 2017. Maatalous. Viitattu 15.11.2017.
<https://www.mascus.fi/maatalous/kaytetyt-muut-maatalouskoneet/other-sackhallare-for-ved-knikmops/decilhcn.html>
- Motonet 2017. Kiinnitystarvikkeet-ja-helat. Viitattu 15.11.2017
<http://www.motonet.fi/fi/kategoria/2668/724661/Kiinnitystarvikkeet-ja-helat>
- Puuvirrat 2017. Klapiinvalmistajan-tarvikkeita. Viitattu 19.11.2017.
<https://www.puuvirrat.fi/klapiinvalmistajan-tarvikkeita/257-suursakkien-nostokoukut.html>
- Salmi T. & Pajunen, S. 2010. Lujuusoppi. Tampere: Pressus Oy.
- Traktorimies 2017. Työvälinekiinnikkeet. Viitattu 15.11.2017.
http://www.traktorimies.fi/tuote/5319/tyovalinekiinnikkeet/tyovalinekiinnike-solid_pehtoori
- Tuomaala J., 1995. Luova koneensuunnittelu. 1. painos, Tampere: Tammer-teknikka Ky.
- Uittokalusto 2017. Klapisäkkilaine. Viitattu 19.11.2017.
<https://www.uittokalusto.fi/klapisakkiteline-vapautusmekanismilla.html>
- Virtasenkauppa 2017. Trukkipiikit. Viitattu 15.11.2017.
<https://www.virtasenkauppa.fi/trukkipiikit-20-t-piikki-1000-mm-11448>

LIITTEET

- Liite 1. Lujuuslasku, nurjahdus kestävyys
- Liite 2. Lujuuslasku, hitsien C vetojännitys
- Liite 3. Kokoonpanopiirustus, prototyypin mittoja

Liite 1. Tukitankojen nurjahdus kestävyys lasku.

Sijoittamalla sauvan mitta $r=10$ mm kaavaan (2) saadaan

$$I_{\zeta} = I_{\eta} = \frac{\pi}{4} 10^4 = 7854 \text{ mm}^4$$

Teräksen kimmomodulina voidaan käyttää $E = 210\,000$ N/mm².

Tukisauvan pituus $L=520$ mm.

Sijoittamalla arvot kaavaan (1) saadaan nurjahdusvoimaksi

$$P_n = \frac{\pi^2 \cdot 210\,000 \cdot 7854}{\left(\frac{520}{2}\right)^2} \approx 241 \text{ kN}$$

Lasketaan taakan aiheuttama puristusvoima tukisauvassa.

Kun momentin nolapisteeksi valitaan piste A, saadaan yhtälö

$$P_T \times 260 \text{ mm} = (8000 / 2) \text{ N} \times 450 \text{ mm}$$

ja tästä $P_T \approx 6,9$ kN

Koska $P_T \lll P_n$, niin tukisauva ei nurjahda.

Liite 2. Hitsien C vallitseva vetojännitys.

Kuviosta 15 voidaan päätellä, että suurimmat voimat kohdistuvat hitsiin B ja C. Korvakkeiden hitsisaumat C ovat lyhimät, joten tarkastellaan vain niissä vallitsevaa vetojännitystä.

C-hitsien pinta-ala

$$150 \text{ mm} \times 4 \text{ mm} \times 2 = 1200 \text{ mm}^2$$

Voima FH saadaan yhtälöstä

$$FH \times 450 \text{ mm} = 8000 \text{ N} \times 550 \text{ mm}$$

josta $FH \approx 9,8 \text{ kN}$

$$\text{Joten C-hitsin jännitys on } 9,8 \text{ kN} / 1200 \text{ mm}^2 = 8,1 \text{ N/mm}^2$$

Hitsi kestää hyvin vetojännityksen ollessa näin pieni.

Liite 3. Työpiirustuksessa on prototyypissä käytettyjä mittoja (Kuvio 43). Mittakaava on 1:10 ja materiaalit ovat 100x40x4mm suorakaide putkipalkkia ja 100x10 lattaterästä.

Liite 3. Kokoonpanopiirustus laitteen runkorakenteesta

