



**SÄILÖREHUN KORJUUN
VERTAILU NOUKINVAUNU-
JA AJOSILPPURIKETJUILLA
– TAPAUS HEIKKILÄN TILA**

Juha Pakkala

Opinnäytetyö

Huhtikuu 2008



**JYVÄSKYLÄN
AMMATTIKORKEAKOULU**
Luonnonvarainstituutti

Tekijä(t) PAKKALA, Juha	Julkaisun laji Opinnäytetyö	
	Sivumäärä 52	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus <input type="checkbox"/> Salainen _____ saakka	
Työn nimi SÄILÖREHUN KORJUUN VERTAILU NOUKINVAUNU- JA AJOSILPPURIKETJUILLA – TAPPAUS HEIKKILÄN TILA		
Koulutusohjelma Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) TURUNEN, Mika		
Toimeksiantaja(t) ACKERMANN, Stephan / Alois Pöttinger Maschinenfabrik GmbH, Grieskirchen, Austria		
Tiivistelmä <p>Itävaltalainen maatalouskonevalmistaja Pöttinger ja Laukaassa toimiva maa- ja metsätalousteknologian tuotekehitys- ja konsultointiyritys Afcon Oy järjestivät säilörehun korjuukokeen Heikkilän tilalla Nivalassa 17.7.2007. Korjuukokeessa korjattiin kahdella eri etäisyydellä sijainneet samanlaiset säilörehualat noukinvaunu- ja ajosilppuriketjuilla. Tavoitteena oli selvittää, miten noukinvaunuketju sopii ison karjatilalan tarpeisiin ja millaisia kustannussäästöjä noukinvaunuketjun käytöllä voi saavuttaa ajosilppuriketjuun verrattuna.</p> <p>Korjuukokeen aineisto rakentui pellolla, siirtoajossa sekä siilolla kellotetuista työvaiheista. Ajanoton lisäksi punnittiin rehuormat ja mitattiin polttoainekulutus. Näistä tuloksista sekä tilan ja konevalmistajien antamista tiedoista laskettiin lopulta korjuun kustannukset. Saaduista tuloksista puhdistettiin tilapäiset häiriöt korjuussa, testijärjestelyistä ja muista vastaavista syistä johtuneet viivästykset menetelmien keskinäisen vertailun mahdollistamiseksi.</p> <p>Tuloksista ilmenee, että Ajosilppuriketjulla (ajosilppuri, 2 siirtoyhdistelmää ja tiivistystraktori) korjattiin 13,66 ha:n ala 2,0 tunnissa. Noukinvaunuketjulla (noukinvaunu ja tiivistystraktori) kului aikaa samaan työhön 3,8 tuntia. Ajosilppuriketjun korjuuteho oli korjuukokeen perusteella kaksi kertaa noukinvaunuketjua suurempi. Noukinvaunuketjun henkilömäärän tarve, polttoaineen kulutus (l/ha) sekä konekustannukset (€/ha) olivat noin puolet pienemmät kuin ajosilppuriketjulla.</p> <p>Säilörehun korjuuketjun valinta on tilakohtainen asia. Noukinvaunu on kustannustehokas, kahden työntekijän rehunkorjuumenetelmä, jonka teho riippuu vaunun suuruudesta sekä tilan olosuhteista. Ajosilppuriketjussa kaikki on suurempaa ja kalliimpaa. On tilakohtainen asia, arvostaako oikea-aikaista ja nopeaa korjuutulosta vai korjuun kustannustehokkuutta. Molempien korjuuketjujen lopulliseen suorituskyykyyn vaikuttavat olennaisesti peltojen etäisyydet tilakeskuksesta sekä tilan resurssit. Noukinvaunu on korjuukokeen perusteella varteenotettava rehunkorjuumenetelmä isolle karjatilalle.</p>		
Avainsanat (asiasanat) noukinvaunu, ajosilppuri, säilörehu, säilörehun korjuu, korjuuketju, työnmenekki, Pöttinger		
Muut tiedot		

Author(s) PAKKALA, Juha	Type of Publication Bachelor's Thesis <hr/> Pages: 52 Language: Finnish <hr/> Confidential <input type="checkbox"/> Until _____
Title SILAGE HARVESTING: A COMPARISON BETWEEN A SELF-LOADING FORAGE WAGON AND THE SELF-PROPELLED FORAGE HARVESTER MACHINERY SYSTEMS – CASE HEIKKILÄ FARM	
Degree Programme Degree Programme in Agriculture and Rural Industries	
Tutor(s) TURUNEN, Mika	
Assigned by ACKERMANN, Stephan / Alois Pöttinger Maschinenfabrik GmbH, Grieskirchen, Austria	
Abstract <p>An Austrian agricultural machinery manufacturer Pöttinger and a Finnish R&D company Afcon specialising in agriculture and forestry organized a test harvesting for silage on July the 17th 2008. The site for this test was Heikkilä's farm in Nivala, Finland. The test period consisted of harvesting with two machinery systems in two fields situated at different distances from the clamp silos. The idea of this grassland test and study was to define how a self-loading forage wagon system responds needs of a big dairy farm.</p> <p>The test data collected consisted of the spans of field work, silage transportations and work in the clamp silo. Every load was weighted and the fuel consumption was measured. These results, combined with machine details, were the main material in cost calculations of the harvesting. The final results included only the effective working time. Troubles at loading, load weight measurement and other delays were removed from the results so that the comparison between these two machinery systems would be possible. The final results indicated that a self-propelled forage harvester machinery system is quicker than self-loading forage wagon system. The harvester, two trailer units and a compacting machine harvested an area of 13,66 hectares in 2,0 hours. The self-loading forage wagon machinery system (wagon and compacting machine) spent 3,8 hours to the same work which is twice as much. The labour requirements, fuel consumption (l/ha) and machine costs (€/ha) are all about fifty percent less than in the self-loading forage wagon machinery system.</p> <p>The choice between the two machinery systems is highly a farm-specific matter. The self-loading forage wagon machinery system is a cost efficient process. The work method requires only two employees. The final output depends of the wagon size and the farm conditions. The self-propelled forage harvester machinery system is larger in scale and more expensive. Some of farms value more the right-time cut and fast harvesting result. On the other hand, some farms appreciate the low harvesting costs. The final performance for the both systems relies essentially on the operating conditions of the farms as well as on the distance between the clamp silos and the fields.</p>	
Keywords self-loading forage wagon, self-propelled forage harvester, Pöttinger, silage, harvesting, comparison	
Miscellaneous	

SISÄLTÖ

1	RIITTÄÄKÖ NOUKINVAUNUKETJUN TEHO?	4
2	SÄILÖREHU KESKEISESSÄ ASEMASSA	5
2.1	Nurmikasvuston viljely	5
2.2	Esikuivatun säilörehun korjuun työvaiheet	6
2.2.1	Niittomurskaus	6
2.2.2	Karhotus	6
2.2.3	Korjuu.....	7
2.3	Aiempi tutkimus	10
2.4	Tutkimusongelmat	12
3	AINEISTO JA MENETELMÄT	13
3.1	Testin lähtökohdat	13
3.2	Rehuanalyysit	15
3.3	Menetelmät	18
3.3.1	Korjuuta edeltäneet työvaiheet.....	18
3.3.2	Kaluston esittely, ajosilppuriketju.....	20
3.3.3	Kaluston esittely, noukinvaunuketju.....	26
3.3.4	Lähtökohdat menetelmille.....	28
3.3.5	Tulosten muodostamisen ja esittämisen perusteet	29
3.3.6	Ajanotto eri työvaiheista	30
3.3.7	Rehukuormien punnitus	31
3.3.8	Polttoaineiden kulutus	33
3.3.9	Tietojen tallennus ja jatkotoimenpiteet	33
4	TULOKSET	34
4.1	Kuormien massat	34
4.2	Polttoaineen kulutus	36
4.3	Työvoimavaatimukset	36
4.4	Korjuuteho	38
4.4.1	Korjuuteho korjattuina rehutonneina	38
4.4.2	Korjuuseen kulunut aika.....	39
4.5	Konekustannukset	40
4.6	Ajankäyttö pellon ja siilon välillä sekä kuorman purku	41

5 TULOSTEN TARKASTELU JA POHDINTA	43
LÄHTEET.....	46
LIITTEET.....	47
Liite 1. Laskenta korjuun kustannuksista - ajosilppuriketju - pelto 1.....	47
Liite 2. Laskenta korjuun kustannuksista - ajosilppuriketju - pelto 2.....	48
Liite 3. Laskenta korjuun kustannuksista - ajosilppuriketju - yhteensä	49
Liite 4. Laskenta korjuun kustannuksista - noukinvaunuketju - pelto 1.....	50
Liite 5. Laskenta korjuun kustannuksista - noukinvaunuketju - pelto 2.....	51
Liite 6. Laskenta korjuun kustannuksista - noukinvaunuketju - yhteensä	52

KUVIOT

KUVIO 1. Nurmikasvuston käsittelytapoja ja -vaihtoehtoja	5
KUVIO 2. Niittomurskausta 9 m leveydeltä.....	6
KUVIO 3. Sivulle (vas.) sekä keskelle siirtävä karhotin	7
KUVIO 4. Siirtoyhdistelmä (vas.), ajosilppuri ja noukinvaunuyhdistelmä työssään	7
KUVIO 5. Korjuuketjujen työvaiheet ja niiden esiintyminen aikajanalla	8
KUVIO 6. Noukinvaunun toimintaperiaate (Pöttinger Torro / Jumbo 2005).....	9
KUVIO 7. Ajosilppurin toimintaperiaate (John Deere -ajosilppurit 2006)	10
KUVIO 8. Testilohkojen sijoittuminen kartalla.....	14
KUVIO 9. Pelto 1. - 17,52 ha:n korjuuuala - 0,5 km tilalta	14
KUVIO 10. Pelto 2. - 9,8 ha:n korjuuuala - 3,5 km tilalta.....	15
KUVIO 11. Korjuupäivän tapahtumat ja arvio ka-% kehitymisestä päivän aikana ...	18
KUVIO 12. Ajosilppurin säilöntäainesäiliöratkaisu: neljä 200 l tankkia.....	19
KUVIO 13. Noukinvaunun säilöntäaineannostelu Fellow™ -säilöntäainesäiliöllä.....	19
KUVIO 14. John Deere 7300	20
KUVIO 15. John Deere 7710	21
KUVIO 16. Matti	22
KUVIO 17. Valtra S280	23
KUVIO 18. Peecon	24
KUVIO 19. John Deere 6910	25
KUVIO 20. Fendt 930 Vario.....	26
KUVIO 21. Pöttinger Jumbo 8000 L	27

KUVIO 22. John Deere 6910	28
KUVIO 23. Punnitusasema ensimmäistä kertaa käytössä	32
KUVIO 24. Rehun määrä vaunussa, kg / m ³ (DIN).....	35
KUVIO 25. Polttoaineen kokonaiskulutus eri korjuuketjuilla peltolohkoittain.....	36
KUVIO 26. Työtunnin teho (tn / työtunti sekä ha / työtunti).....	38
KUVIO 27. Korjuuseen kulunut kokonaisaika	40
KUVIO 28. Korjuuseen kuluneet työtunnit	40
KUVIO 29. Eri korjuuketjujen työkoneiden konekustannukset	41

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Rehunäytteiden analysointitulokset (Valio 2007).....	17
TAULUKKO 2. Säähavainnot 17.7.2008 klo 09:00 - 21:00 (Niinimäki 2008).....	17
TAULUKKO 3. Rehukuormien punnitustulokset sekä irtotilavuusmassat	35
TAULUKKO 4. Käytetyt työtunnit eri työvaiheittain sekä työtunnin teho (tn / h).....	37
TAULUKKO 5. Siirtoajojen kestot, keskinopeudet sekä kuorman purkuajat.....	42

1 RIITTÄÄKÖ NOUKINVAUNUKETJUN TEHO?

Säilörehun korjuu on iso tapahtuma jokaisella nurmirehua hyödyntävällä kotieläintilalla. Säilörehu on ruokinnan perusta, joten korjatun rehun laadulla ja korjuun kustannuksilla on suora vaikutus tilan kannattavuuteen. Korjuuketjun valinta luo lisäksi suuntaviivat säilörehun korjuulle ja käytölle pitkiksi ajoiksi eteenpäin. Tiloilla, joilla rehuala kasvaa korjuuajan pysytellessä samana, korjuuketjulta vaaditaan koko ajan enemmän tuottavuutta.

Kasvaneeseen tehontarpeeseen valmistajat tarjoavat perinteisten korjuumenetelmien lisäksi mm. ajosilppureita, noukinvaunuja sekä suurpaalaimia. Korjuuketjun valinta on haasteellinen tehtävä, jossa on osattava huomioida taloudellisten näkökohtien lisäksi tilan omat resurssit, niin työvoiman kuin konekalustonkin suhteen. Suuri korjuuteho tai halpa hankintahinta ei yksinään kerro korjuuketjun kokonaiskannattavuudesta. Tilakohtaisia laskelmia ja tutkimusta erilaisista vaihtoehdoista tarvitaan jatkossakin.

Itävaltalainen noukinvaunuvalmistaja Pöttinger ja Laukaassa toimiva maa- ja metsätalousteknologian tuotekehitys- ja konsultointiyritys Afcon Oy ovat tehneet viime vuosina yhteistyötä erityisesti noukinvaunuihin liittyvän testaustoiminnan saralla. Valmistajan tarkoituksena on selvittää ja todistaa tuotteiden toimivuus suomalaisissa olosuhteissa ja arvioida kilpailukykyä suhteessa muihin korjuutapoihin ja laitevalmistajiin. Yksi osa tätä toimintaa on ollut Heikkilän tilalla Nivalassa 17.7.2007 suoritettu korjuukoe, jossa noukinvaunu- ja ajosilppuriketjulla korjattiin kahdella eri etäisyydellä sijainneet lohkot. Tämä opinnäytetyö rakentuu testin ympärille tuoden esiin keskeisimmät tulokset ja arvioinnin korjuuketjujen oleellisimmista eroista.

Tavoitteena on selvittää, riittääkö noukinvaunuketjun suorituskyky ison karjatilán tarpeisiin ja millainen on työketjun teho suhteessa korjuukokeen ajosilppuriketjuun. Tavoitteena on lisäksi selvittää, kuinka paljon kustannussäästöjä noukinvaunuketjun käytöllä on mahdollista saavuttaa Heikkilán tilalla. Työni keskittyy analysoimaan kerättyä aineistoa ajankäytöllisestä ja teknologisesta näkökulmasta. Uskon opinnäytetyöni antavan selkeitä vastauksia näistä näkökulmista kumpuileviin kysymyksiin. Toivon, että työstä on apua Pöttingerin noukinvaunuteknologian myynninedistämisessä Suomessa.

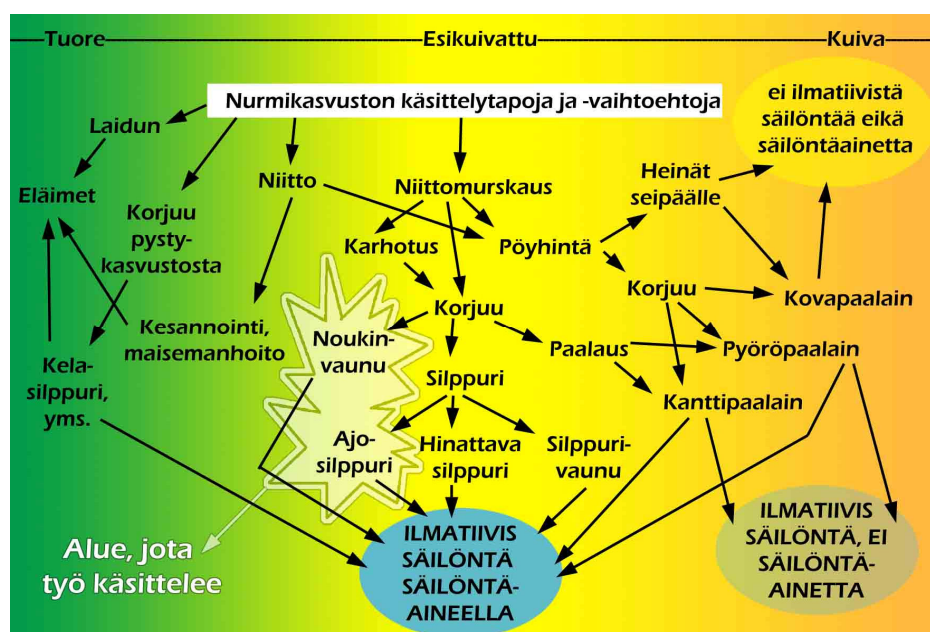
2 SÄILÖREHU KESKEISESSÄ ASEMASSA

2.1 Nurmikasvuston viljely

Maa- ja Metsätalousministeriön Tietopalvelukeskuksen julkaiseman tilaston mukaan Suomen 913 000 hehtaarin nurmialasta noin puolet korjataan säilörehuksi. Kuivaheinän ja laidunkäytön osuus on molemmilla noin 10 %. Loppuosa nurmista koostuu siemenheinästä, tuorerehukäytöstä, kesantoaloista, viljelemättömistä pelloista, suoja-kaistoista yms. (Käytössä oleva maatalousmaa, 2007.)

Karttusen, Peltosen ja Pentin (2004, 1.) mukaan säilörehusadot korjataan lähes poikkeuksetta esikuivattuna, koska sen avulla saavutetaan huomattavia logistisia etuja koko rehun käsittelyketjussa. Esikuivattu säilörehu on kyseessä silloin, kun säilöntäaineella käsiteltävää rehua on kuivattu ensiksi pellolla niiton ja korjuun välissä. Tämän vahvistaa myös Nousiainen (2005, 1) laatimassaan Säilöntämenetelmät-ohjeessa, joka on osa Valion ArtturiPassi 2005 -koulutusmateriaalia.

Suomessa on käytössä monia erilaisia säilörehun korjuumenetelmiä ja -ketjuja. Eri menetelmiä ovat mm. noukinvaunukorjuu, silppurikorjuu (ajosilppuri, tarkkuussilppuri, silppurivaunu) sekä paalaus (pyöröpaalain, kanttipaalain) (Turtiainen 2005, 18 - 20). Tämä opinnäytetyö käsittelee nurmikasvuston laajasta viljelyvalikoimasta esikuivattua säilörehua ja sen kahta eri korjuumuotoa (kuvio 1).



KUVIO 1. Nurmikasvuston käsittelytapoja ja -vaihtoehtoja

2.2 Esikuivatun säilörehun korjuun työvaiheet

2.2.1 Niittomurskaus

Peltonen, Karttunen ja Pentti (2003, 3) toteavat, että kasvusto tulee niittää 8 - 10 cm:n sänkeen ennen korjuuta joko nostolaitesovitteisella tai hinattavalla niittomurskaimella. Heinän kevyt murskaus niittovaiheessa nopeuttaa kuivumista. Niittomurskain voidaan kiinnittää joko traktorin eteen tai taakse. Erilaisista koneyhdistelmistä riippuen yhdellä ajokerralla voidaan niittää jopa 9 m leveydeltä.



KUVIO 2. Niittomurskausta 9 m leveydeltä

2.2.2 Karhotus

Korjuuta voidaan tehostaa siirtämällä niitetyjä karhoja yhteen. Esikuivaus on tällöin hitaampaa, siksi työvaihe tehdään juuri ennen korjuuta. Karhotus tulee tehdä varovaisesti, jotta heinään ei sekoiteta epäpuhtauksia kuten maata tai lantaa (Peltonen ym. 2003, 2). Karhottimet ovat yleensä hinattavia ja niillä voidaan siirtää 2-3 karhoa yhteen joko keskelle tai sivulle (kuvio 3).

Keskelle siirtävässä karhottimessa osa rehumassasta joutuu yhden karhotinroottorin käsiteltäväksi, sivulle siirtävässä kahden. Karhossa saattaa olla enemmän ”narumaisuutta” sivulle siirtävän karhottimen jäljiltä verrattuna keskelle siirtävään karhottiin. Tämä ilmiö vaikuttaa joissakin tapauksissa rehun korjattavuuteen eri korjuuko-

neilla. Sivulle sekä keskelle rehua siirtävän karhottimen työn jäljen mahdollisia vaikutuksia korjuuseen ei ole otettu erikseen huomioon tässä tutkimuksessa.



KUVIO 3. Sivulle (vas.) sekä keskelle siirtävä karhotin

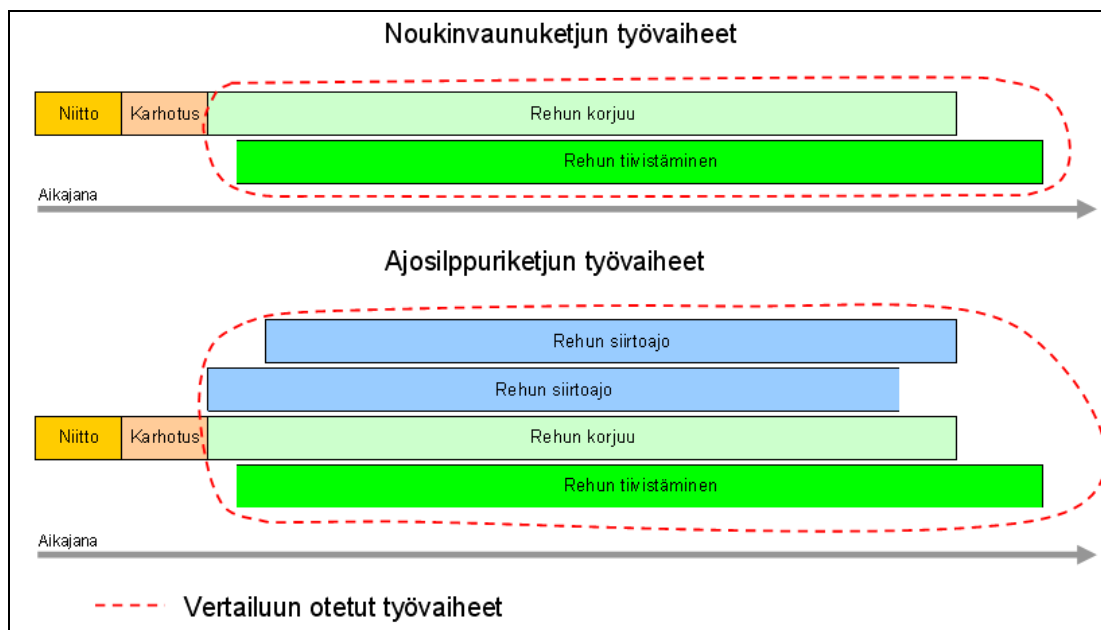
2.2.3 Korjuu

Ajosilppurit ja noukinvaunut ovat suurten alojen korjuukoneita, jotka sopivat myös urakointiin. Korjuukoneet eroavat kuitenkin toisistaan merkittävästi, mikä vaikeuttaa vertailua. Aiempia tutkimusraportteja ja artikkeleita lukiessa huomaa, että koneketjujen koostumus traktoreiden ja työkoneiden suhteen voi olla hyvin erilainen. Yhteistä on kuitenkin suuri korjuuteho sekä rehun ilmatiivis säilöntäainesäilöntä.



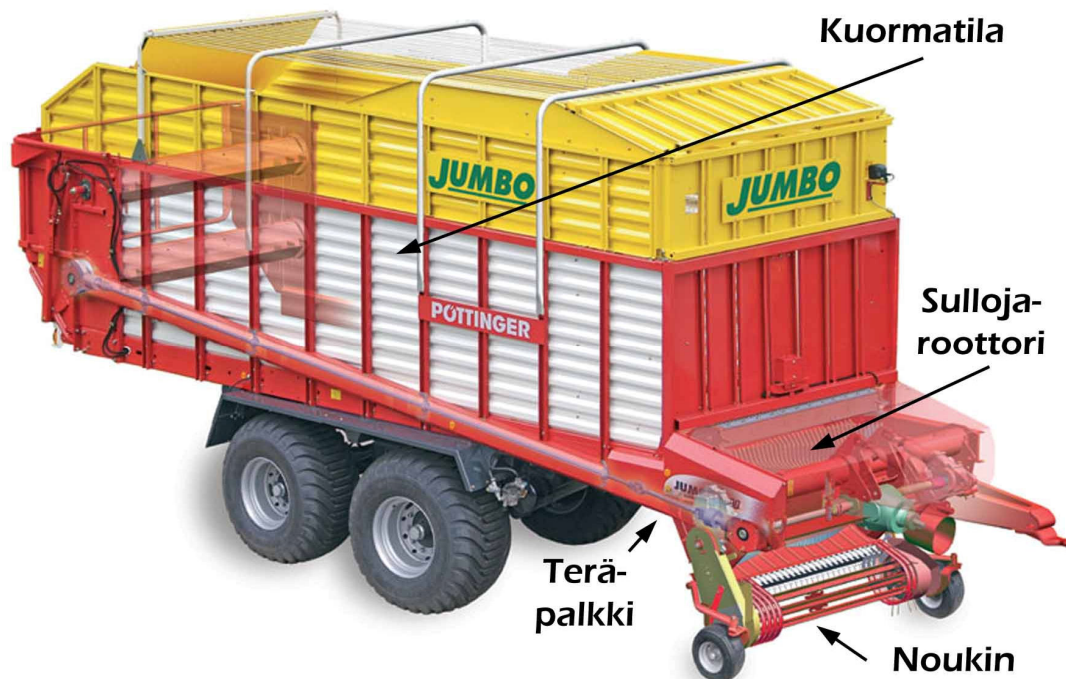
KUVIO 4. Siirtoyhdistelmä (vas.), ajosilppuri ja noukinvaunuyhdistelmä työssään

Korjuuketjujen keskeisimpiin eroihin kuuluvat edellisten lisäksi työvaiheiden limittäinen suorittaminen (kuvio 5). Ajosilppuriketjun korjuutapahtumassa tehdään neljää työvaihetta yhtä aikaa kun noukinvaunuketjussa näitä työvaihteita on kaksi. Työvoiman ja koneiden tarve on siis kaksinkertainen ajosilppuriketjussa noukinvaunuketjuun verrattuna.



KUVIO 5. Korjuuketjujen työvaiheet ja niiden esiintyminen aikajanalla

Noukinvaunu on traktorilla vedettävä korjuukone, jolla hoidetaan myös siirtoajot ja kuorman purku. Noukinvaunu kerää noukkimen avulla rehua karholta vaunuun. Rehu kaadetaan ja karhotetaan riittävän suureksi karhoksi ennen korjuuta. Rehu kulkeutuu noukinnan, sullonta- ja silppuamisvaiheiden jälkeen kuormatilan etuosaan, jossa pohjakuljetin siirtää tavaraa kohti vaunun takaosaa (kuvio 6). (Pöttinger Torro / Jumbo 2005; Peltonen ym. 2003, 3.)

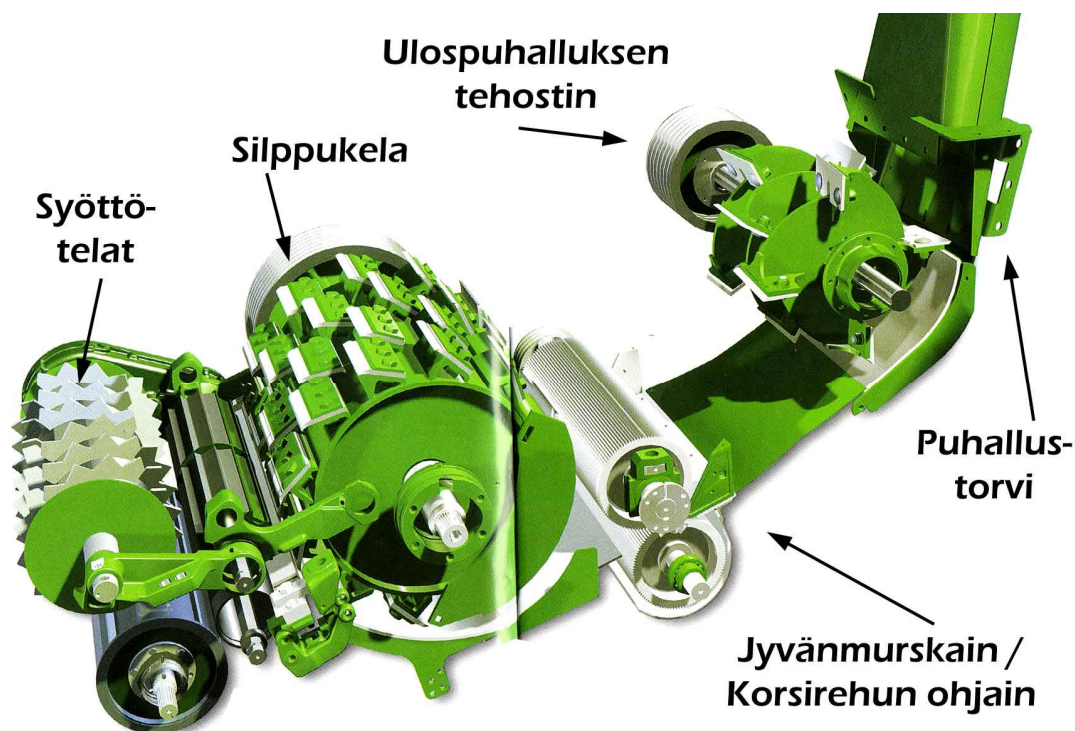


KUVIO 6. Noukinvaunun toimintaperiaate (Pöttinger Torro / Jumbo 2005)

Kuormatilan tilavuus ilmoitetaan kahdella tavalla: Joko lavan mitoista muodostetulla DIN-11741 -tilavuudella (m^3) tai kuormatilaan tiiviiksi puristuneen rehun irtotilavuutena (m^3). Noukinvaunun kuormatilaan tiivistyvän rehun määrään vaikuttaa olennaisesti myös korjuutraktorin teho. (Peltonen, Karttunen & Pentti 2003, 3.)

Ajosilppuri on moottorilla varustettu korjuukone, jossa ei ole minkäänlaista kuormatilaa. Korjattava rehu kerätään noukkimen avulla silppurin koneistoon, jossa se silputaan pieneksi (kuvio 7). Rehu puhalletaan lopuksi torven avulla esim. vierellä kulkevan traktorin perävaunuun. Ajosilppuri tekee ainoastaan korjuutyötä, siirtoajon ja kuormien purkamisen suorittaa esim. traktorin ja perävaunun yhdistelmä.

Ajosilppurilla voidaan varustuksesta riippuen niittää myös pystykasvustoa. Sujuva korjuutyö vaatii ajosilppurin lisäksi vähintään kaksi rehun siirtoajoyksikköä. Ajosilppurissa on perusominaisuuksien lisäksi runsaasti lisäominaisuuksia, joilla saadaan rehusta halutunlaista. Ominaisuuksia ovat esimerkiksi portaaton silpun pituuden säätö, torveen kiinnitettävä kuiva-ainepitoisuuden mittari, rehumäärän mukaan säätävä säilöntäaineen annostin sekä rehumäärä- ja pinta-alamittari. (Peltonen ym. 2003, 3; Forage harvester or self-loading wagon? 11/2003, 54 - 57; John Deere -ajosilppurit 2006.)



KUVIO 7. Ajosilppurin toimintaperiaate (John Deere -ajosilppurit 2006)

2.3 Aiempi tutkimus

Säilörehun korjuun koneistamista on tutkittu jo pitkään. Päämenetelmillä (silppuri, paalain, noukinvaunu) on useamman vuosikymmenen historia takana, joten eri menetelmistä löytyy faktaa sekä puolesta että vastaan, myös meiltä Suomesta, mutta erityisesti ulkomaisista lähteistä.

Laitevalmistajien ja maahantuojien tuottamat myyntimateriaalit ovat helpoiten saatavissa olevia korjuumenetelmiä käsitteleviä julkaisuja. Niiden puolueellinen anti ei kuitenkaan aina anna lukijalle aitoa vertailun mahdollisuutta esim. menetelmien välillä. Poikkeuksen tekevät raportit ja tutkimukset, jotka perustuvat käytännön testitapauxtimiin, missä on huomioitu tapauskohtaisesti myös muiden valmistajien menetelmät.

Puolueettomia julkaisuja ja tutkimustyötä tekevät maatalousalan lehdet sekä Työteho-seura, MTT ja muut vastaavanlaiset organisaatiot. Nurmen viljelyn ja säilörehun korjuun yleisyydestä sekä alan pitkästä historiasta huolimatta kirjallisen, puolueettoman ja tutkivan materiaalin löytäminen on haasteellinen tehtävä.

Työn aiherajaukseen sopivasta materiaalista käyttökelpoisimmat ja laajimmat olivat konevalmistajien ja erilaisten maatalousalan oppilaitosten, tutkimuslaitosten ja järjes-

töjen kanssa yhteistyössä tehdyt testit ja niiden raportit. Näitä on tehty mm. Saksassa (Institut für Agrartechnik Bornim), Ruotsissa (Department of Agricultural Research for Northern Sweden) ja Irlannissa (Agricultural Research institute of Northern Ireland). Näistä tutkimuksista tehtyjen johtopäätösten (Pöttinger Torro / Jumbo 2005) perusteella välittyi seuraavanlaisia suuntaviivoja ja hypoteeseja tämänkin tutkimuksen lopputuloksiksi:

Noukinvaunuketju tuo säästöä työvoima-, polttoaine- ja konekustannuksiin ajosilppuriketjuun verrattuna. Rehun koostumus (silpun pituus) on erilainen, mutta silti optimaalinen ruokinnalliselta kannalta. Kustannukset ovat selvästi pienemmät ajosilppuriin verrattuna vielä 500 hehtaarin viljelyalallakin kuljetusetäisyydestä riippumatta. (emt.)

Ajosilppuriketju on tehokas (tn / h) menetelmä, kun siirtovaunujen määrä on riittävä suhteessa pellon ja tilan etäisyyteen. Ajosilppurilla mahdollistetaan isot vuosittaiset korjuualat. Ajosilppurin suoraniittopään käyttö esim. maissin tai kokoviljasäilörehun korjuussa lisää koneen vuosittaista käyttömäärää huomattavasti. (Forage harvester or self-loading wagon? 2003.)

Irlantilaisen tutkimuslaitoksen (Agricultural Research institute of Northern Ireland) vuonna 2004 tekemässä vertailussa noukinvaunuketjun polttoaineen kulutus oli 48,5 % ajosilppuriketjun kulutusta pienempi. Työtunnin teho (tn / työtunti) oli noukinvaunuketjulla 25 % suurempi kuin ajosilppuriketjulla. (Report for landmec Pöttinger/Traynors self-loading forage wagon research contract 2004, 7 - 8.)

Saksalaisen tutkimuslaitoksen (Institut für Agrartechnik Bornim) vertailusta tehdyn lehtiartikkelin (Forage harvester or self-loading wagon? 2003) mukaan nautaeläimen ruokinnassa ihanteellinen rehun silpun pituus on 20 - 60 mm. Noukinvaunun tuottamasta rehusta 47 % on tuon alueen sisällä. Ajosilppurin rehussa lyhimällä silpun pituuden asetuksella saadaan 30 % edellä mainittuun haarukkaan ja puolella terämäärällä 50 %. Rehun laaduissa ei ollut eroja.

Korjuun kustannukset (€ / ha) ovat ajosilppuriketjulla suuremmat aina 1500 hehtaarin vuotuisen korjuualaan saakka. Tilakeskuksen ja pellon etäisyys vaikuttaa asiaan siten, että etäisyyden kasvaessa erot tasoittuvat ajosilppuriketjun hyväksi. Tässä koko-

luokassa pellon keskimääräisen etäisyyden ylittäessä 5 km, alkaa ajosilppuriketju olla edullisempi vaihtoehto. Alle 500 hehtaarin vuotuinen korjuuala on edullisempi noukinvaunuketjulla kuljetusetäisyydestä riippumatta. (emt.)

2.4 Tutkimusongelmat

Korjuumenetelmien erilaiset kustannuslähtökohdat (koneiden määrä ja hankintahinnat) muodostavat lähtökohdan tälle tutkimukselle. Riittääkö ennakkotietojen mukaan halvemmilla konekustannuksilla ja vähemmällä työvoimalla pyörivän noukinvaunuketjun työn tuottavuus ison karjatilan tarpeisiin? Tämä on pääkysymys, johon haetaan vastausta korjuukokeessa saavutettujen tulosten analysoinnilla.

Ison karjatilan tarpeet tarkoittavat tämän opinnäytetyön kohdalla Heikkilän tilan nykyistä säilörehun korjuuketjua ja sillä saavutettuja korjuutuloksia. Erilaisia säilörehun korjuun tarpeita ja vaatimuksia on varmaan yhtä monia kuin on isoja karjatilojakin, siksi tarkempia rajauksia ja luokitteluja ei ole tehty. Vastauksia pyritään hakemaan usean eri vertailukohdan kautta sillä yhtä absoluuttista vastausta on lähes mahdotonta antaa aiheen laajuudesta johtuen.

Tärkeimmät tutkimustulokset korjuukokeesta ovat työn tuottavuuteen, ajankäyttöön, työvoiman tarpeeseen, konekustannuksiin sekä polttoaineen kulutukseen liittyvät tulokset. Tavoitteena on löytää selkokieliset vastaukset näistä osa-alueista ja muodostaa selkeä vastauskokonaisuus keskeisimpään tutkimusongelmaan eli noukinvaunun työn tuottavuuden riittävyteen ajosilppuriin verrattuna. Tämä ajosilppurin ja noukinvaunun korjuuketjuista tehty vertailu lienee ensimmäinen Suomessa tehty, joten tuloksilla on itsessään jo arvo, koska niitä voidaan pitää suomalaisissa korjuuolosuhteissa saavutettuina.

Korjuukokeen tutkimussuunnitelma listaa tavoitteeksi korjuumenetelmien testauksen suomalaisissa tilaolosuhteissa kokonaiskuvan saavuttamiseksi. Korjuukokeessa oli alun perin tarkoitus myös seurata ja tutkia erilaisia siilon tiivistämisen tapoja, mutta tämä tavoite ei toteutunut. (Pöttinger grassland technology testing 2007, 2.)

3 AINEISTO JA MENETELMÄT

3.1 Testin lähtökohdat

Korjuukoe tehtiin Heikkilän tilalla Nivalassa, Keski-Pohjanmaalla 17.7.2007. Tilalla on 190 lypsävää ja säilörehua korjataan vuosittain n.170 hehtaaria (sis. 2 - 3 niittoa). Rehumassan säilöntää varten on viisi laakasiiloa (600 - 700 m³). Tilalla korjataan myös kokoviljasäilörehua n. 50 hehtaaria vuodessa. Tilan keskimääräinen peltolohkokoko on 7,5 hehtaaria, ja keskimääräinen etäisyys pellon ja tilakeskuksen välillä on 1,5 km. (Pöttinger grassland technology testing 2007, 3.)

Molempien korjuuketjujen työt korjuukokeessa teki tilan neljä omaa työntekijää. Työsuoritusten tallennuksen ja kuormien punnituksen hoiti Afcon Oy viidellä työntekijällä. Osan ajanotosta ja testijärjestelyistä teki Työtehoseuran työntekijä. Kaikkiaan testijärjestelyssä hääräsi tilan väki mukaan lukien kymmenkunta ihmistä apunaan LA-radiopuhelimet, muutama kannettava tietokone sekä videotallennuskalustoa.

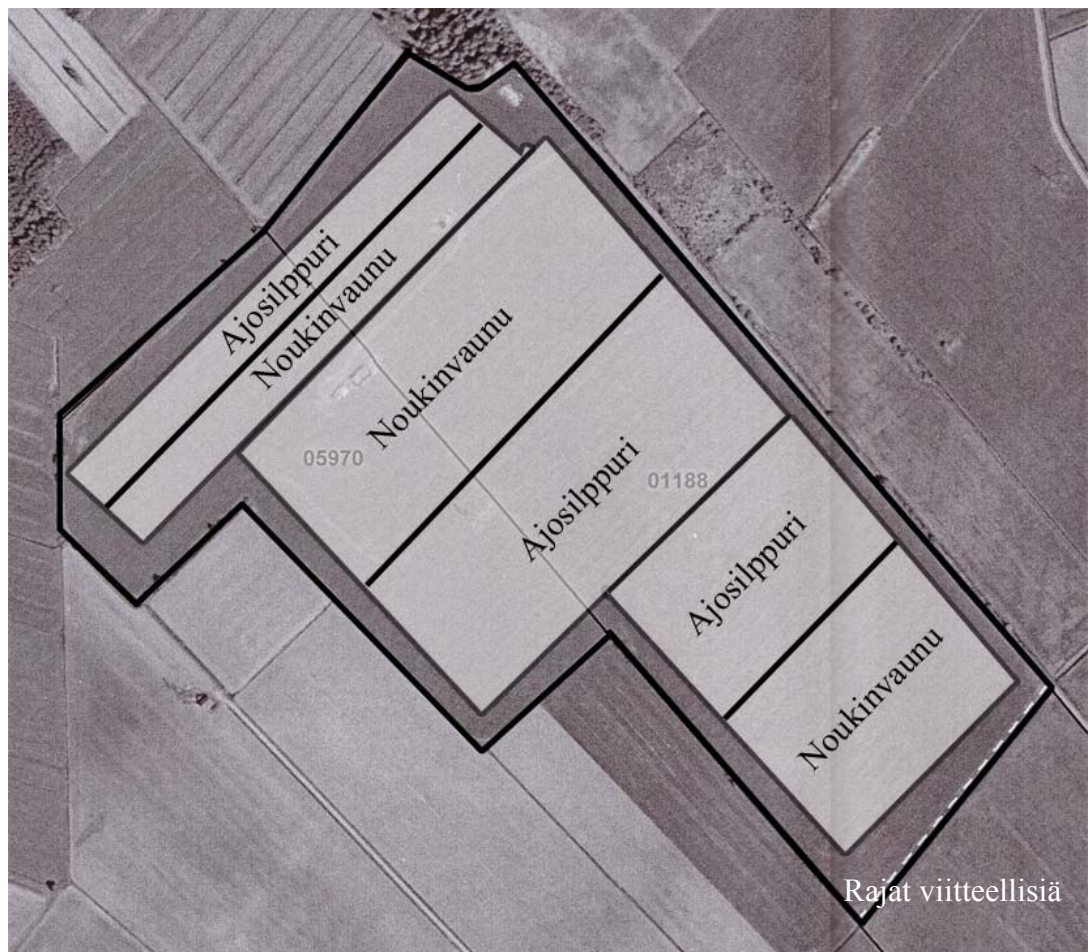
Kallion (2007) mukaan tila on korjannut omat säilörehut ajosilppuriketjulla 2005 kesästä alkaen, joten korjuumenetelmä oli hyvin hallussa korjuukokeen tekoa silmälläpitäen. Säilörehu pyritään korjaamaan yleensä kolme kertaa kesässä. Korjattavan säilörehunurmen kylvössä oli käytetty seosta: 80 % timotei, 20 % nurminata. (Kallio 2007.)

Noukinvaunuketjun korjuun teki poikkeuksellisesti tilan oma väki. Alkuperäinen suunnitelma, jossa työn tilaaja Stephan Ackermann olisi ajanut noukinvaunuyhdistelmää, ei toteutunut. Ennen korjuukokeen aloitusta tilan työntekijä tutustui noukinvaunun ajamiseen ja korjaamiseen harjoittelemalla ajoa yhden kuorman verran. Molempien korjuuketjujen rehut tiivisti sama työntekijä.

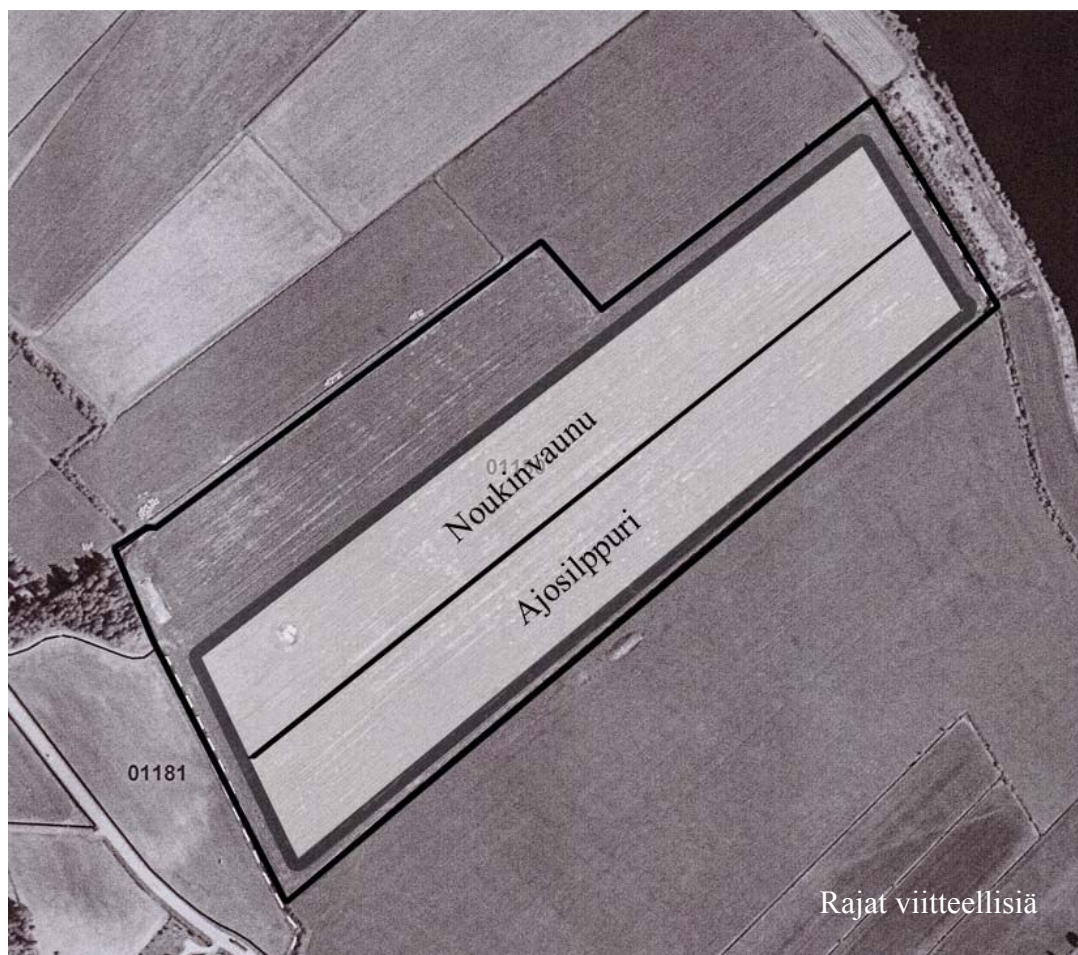
Testissä käytetyt lohkot valittiin tilan säilörehun korjuuseisonki huomioiden. Lohkoiksi valikoitui 21,04 ha:n ala, joka oli reilun puolen kilometrin päässä ja 15,44 ha:n ala, joka sijaitsi noin 3,5 km:n päässä tilakeskuksen siiloilta (kuvio 8). Molemmista lohkoista korjattiin aluksi ympärykset pois, jolloin varsinaiset testialueet oli helppo rajata. Testilohkot jaettiin eri korjuuketjujen kesken mahdollisimman tasapuolisesti (kuvio 9 ja 10).



KUVIO 8. Testilohkojen sijoittuminen kartalla



KUVIO 9. Pelto 1. - 17,52 ha:n korjuuala - 0,5 km tilalta



KUVIO 10. Pelto 2. - 9,8 ha:n korjuuala - 3,5 km tilalta

3.2 Rehuanalyysit

Rehunäytteiden analysoiminen ja silpun pituuden mittaaminen antaa osviittaa rehun ruokinnallisesta sisällöstä sekä kuvastaa lopputuloksen koostumusta. Silpun pituuden tulosten esittäminen tapahtuu taulukossa, jossa näyte jaetaan kuuteen eri osaan silpun pituuden mukaisesti. Osat ovat 0 - 20 mm, 20 - 40 mm, 40 - 60 mm, 60 - 80 mm, 80 - 100 mm ja yli 100 mm. Tulokset ilmoitetaan prosenttiosuuksina koko näytteestä. (Report for landmec Pottinger/Traynors self-loading forage wagon research contract 2004, 2 - 5.)

Korjuukokeen testaussuunnitelmaan ei kuulunut silpun pituuden mittaaminen, joten tältä osin on turvauduttava aiheesta tehtyihin aiempiin tutkimuksiin. Rehunäytteitä korjuukokeessamme kuitenkin otettiin: ennen niittoa, niiton jälkeen, karhotuksen jälkeen sekä korjuun aikana. Jokainen näyte koostui huolellisesti sekoitetuista 5 osanäytteestä, jotka oli otettu eri kohdista karhoa (alta, keskeltä ja päältä) ja korjattavaa alaa.

Analyysien ottamisen tärkein tavoite oli saada tietoa paitsi rehun ruokinnallisesta sisällöstä niin etenkin rehun kuiva-ainepitoisuuksista eri työvaiheiden aikoina. Näiden tietojen avulla korjatut tonnit kerrottiin kuiva-ainepitoisuuksilla, jolloin eri vuorokaudenaikaan korjatut tonnit ovat paremmin vertailukelpoisia pelkkinä kuiva-ainetonneina. Kaikki rehuanalyysit teetettiin Artturi korjuuaikanäytteinä Valion alue-laboratoriossa, Seinäjoella 20.7.2007.

Hellämäki (2008) kertoo, että nurmen korjuuaikanäytteitä otetaan yleensä sopivaa korjuuaikaa tarkennettaessa. Laboratorio määrittää nurminäytteestä kuiva-aineen, raakavalkuaisen, kuidun ja D-arvon. Korjuukokeessamme tärkein rehuanalyysin tulos oli kuiva-ainepitoisuus, jonka määrittäminen tapahtuu laboratoriossa seuraavalla tavalla; Tuore korjuuaikanäyte punnitaan, jonka jälkeen näyte laitetaan 50 °C asteen lämpöön 16 - 20 tunniksi. Käsitelty näyte punnitaan uudelleen ja saatu tulos jaetaan tuoreen näytteen tuloksella. Kun saatu luku kerrotaan sadalla, saadaan tulokseksi kuiva-ainepitoisuus (0 - 100 %).

Molemmilta peltolohkoilta korjattu sato oli yhteensä 270 tonnia. Keskimääräiseksi hehtaarisadoksi muodostui noin 10 tn / ha. Rehun kuiva-ainepitoisuus vaihteli päivän mittaan erittäin paljon johtuen sääoloista; Auringon paistetta ja lämpöä riitti koko päiväksi, jolloin iltapäivän lohkojen kuiva-ainepitoisuus kohosi parhaimmillaan 52,9 % (kuvio 11). Kaadetun kasvuston korjuuaikanäytteet antavat rehun kuiva-ainepitoisuuden keski-arvoksi 37,2 % (taulukko 1).

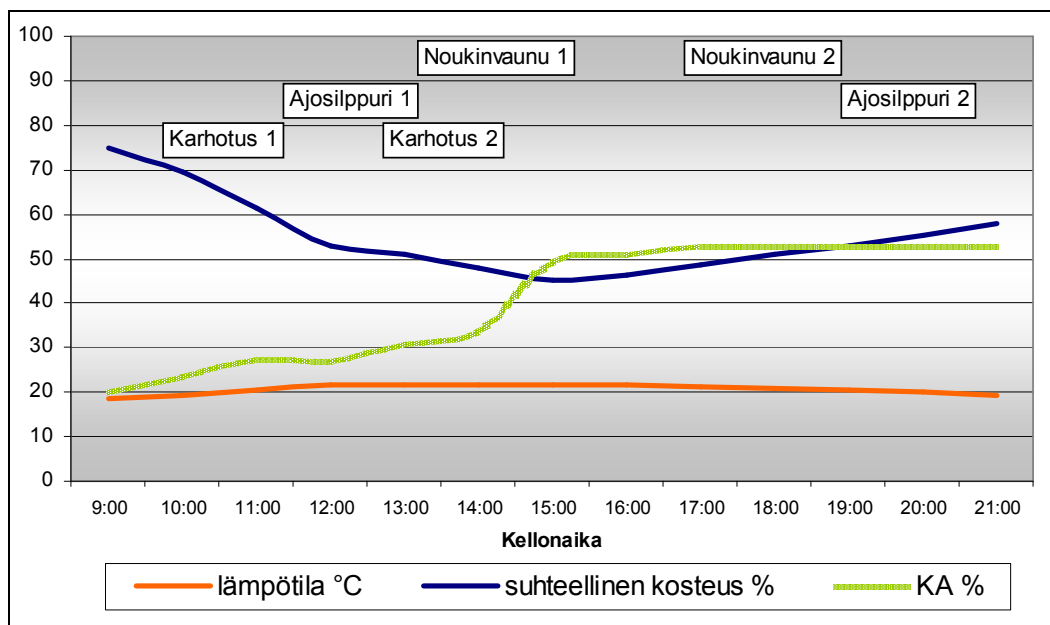
TAULUKKO 1. Rehunäytteiden analysointitulokset (Valio 2007)

Pelto	Klo	Kuvaus näytteen otosta	D (% / ka)	ka %	Valk. (% / ka)	Kuitu (% / ka)
1.	9:00	Pystykasvusto, ennen korjuun alkua	69,0 %	19,8 %	16,0 %	58,5 %
1.	9:00	Pystykasvusto, ennen korjuun alkua	70,0 %	18,6 %	19,2 %	56,8 %
1.	9:00	Pystykasvusto, ennen korjuun alkua	70,0 %	21,3 %	15,6 %	55,4 %
1.	11:00	Ajosilppurilohkon karhotuksen jälkeen	68,0 %	27,9 %	13,7 %	56,8 %
1.	11:00	Noukinvaunulohkon karhotuksen jälkeen	70,0 %	27,0 %	20,1 %	53,1 %
1.	12:00	Ajosilppurikorjuun alku	70,0 %	27,1 %	16,4 %	55,9 %
1.	13:00	Noukinvaunulohkon korjuun alku	66,0 %	30,8 %	14,7 %	60,0 %
2.	14:00	Noukinvaunulohkon karhotuksen jälkeen	70,0 %	31,0 %	22,9 %	52,8 %
2.	14:00	Ajosilppurilohkon karhotuksen jälkeen	70,0 %	35,9 %	23,0 %	53,6 %
1.	15:00	Noukinvaunulohkon korjuun loppu	69,0 %	49,3 %	17,6 %	56,6 %
2.	17:00	Noukinvaunulohkon korjuun alku	69,0 %	52,9 %	21,3 %	52,0 %
2.	19:00	Ajosilppurikorjuun alku	70,0 %	52,8 %	21,7 %	51,3 %
Keskiarvo			69,3 %	37,2 %	18,5 %	55,2 %

Ilmatieteen Laitoksen Ilmastopalvelun lähin säähavaintopiste sijaitsee Ylivieskan lentokentällä, 20,1 km päässä tilalta (Niinimäki 2008). 17.7.2008 klo 09:00 - 21:00 mitattu aineisto puoltaa muistelmaani aurinkoisesta ja poutaisesta korjuupäivästä (taulukko 2).

TAULUKKO 2. Sähävainnot 17.7.2008 klo 09:00 - 21:00 (Niinimäki 2008)

klo	lämpötila °C	suhteellinen kosteus %	tuulen nopeus m/s	tuulen suunta °
9	18,7	75	1	250
12	21,8	53	5	280
15	21,8	45	5	290
18	20,9	51	2	270
21	19,3	58	2	300



KUVIO 11. Korjuupäivän tapahtumat ja arvio ka-% kehitymisestä päivän aikana

3.3 Menetelmät

3.3.1 Korjuuta edeltäneet työvaiheet

Molemmat testilohkot niitettiin Valtra S280 -traktorilla, joka oli varustettu Pöttinger Novacat 8600 ED -niittomurskaimella (kuvio 2). Niittomurskainpaketti koostuu kolmesta niittomurskaimesta, jotka ovat takanostolaitteissa kiinni ja ajo tapahtuu taakseajolaitteen avulla ”peruuttaen.” Työleveys on kolme karhoa eli niitto tapahtuu n. 9 m leveydeltä. Samalla niittomurskaimella kierrettiin myös lohkojen reunat ja ne korjattiin ajosilppuriketjulla pois ennen varsinaisen testin alkua.

Noukinvaunun lohkot karhotettiin John Deere 3350 -traktorilla ja Pöttinger Eurotop 771A -karhottimella (kuvio 3). Karhotin oli keskelle siirtävä malli, jolla siirrettiin kolme karhoa yhteen. Työleveydeksi muodostui n. 9 m. Keskelle siirtävä karhotin on tyypillinen noukinvaunuketjun karhotin.

Ajosilppurin lohkot karhotettiin Fendt 512 -traktorilla ja Pöttinger Eurotop 851A -karhottimella (kuvio 3). Karhotin oli sivulle siirtävä, joten lopullinen ajosilppurin karho muodostui yhdestä edestakaisesta ajosta siirtäen kuusi karhoa yhteen. Ajosilppuri nielee kerta-ajolla siis 18 m leveydeltä niitettyä kasvustoa. Sivulle siirtävä karhotin on tyypillinen ajosilppuriketjussa.

Ajosilppurissa säilöntäaine annosteltiin Junkkari HP-2000 -säilöntäainepumpulla ja neljän 200 l säilöntäaineastian avulla (kuvio 12). Säilöntäainetankkaus tehtiin ennen testin alkua ja ennen jälkimmäisen lohkon korjuuta.

Noukinvaunussa säilöntäaine annosteltiin Fellow™ -säilöntäainesäiliöllä ja ELHO ProFlow 6000 -säilöntäainepumpulla (kuvio 13). Säilöntäainesäiliön tilavuus oli 700 litraa (Paavilainen 2008). Säilöntäainetankkaus tapahtui samaan tyyliin ajosilppurin kanssa eli ennen testin alkua sekä ennen jälkimmäisen lohkon korjuuta.



KUVIO 12. Ajosilppurin säilöntäainesäiliöratkaisu: neljä 200 l tankkia



KUVIO 13. Noukinvaunun säilöntäaineannostelu Fellow™ -säilöntäainesäiliöllä

3.3.2 Kaluston esittely, ajosilppuriketju

Seuraavassa on kuvattuna korjuukokeessa käytetyn ajosilppuriketjun koneet: ajosilppuri, kaksi traktorin ja perävaunun yhdistelmää sekä tiivistustraktori (kuvio 14 - 19).

- **John Deere 7300 / ajosilppuri**
 - Rehun korjuu
 - Vuosimalli: 2005
 - Kunto: Hyvä
 - Käyttö: 47 h / v *
 - Teho: 415 hv, 4,5 m työleveys (rehunkorjuuvarustus)



KUVIO 14. John Deere 7300

- **John Deere 7710 / traktori**

- Rehun siirtoajo
- Vuosimalli: 2002
- Kunto: Hyvä
- Käyttö: 250 h / v *
- Teho: 175 hv



KUVIO 15. John Deere 7710

- **Matti / perävaunu**
 - Rehun siirtoajo
 - Vuosimalli: 2000
 - Kunto: Hyvä
 - Käyttö: 47 h / v *
 - Tilavuus: 48 m³



KUVIO 16. Matti

- **Valtra S280 / traktori**
 - Rehun siirtoajo
 - Vuosimalli: 2006
 - Kunto: Hyvä
 - Käyttö: 600 h / v *
 - Teho: 280 hv



KUVIO 17. Valtra S280

- **Peecon / perävaunu**
 - Rehun siirtoajo
 - Vuosimalli: 2002
 - Kunto: Hyvä
 - Käyttö: 47 h / v *
 - Tilavuus: 52 m³



KUVIO 18. Peecon

- **John Deere 6910 / traktori**
 - Rehun tiivistäminen
 - Vuosimalli: 2000
 - Kunto: Tyydyttävä
 - Käyttö: 579 h / v *
 - Teho: 135 hv



KUVIO 19. John Deere 6910

3.3.3 Kaluston esittely, noukinvaunuketju

Seuraavassa on kuvattuna korjuukokeen noukinvaunuketjun koneet: noukinvaunu, noukinvaunun vetotraktori ja tiivistystraktori (kuvio 20 - 22).

- **Fendt 930 Vario / traktori**
 - Noukinvaunun veto
 - Vuosimalli: 2007
 - Kunto: Hyvä
 - Käyttö: 600 h / v *
 - Teho: 300 hv



KUVIO 20. Fendt 930 Vario

- **Pöttinger Jumbo 8000 L / noukinvaunu**
 - Rehun korjuu
 - Vuosimalli: 2007
 - Kunto: Hyvä
 - Käyttö: 74 h / v *
 - Tilavuus: 46,5 m³, 2,0 m työleveys (1,9 m DIN)



KUVIO 21. Pöttinger Jumbo 8000 L

- **John Deere 6910 / traktori**
 - Rehun tiivistäminen
 - Vuosimalli: 2000
 - Kunto: Tyydyttävä
 - Käyttö: 579 h / v *
 - Teho: 135 hv



KUVIO 22. John Deere 6910

* Arvio säilörehun viljelyyn vuosittain käytetystä ajasta esimerkkitalalla

3.3.4 Lähtökohdat menetelmille

Säilörehun korjuussa on lukuisia tutkittavia, mitattavia ja testattavia asioita, joista on valittava kunkin korjuukokeen tavoitteisiin ja resursseihin sopivimmat. Korjuuketjujen suorituskyvyn mittaaminen vaatii ajan ja etäisyyden mittausta peltotyöskentelyn eri vaiheista, siirtoajoista sekä siilotyöskentelystä. Työvoiman tarve, polttoaineen kulutus ja kuormien massat on myös mitattava. (Report for landmec Pottinger/Traynors self-loading forage wagon research contract 2004, 2 - 5.)

Mahdollisia muita mitattavia ja tilastoitavia asioita ovat mm. korjattavan karhon mitat, rehun irtotilavuusmassa ja kuiva-ainepitoisuus korjuun eri vaiheissa, käytetyt kasvilajikkeet, työkoneiden massat, sääolot, silpun pituus yms. (emt.)

Säilörehun korjuu koostui molemmissa korjuuketjuissa niitosta, karhotuksesta, korjuusta ja tiivistämisestä. Tässä opinnäytetyössä keskitytään kuitenkin vertailemaan vain ketjun kahta viimeistä osa-aluetta eli korjuuta ja tiivistämistä. Korjuukokeen kenttätystä vastannut Tapio Riipinen (2007) oli sitä mieltä, että niitto ja karhotus olivat molemmilla korjuumenetelmillä keskenään niin samankaltaiset, ettei niiden mukaan ottamisella ollut vertailun kannalta oleellista merkitystä.

Tiivistämisen mukaan ottaminen perustuu Kallion (2007) mukaan siihen, että rehun silpun pituus on erilaista noukinvaunun ja ajosilppurin jäljiltä, jolloin tiivistämiseen käytetty aikakin on erilainen. Ajosilppuriketju tuottaa lisäksi noukinvaunuketjua nopeammin kuormia siilolle, jolloin tiivistysaika on tästäkin syystä erilainen.

3.3.5 Tulosten muodostamisen ja esittämisen perusteet

Agricultural research institute of Northern Ireland -tutkimuslaitoksen (2005, 2 - 5) mukaan tulosten muodostamisen periaatteita ovat mm. korjattujen rehukuormien massat (tn / kuorma), testilohkojen satotaso (tn / ha) sekä arvio kuiva-ainepitoisuudesta (g ka / kg). Korjuukokeen sääolot antavat lisäksi kuvaa korjuukokonaisuudesta.

Karhon mittauksessa lopputuloksena on rehun tilavuus (m^3), joka saadaan metrin matkalta mitatusta karhosta, sen leveydestä ja korkeudesta. Näytteen punnituksen tuloksen jakaminen tilavuustiedolla antaa tulokseksi rehun irtotilavuusmassan (kg / m^3). Näytteen kuiva-ainepitoisuustieto kerrottuna irtotilavuusmassalla antaa tulokseksi rehun kuiva-ainesisällön ($kg ka / m^3$). (emt.)

Kuorman punnitus antaa perustiedon korjatun kasvuston sen hetkisestä massasta (tn / kuorma). Rehukuorman massojen ja vaunun tilavuuden (DIN-11741) vertailu antaa tiedon vaunun täyttyvyydestä (tn / m^3) ja sen toteutumisesta. Säilöntäaineen käyttö tilastoidaan käytettyinä litroina ja kohdistetaan korjatun rehun massa (l / tn). Säilönnän onnistuminen mitataan 100 päivän päästä mahdollisuuksien mukaan eri korjuuketjujen siiloista ja niiden eri kohdista: päältä, keskeltä ja pohjalta sekä edestä,

keskeltä ja takaosasta siiloa. Näytteiden tulosten keskiarvosta arvioidaan rehun säilönnällinen laatu. (emt.)

Korjuukoneen saavuttama keskinopeus (km / h) karhon ajossa esitetään kuormakohtaisesti. Polttoaineen kulutus eritellään mahdollisuuksien mukaan korjuuseen, siirtoajoon, kuorman purkuun, siilon täyttöön ja rehun tiivistämiseen. Korjatut rehutonnit kohdistetaan käytettyihin polttoainelitroihiin (tn / l). Työvoimavaatimukset esitetään korjuuketjuittain. Eri työsuoritusten summalla ja korjatun rehun punnitustiedolla muodostetaan työtunnin teho (tn / h). (emt.)

Kuorman peruutukseen ja purkuun käytetty aika mitataan ja esitetään kokonaisaikana kuormakohtaisesti sekä keskiarvona (min / kuorma). Siirtoajot pellolta siilolle ja takaisin esitetään sekä käytettyinä minuutteina (min) että keskinopeutena (km / h). Tulokset taulukoidaan kuormakohtaisesti ja niistä muodostetaan lisäksi keskiarvotiedot. (emt.)

3.3.6 Ajanotto eri työvaiheista

Molemmat työketjut jaettiin useisiin eri työvaiheisiin, jotka kelloitettiin erikseen. Pääkohtia olivat peltotyöskentely, siirtoajot sekä siilotyöskentely. Näistä kolmesta kokonaisuudesta muodostui työketjun työnmenekki. Lähtökohtana ajanotossa oli, että kello kävi koko ajan työn edetessä ja ajanoton ohessa luokiteltiin työsuorituksia eri aihealueisiin. Myös häiriöt ja muut tilapäiset tapahtumat kelloitettiin myös, jotta ne voitiin siivota lopullisista tilastoista pois. Työvaiheet luokiteltiin ja kelloitettiin seuraaviin luokkiin (tummennetut ovat mukana kustannuslaskelmissa):

- **Siirtoajo pellolle**
- **Tehokas korjuu**
- **Päisteajo**
- Häiriöt korjuussa
- Muu odotus
- **Siirtoajo siilolle**
- Kuorman punnitseminen
- **Siiloon peruutus**
- **Kuorman purku**
- **Kuorman tiivistäminen**

Ajanotossa oli mukana useita työntekijöitä ja eri menetelmiäkin muutama: Työteho-seuran menetelmä oli sekuntikello ja taulukko, johon he kirjasivat senttiminuutteina (1/100 min) tapahtumat. Siirtoajoissa ja siilotyöskentelyssä oli käytössä A4-kokoinen paperi, johon oli tehty pelkistetty taulukko. Ajanottaja kirjoitti jokaisen tapahtumanvaihdon ja sen hetkisen kellonajan ylös jolloin taulukosta pystyi jälkikäteen laskemaan eri vaiheisiin kuluneen ajan. Kolmas käytössä ollut tapa oli muuten samanlainen kuin edellä mainittu, mutta työvaiheiden kirjaus tapahtui kannettavalla tietokoneella ja taulukkolaskentaohjelmalla suoraan valmiiseen pohjaan, jolloin myös työvaiheeseen kulunut aikakin oli nopeasti luettavissa.

3.3.7 Rehukuormien punnitus

Rehukuormin punnitus suoritettiin siilojen läheisyydessä testiä varten rakennetulla punnitusasemalla. Käytössämme oli 10 kpl ajoneuvovaakoja sekä runsas määrä erilaisia puu-, betoni- ja rautamateriaaleja mittausaseman rakentamiseen. Mittausaseman runkona toimi Pöttingerin 8-pyöräiselle, 2-akseliselle akselistolle aiemmin rakennettu punnitustalava (kuvio 23). Koska ajosilppuriketjun perävaunut olivat 3-akselisia, jouduimme kasaamaan punnitustalavan jatkoksi betoniritilöistä ja hiekasta ns. jatkorampin, jonka avulla saimme edestä katsottuna ensimmäisen akselin tuottaman massatiedon talteen.

Punnitusaseman kalibrointi tapahtui juuri ennen kunkin kuorman punnitusta. Jokainen ajoneuvovaaka taarasi käynnistyksen yhteydessä itse itsensä päällä olevan kestokuormituksen mukaan. Emme käyttäneet vaakojen enimmäistarkkuuksia vaan otimme tulokset ylös sadan kilon tarkkuudella. Testasin omalla elopainollani (83 kg) mittausaseman tarkkuuden ja saatu tulos (80 kg) ylitti kirkkaasti mittaustarkkuustoiveemme.



KUVIO 23. Punnitusasema ensimmäistä kertaa käytössä

Lopputulos oli, että valtaosa kuormasta välittyi 7 anturille, jotka olivat alkuperäisen punnituslavan alla. Kaksi anturia vastaanotti lisäksi 3-akselisen perävaunun etummaisesta akselin massan ja yksi anturi oli kaikissa tapauksissa perävaunun aisan alla. Kaikki aisamittaukset tehtiin turvallisuussyistä tunkin avulla. Riittäväksi kevennykseksi katsottiin kohta, missä perävaunun vetosilmukka nousi 1 - 2 cm vetokoukun pohjasta (Riipinen 2007). Pelkän rehun massatietojen saamiseksi jokainen vaunu punnittiin kahteen kertaan tyhjänä ja saatu keskiarvo vähennettiin jokaisen vaunun kuormatuloksista.

Kymmenestä ajoneuvovaa'asta 8 luettiin pääsääntöisesti kannettavan tietokoneen ja vaakavalmistajan tarjoaman ohjelmiston avulla. Kaksi vaakaa luettiin manuaalisesti. Tiedot tallennettiin aikatietojen kanssa samaan taulukkolaskentaohjelmaan ja työkirjaan. Vaakavalmistajan tarjoamassa ohjelmistossa olisi ollut resurssit myös kaikkien vaakojen lukemiseen tietokoneen näytöltä, mutta pelkkä lukemistoimenpide kesti useita minutteja eikä korjuukokemme antanut mahdollisuutta sellaisiin odotteluihin.

3.3.8 Polttoaineiden kulutus

Ajosilppuri ja neljä traktoria tankattiin täyteen ennen testin alkua. Uusi tankkauskierros pidettiin aina testilohkon korjaamisen jälkeen niiden työkoneiden osalta jotka olivat olleet työssä. Tämä polttoainemenekki otettiin talteen ja kohdistettiin korjattuun lohkoon. Näin saatiin lohkoittainen polttoaineen kulutus jokaiselle työkoneelle. Työkoneen lohkoittainen polttoaineen kulutus kohdistettiin myöhemmässä vaiheessa korjattuja tonneja kohti kun kaikkien kuormien punnitustiedot olivat valmistuneet. Polttoaineen mahdollisia tilavuuden vaihteluita eri lämpötiloissa ei otettu huomioon sillä korjuukokeen aikana lämpötila pysytteli tasaisesti 19 - 22 asteen tuntumassa (Niinimäki 2008).

Polttoaineiden kulutustieto olisi ollut vaihtoehtoisesti saatavilla traktoreiden ja ajosilppurin oman seurantajärjestelmän kautta (esim. Electorin Engine Management), mutta edellä mainitun kaltainen mittaustarkeus oli korjuukokeen kokonaisuuden kannalta aivan riittävä (Riipinen 2007).

3.3.9 Tietojen tallennus ja jatkotoimenpiteet

Korjuukokeen tietojen tallennus, tulosten analysointi ja jatkojalostus on tehty Excel-
taulukkolaskentaohjelman avulla. Sijoitin kaiken tallennetun materiaalin (ajat, massa-
tiedot ja polttoaineen kulutustiedot) taulukkoon ja jaottelin tulokset kuormakohtaises-
ti. Molempien peltojen tiedot löytyvät erikseen ja jokaisesta tulosryhmästä löytyvät
keskiarvotiedot ja keskiarvon keskihajontatiedot.

Poimin laajasta aineistosta omaan taulukkoon tiedot korjuun työvaiheista, niiden työ-
voiman tarpeesta, käytetystä tehollisesta työajasta, konekustannuksista sekä polttoai-
nekustannuksista. Laskin eri työvaiheiden tehollisesta työajasta ja konekustannuksista
tätä ennen laskelman, jolloin korjuun kustannusten yhteenveto oli mahdollista laskea.

4 TULOKSET

Tulosten esittämisen lähtökohtana on menetelmissä esitettyjen lähtötietojen mukainen erittely. Lähtötiedon korjuukokeessa painotettiin tosin säilörehun säilönnällistä laatua ja koostumusta omaa testiämme enemmän, joten aivan kaikkiin osioihin ei korjuukokeen materiaalista löydy tuloksia. Tuloksista on kuitenkin pyritty hakemaan monenlaisia yhteenvedoja käytännönläheisten ja selkeiden johtopäätösten saavuttamiseksi.

Kuten aiemmin mainitsin, kaikista tuloksista on siivottu mm. korjuussa tapahtuneet häiriöt, testijärjestelyistä aiheutuneet odottelut, kuormien punnitukset ja muut asiaan kuulumattomat aiheet. Näiden asioiden siivoamisella mahdollistetaan menetelmien keskinäinen vertailu. On hyvä muistaa, että normaaliin rehunkorjuutyöhön kuuluu olennaisena osana työolosuhteista ja -menetelmistä riippuen valmistelu-aika, kiinteä apuaika, häiriöaika, elpymisaika (Peltonen ym. 2003, 5).

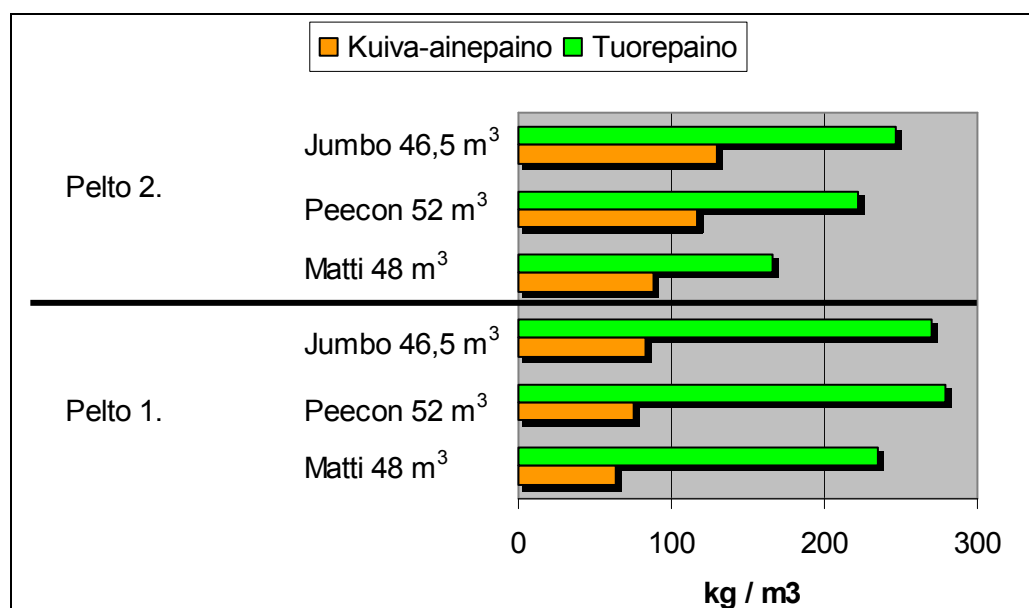
4.1 Kuormien massat

Korjuukokeen aikana korjattiin 24 rehu-kuormaa, joista 20 oli täysiä. Näistä kuormista tehty tilavuusmassan vertailu antaa kuvaa vaunun täyttymisestä ja kyvystä vastaanottaa rehua. Ajosilppuriketjun Peecon kuljetti ensimmäiseltä pellolta keskimäärin $280 \text{ kg} / \text{m}^3$ (DIN) ja Matti $234 \text{ kg} / \text{m}^3$ (DIN). Noukinvaunu asettui tällä pellolla puoleen väliin tuoden $270 \text{ kg} / \text{m}^3$ (DIN).

Noukinvaunu kuljetti kuiva-ainekiloja kuormatilan kokoon nähden eniten. Yksittäisen kuorman suurin kuiva-ainekilosiiirtymä oli toisen pellon loppupuolella, $133 \text{ kg} / \text{m}^3$ (DIN). Tulosten perusteella rehu pakkautuu noukinvaunun kuormatilaan ajosilppuriketjun siirtovaunuja tiiviimmin (taulukko 3 ja kuvio 24).

TAULUKKO 3. Rehukuormien punnitustulokset sekä irtotilavuusmassat

Kuorma	Pelto	Siirtovaunu	Rehu- massa, tuore, tn	ka %	ka tn	Vaunun koko m ³ (DIN)	Irtotila- vuusmas- sa, tn / m ³	ka tn / m ³
1	1	Matti	11,5	27,1	3,1	48	0,239	0,065
2	1	Peecon	15,7	27,1	4,3	52	0,302	0,082
3	1	Matti	12,5	27,1	3,4	48	0,260	0,071
4	1	Peecon	13,9	27,1	3,8	52	0,268	0,073
5	1	Matti	11,0	27,1	3,0	48	0,230	0,062
6	1	Peecon	14,0	27,1	3,8	52	0,269	0,073
7	1	Matti	10,0	27,1	2,7	48	0,209	0,057
8	1	Peecon	13,9	27,1	3,8	52	0,268	0,072
9	1	Noukinvaunu	15,6	30,8	4,8	46,5	0,335	0,103
10	1	Noukinvaunu	13,4	30,8	4,1	46,5	0,288	0,089
11	1	Noukinvaunu	12,3	30,8	3,8	46,5	0,265	0,081
12	1	Noukinvaunu	11,0	30,8	3,4	46,5	0,237	0,073
13	1	Noukinvaunu	11,7	30,8	3,6	46,5	0,252	0,077
14	1	Noukinvaunu	11,4	30,8	3,5	46,5	0,245	0,076
15	1	Noukinvaunu	7,3	30,8	2,2	46,5	0,157	0,048
16	2	Noukinvaunu	11,5	52,9	6,1	46,5	0,247	0,131
17	2	Noukinvaunu	11,2	52,9	5,9	46,5	0,241	0,127
18	2	Noukinvaunu	11,7	52,9	6,2	46,5	0,252	0,133
19	2	Noukinvaunu	4,4	52,9	2,3	46,5	0,095	0,050
20	2	Matti	8,4	52,8	4,4	48	0,175	0,092
21	2	Peecon	11,6	52,8	6,1	52	0,222	0,117
22	2	Matti	7,6	52,8	4,0	48	0,159	0,084
23	2	Peecon	11,6	52,8	6,1	52	0,222	0,117
24	2	Matti	6,4	52,8	3,4	48	0,133	0,070
Yhteensä			269,6		97,8		0,232	0,084
Keskiarvo			11,2	37,8	4,1	48,3	0,23	0,084
Keskiarvon keskihajonta			2,78	11,97	11,97	1,21	2,27	0,055

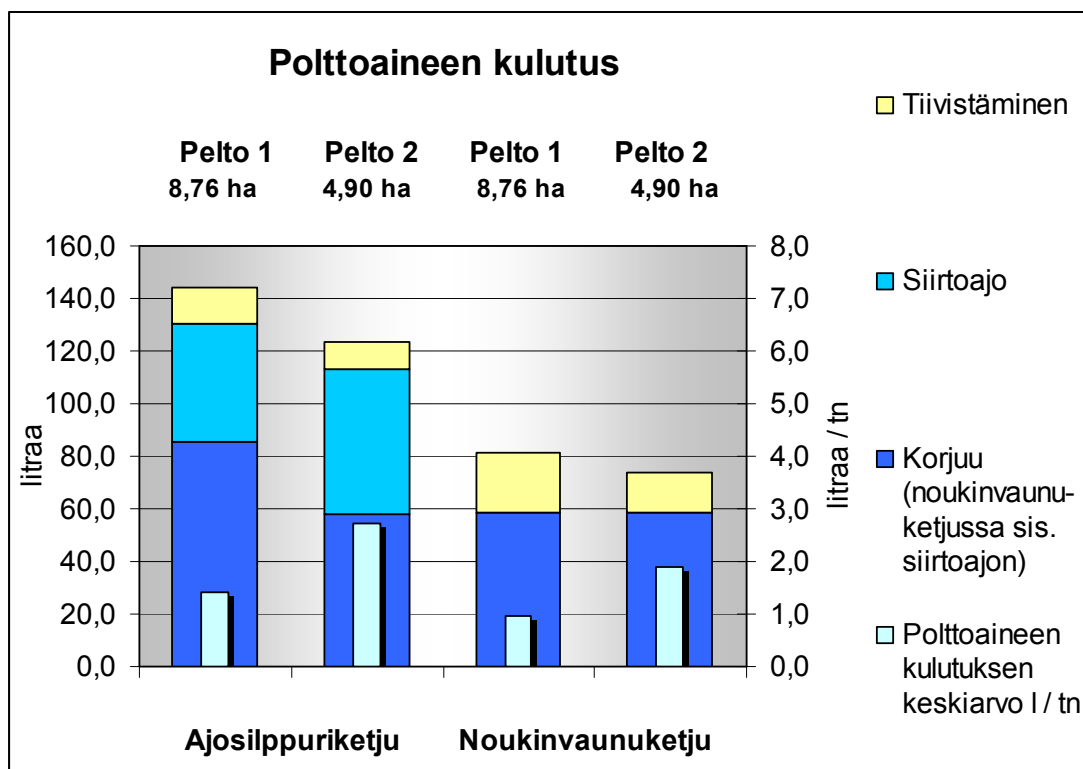
KUVIO 24. Rehun määrä vaunussa, kg / m³ (DIN)

4.2 Polttoaineen kulutus

Polttoaineen kulutusmittaukset suoritettiin jokaisen koneen kohdalla aina testilohkon korjaamisen jälkeen. Mittaustulos suhteutettiin korjattuihin tonneihin (kuvio 25).

Ensimmäisen pellon korjuussa ajosilppuriketjulla paloi korjattua tonnia kohti 1,4 litraa polttoainetta eli yhteensä 144,3 litraa. Noukinvaunuketju kulutti samalla lohkolle korjattua tonnia kohti 1,0 litraa eli yhteensä 81,1 litraa. Ajosilppuriketjun polttoaineenkulutus ensimmäisellä lohkolle oli noin 1,8-kertainen noukinvaunuketjun polttoaineenkulutukseen verrattuna.

Jälkimmäisen pellon korjuussa ajosilppuriketjulla kului polttoainetta 2,7 l / tn eli yhteensä 123,3 litraa. Noukinvaunuketjun vastaava kulutus oli 1,9 l / tn ja 73,5 litraa. Kauempana sijainneen peltolohkon korjaamisessa ajosilppuriketjun polttoaineen kulutus oli noin 1,7-kertainen noukinvaunuketjun polttoaineenkulutukseen verrattuna.



KUVIO 25. Polttoaineen kokonaiskulutus eri korjuuketjuilla peltolohkoittain

4.3 Työvoimavaatimukset

Korjatun testin perusteella ajosilppuriketju vaatii korjuun aikana neljä työntekijää joista yksi ajaa ajosilppuria, yksi tiivistää kuormia siilolla ja loput ajavat siirtomatkoja.

Kahden siirtoyhdistelmän käyttö näillä etäisyyksillä oli aivan riittävä. Kuormia tuli tasaiseen tahtiin siilolle eikä ajosilppuri seissyt turhaan pellolla. Pidemmillä etäisyyksillä voi olla tarpeen käyttää kolmea tai useampaa siirtoyhdistelmää työn jouhevuden vuoksi. Työvoimavaatimukset kasvavat luonnollisesti samaa tahtia.

Noukinvaunuketju vaati korjuukokeen perusteella kaksi työntekijää; toisen noukinvaunua vetävän traktorin hyttiin ja toisen siilotraktoriin rehua tiivistämään. Jos etäisyyttä pelloille olisi enemmän, nousisi kahden tai useamman noukinvaunun yhtäaikainen käyttö mielenkiintoiseksi vaihtoehdoksi nostaa ketjun korjuutehoa. Tällöin työvoiman tarve kasvaisi kuitenkin kahdesta ylöspäin.

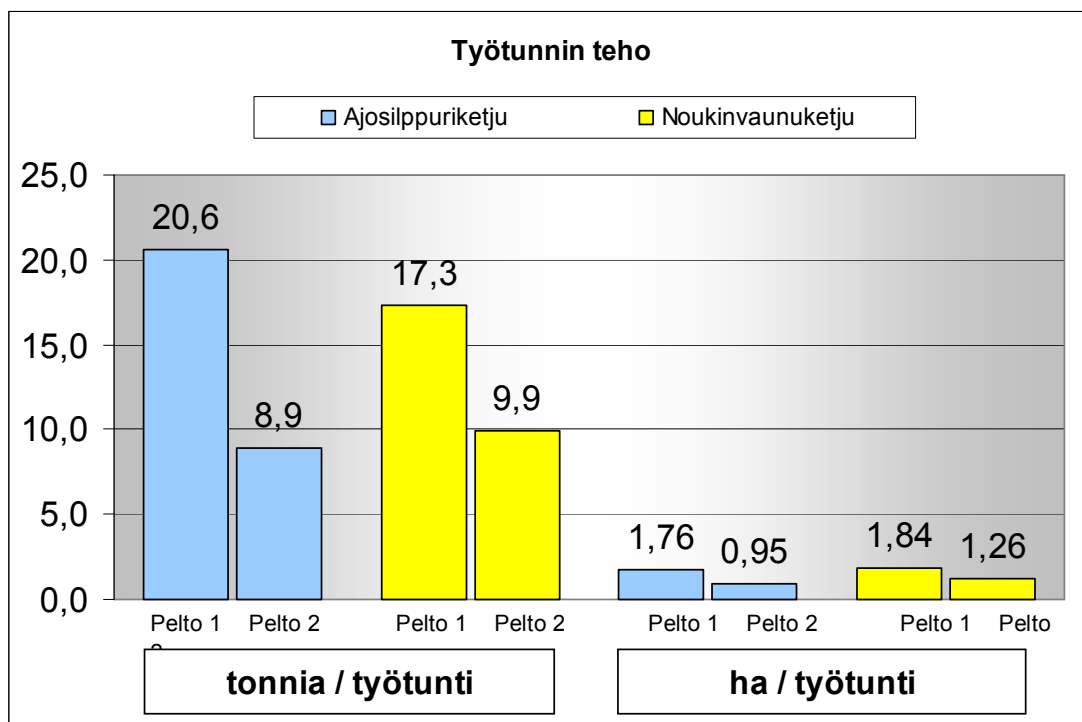
Noukinvaunuketjun työtunti on tehokkaampi korjuussa ja siirtoajossa. Siilotyöskentelyn mukaan ottaminen tasoittaa kuitenkin tilannetta (taulukko 4).

TAULUKKO 4. Käytetyt työtunnit eri työvaiheittain sekä työtunnin teho (tn / h)

	Ajosilppuriketju	Noukinvaunuketju
Korjattu sato, tn	148,1	121,5
Korjattu sato, tn ka	51,8	46,0
Korjuu + siirtoajo		
John Deere 7300 Ajosilppuri	2,42	
John Deere 7710 + Matti	2,30	
Valtra S280 + Peecon	2,20	
Fendt 930 + Pöttinger Jumbo 8000 noukinvaunu		3,77
<i>Työtunnin teho, tn / h (korjuu+siirtoajo)</i>	21,4	32,2
<i>Työtunnin teho, tn ka / h (korjuu+siirtoajo)</i>	7,5	12,2
Siilotyöskentely		
John Deere 6910	3,2	
John Deere 6910		4,9
<i>Työtunnin teho, tn / h</i>	14,6	14,0
<i>Työtunnin teho, tn ka / h</i>	5,1	5,3

Työtunnin teho esitetään peltolohkoittain eriteltyinä kuviossa 26. Mukana on myös hehtaareihin kohdistuvan työtunnin tehon tulokset. Kuvioista näkee, että kauempana oleva lohko pudottaa työtunnin tehoa merkittävästi. Pudotus on ajosilppuriketjulla suurempi kuin noukinvaunuketjulla.

Ajosilppuriketju saavutti matalan kuiva-ainepitoisuuden ja testijärjestyksen vuoksi ensimmäisellä pellolla korkeamman työtuntitehon kuin noukinvaunuketju. Tilanne tasoittui kuitenkin päivän mittaan kuiva-ainepitoisuuden noustessa ja toisen pellon työtuntiteho kääntyiikin hienokseltaan noukinvaunuketjun puolelle. Jälkimmäinen pelto antaa luotettavamman kuvan työtunnin tehosta sillä kuiva-ainepitoisuus oli samaa luokkaa molempien ketjujen korjuun aikana.



KUVIO 26. Työtunnin teho (tn / työtunti sekä ha / työtunti)

4.4 Korjuuteho

4.4.1 Korjuuteho korjattuina rehutonneina

Ajosilppuriketjulla korjatusta ensimmäisestä lohkokosta kertyi rehua 102,6 tonnia. Korjuuseen ja tiivistämiseen kuluneen 1,2 tunnin pohjalta ajosisilppuriketjun työtehoksi muodostui 86 tn / h. Jälkimmäiseltä lohkolta irtosi 45,5 tonnia rehua, joten 0,8 tunnin korjuulla tehoksi muodostui 55 tn / h. Ajosisilppurin saavuttaman tehollisen korjuutehon* vaihteluväli 13 kuorman aikana oli 51 - 109 tn / h.

Noukinvaunuketjulla korjatusta ensimmäisestä lohkokosta kertyi 82,7 tonnia rehua 2,1 tunnissa jolloin korjuutehoksi saatiin 40 tn / h. Jälkimmäiseltä lohkolta saatiin rehua

siiloon 38,8 tonnia 1,7 tunnissa jolloin korjuuteho oli 22,5 tn / h. Pelkän noukinvaunun tehollinen korjuuteho* vaihteli 11 kuorman aikana 68 - 101 tn / h.

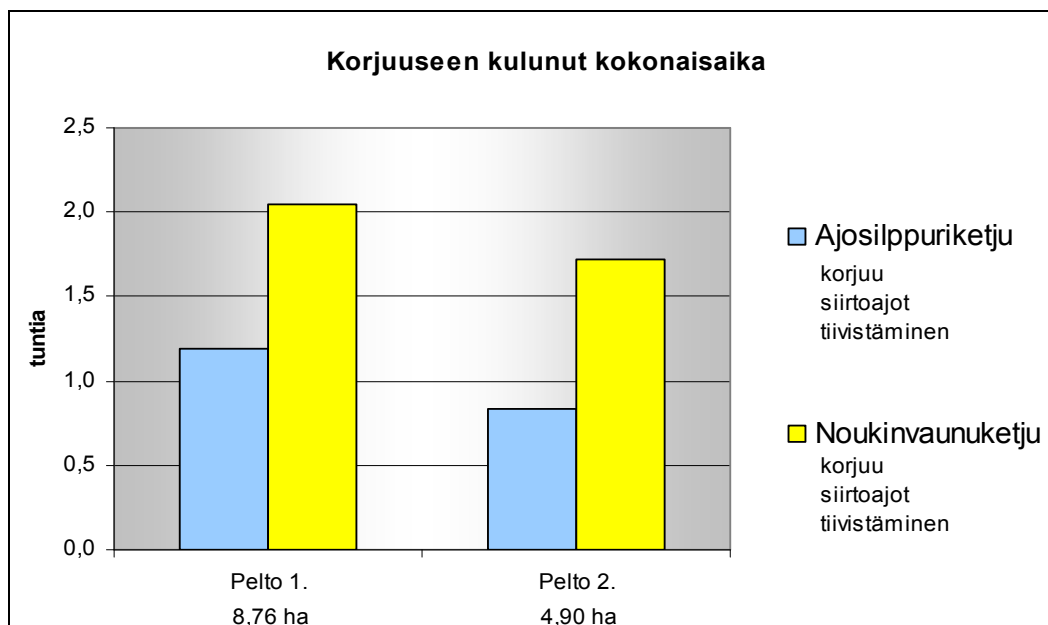
* sisältää ainoastaan karhon ajon, ei päisteajoja, siirtymisiä tai kuorman purkuja.

4.4.2 Korjuuseen kulunut aika

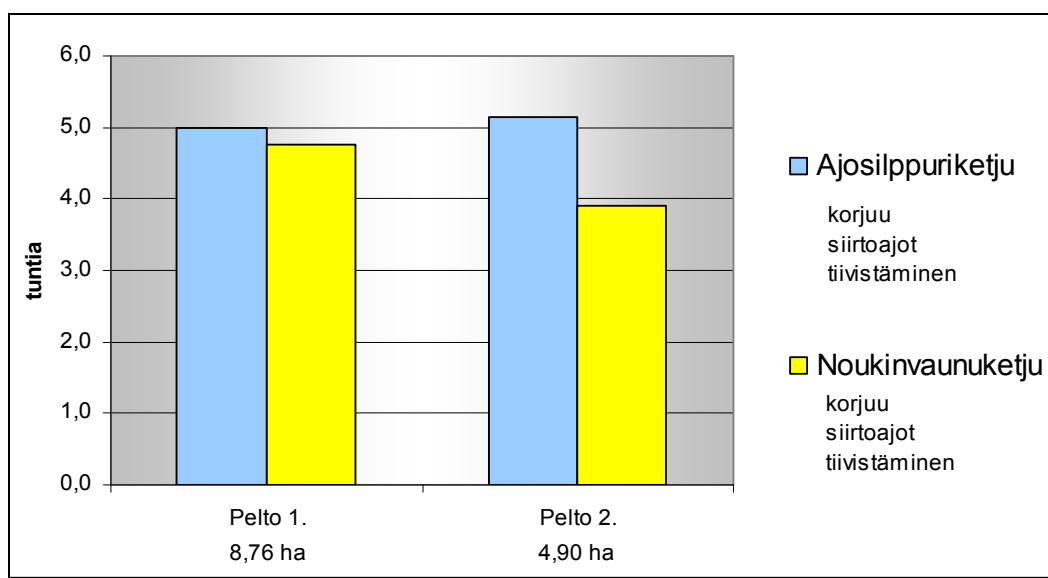
Ajosilppuriketju korjasi ensimmäisen testilohkon 1,2 tunnissa ja toisen 0,8 tunnissa. Noukinvaunuketju korjasi vastaavat lohkot 2,1 tunnissa ja 1,7 tunnissa. Nämä tulokset sisältävät korjuun sekä tiivistämisen. Lukemat ovat reaaliaikaisia kokonaisaikoja, jolloin on huomioitava, että moni työvaihe menee limittäin toisten kanssa, erityisesti ajosilppuriketjun toiminnassa, missä työkoneita on enemmän mukana (kuvio 27).

Kun katsellaan kumulatiivisia aikoja eli laskentatapaa, missä lasketaan jokaisen työkoneen käyttämä aika yhteen, saadaan työhön kuluneeksi ajaksi ajosilppurin kohdalla 5,0 tuntia ja 5,1 tuntia. Noukinvaunuketjun vastaavat lukemat ovat 4,8 tuntia ja 3,9 tuntia. Tällä katsontatavalla tulokset kääntyvät hienokseltaan noukinvaunun hyväksi (kuvio 28).

Ajosilppuriketju korjasi korjuukokeen 13,66 hehtaarina alan 2,0 tunnissa eli 6,74 ha / h. Noukinvaunuketju korjasi saman 13,66 ha alan 3,8 tunnissa eli 3,62 ha / h. Ajosilppuriketju korjaa sadon talteen reaaliajassa ilmoitettuna noin kaksi kertaa noukinvaunuketjua nopeammin. Työntunteja käytetään myös enemmän.



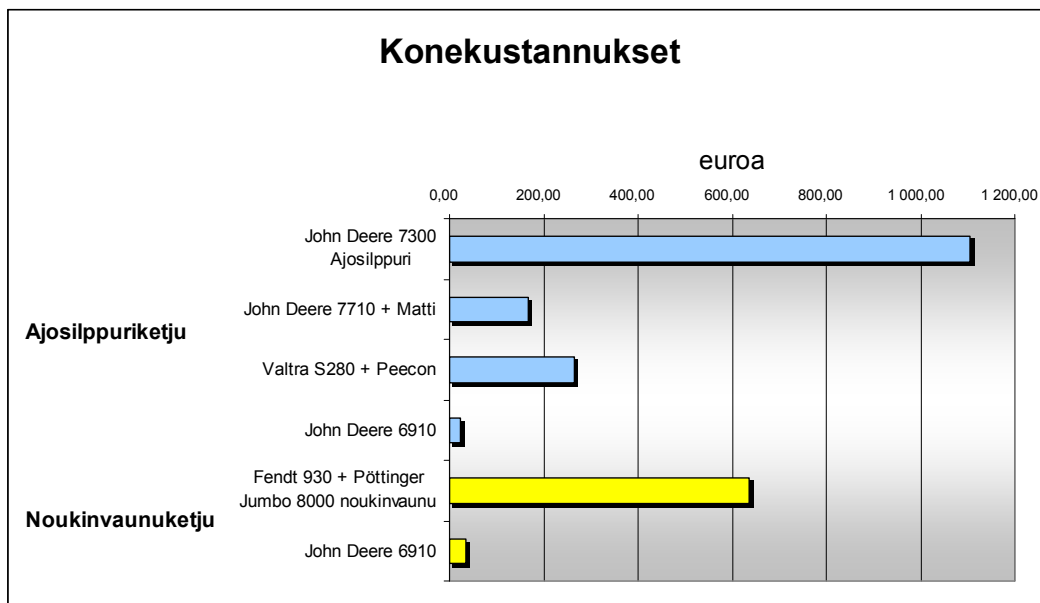
KUVIO 27. Korjuuseen kulunut kokonaisaika



KUVIO 28. Korjuuseen kuluneet työtunnit

4.5 Konekustannukset

Konekustannukset kuvaavat testissä käytettyjen työkonoiden kiinteitä kustannuksia. Jokaisen koneen taustalla vaikuttavat niiden hankinta-arvot, jälleenmyyntiarvot, suunnitellut käyttöajat, vuosittaiset käyttömäärät, poistot, korjauskulut yms. Konekustannukset ovat laskettu tuntikustannusten ja testissä kertyneiden työtuntien perusteella (kuvio 29).



KUVIO 29. Eri korjuuketjujen työkoneiden konekustannukset

Ajosilppuriketjun konekustannukset olivat korjuukokeessa yhteensä 1557,05 euroa eli 113,99 € / ha. Noukinvaunuketjun konekustannukset olivat yhteensä 671,63 euroa. Tämä tekee korjattuja hehtaareita kohti kustannukseksi 49,17 € / ha. Ajosilppuriketjun konekustannukset olivat keskimäärin yli puolet suuremmat kuin noukinvaunuketjun.

4.6 Ajankäyttö pellon ja siilon välillä sekä kuorman purku

Siirtoajoihin pellon ja siilon välillä kului aikaa pellon etäisyydestä ja käytetystä vauhasta riippuen parista minuutista lähes kymmeneen minuuttiin. Keskinopeus vaihteli myös rajusti johtuen liikenteestä, tieolosuhteista, lyhyistä etäisyyksistä ja erilaisista kuormista. Kuorman purku kesti kippaavilla perävaunuilla 1 - 2 min ja pohjakuljettimella varustetulla noukinvaunulla noin 2 - 3 min. Siirtoajojen kestoissa, keskinopeuksissa tai kuorman purkuaajoissa ei ollut suuria eroja korjuuketjujen välillä (taulukko 5).

TAULUKKO 5. Siirtoajojen kestot, keskinopeudet sekä kuorman purkuajat

Kuorma nro	Pelto	Siirtovaunu	Siirtoajo siilolle, min	Keskinopeus, km / h	Siirtoajo pellolle, min	Keskinopeus, km / h	Kuorman purku, min
1	1	Matti	3,4	9	2,7	11	1,9
2	1	Peecon	3,2	9	2,7	11	0,8
3	1	Matti	4,1	9	2,0	20	1,8
4	1	Peecon	3,1	19	1,9	30	1,8
5	1	Matti	3,3	19	3,3	19	1,9
6	1	Peecon	3,0	22	2,4	27	1,7
7	1	Matti	4,7	15	2,8	24	1,4
8	1	Peecon	3,1	22	3,7	19	1,3
9	1	Noukinvaunu	1,1	29	2,4	12	3,0
10	1	Noukinvaunu	2,6	15	1,7	18	3,0
11	1	Noukinvaunu	3,2	21	2,1	18	2,2
12	1	Noukinvaunu	3,4	22	2,4	23	2,7
13	1	Noukinvaunu	2,7	26	2,9	21	2,8
14	1	Noukinvaunu	3,5	24	3,0	22	2,7
15	1	Noukinvaunu	3,6	24	2,4	29	2,2
16	2	Noukinvaunu	8,3	30	6,5	35	2,4
17	2	Noukinvaunu	8,4	29	6,4	36	2,9
18	2	Noukinvaunu	7,1	34	6,2	36	3,0
19	2	Noukinvaunu	7,0	32	6,9	33	2,0
20	2	Matti	8,3	29	7,1	34	1,7
21	2	Peecon	8,2	29	8,3	29	2,2
22	2	Matti	6,5	37	7,2	33	1,3
23	2	Peecon	7,8	31	7,8	31	2,0
24	2	Matti	7,7	31	7,2	33	1,1
Keskiarvo		Matti	5,4	21,3	4,6	24,9	1,6
		Peecon	4,7	22,0	4,5	24,5	1,6
		Noukinvaunu	4,6	26,0	3,9	25,8	2,6

5 TULOSTEN TARKASTELU JA POHDINTA

Pidän tutkimusta ja sen lopputuloksia onnistuneina. Korjuukokeessa tilastoidut arvot, joihin kuuluu eri työsuoritusten kestot, etäisyystiedot, kuorman massat sekä polttoaineen kulutustiedot, ovat luotettavia. Monipuolisen korjuupäivän ansiosta rehun laaja kuiva-ainepitoisuuden vaihteluväli (27 - 53 %) antaa osviittaa korjuuketjujen suoriutumisista erilaisissa olosuhteissa, mikä lisää tulosten yleistettävyyttä. Tuloksissa tosin ilmenee pientä epätarkkuutta johtuen rehuanalyysien vähyydestä. Pidän työtä kokonaisuudessaan kattavana ja saatuja tuloksia luotettavina sekä käyttökelpoisina.

Säilörehun korjuuseen sisältyy aina runsas määrä muuttujia (sääolot, pellot, kasvusto, koneet, työntekijöiden ammattitaito yms.), joilla on vaikutuksia lopputuloksiin ja sitä kautta työn merkittävyyteen ja yleistettävyyteen. Työllä on kuitenkin tietynlainen merkittävyys itsessään, sillä kyseessä saattoi olla ensimmäinen Suomessa tehty noukinvaunu- ja ajosilppuriketjun korjuuvertailu. Työn rajaus (yksi tila, yksi testi) vähentää kuitenkin tulosten yleistettävyyttä.

Saadut tulokset olivat taustateorian ja ennakkotietojen kanssa yhteneväiset, jolloin voidaan sanoa että tämä tutkimus ei tuonut aiempiin tutkimuksiin verrattuna paljoakaan uutta tietoa. Tutkimus vahvisti kuitenkin sen, että noukinvaunuketju toimii ajosilppuriketjuun nähden hyvin myös suomalaisissa olosuhteissa. Aiempien tutkimusten tulokset noukinvaunu- ja ajosilppuriketjujen ominaisuuksista esiintyivät samansuuntaisina myös korjuukokeessamme.

Saaduista tuloksista voidaan sanoa, että rehunkorjuu onnistui ajosilppuriketjun lisäksi myös noukinvaunuketjulla. Aikaa kului hehtaaria kohden vain enemmän. Erot korostuvat, kun tilakeskuksen ja pellon etäisyys kasvaa. Esimerkkitapauksen karjatila vaatisi mahdollisesti kaksi noukinvaunua saadakseen ajosilppuriketjun vauhdilla rehun korjattua. Ajosilppuriketjun tehollinen korjuuteho vaihteli pellon etäisyydestä riippuen 55 - 86 tn / h. Noukinvaunuketjun tehollinen korjuuteho samoissa olosuhteissa vaihteli 22,5 - 40 tn / h.

Noukinvaunuketju erottuikin sitten muilla mittareilla ajosilppuriketjua paremmaksi valinnaksi: Henkilömäärän tarve on pieni: Kaksi työntekijää riittää pitämään korjuuketjun täydessä iskussa. Polttoaineen tarve on lähes puolet pienempi ja konekustan-

nukset ovat yli puolet pienemmät kuin ajosilppuriketjulla. Rehunkorjuun nopeudella on siis hintansa. Korjuukokeessa korjatun säilörehualan perusteella noukinvaunuketjun käyttö rehunkorjuussa tuo kustannussäästöä keskimäärin 70 € / ha.

Aiemmat tutkimukset vahvistavat, että noukinvaunun tuottama rehun silpun pituus on pidempi kuin ajosilppurin. Tämä lisää osaltaan tiivistystyötä siilolla, koska pidemmän silpun tiivistäminen vaatii enemmän tiivistysajoa. Toisaalta, noukinvaunuketjulla kuormia tulee harvemmin, jolloin tiivistystraktorilla on enemmän aikaa tiivistää rehua siiloon. Aiemmat tutkimustulokset tämä mukaan luettuna antavat kuitenkin viitteitä siitä, että noukinvaunurehun tiivistäminen vaatii siilotraktorilta enemmän aikaa ajosilppurin tuottamaan rehuun verrattuna.

Juha Kallio (2008) kertoi testin jälkeen, että noukinvaunurehun tiivistäminen oli hie- man työläämpää kuin ajosilppurirehun tiivistäminen. Noukinvaunurehun säilönnälli- nen laatu oli aavistuksen verran heikompaa kuin ajosilppurirehun. Tähän saattoi vai- kuttaa säilöntäaineen määrä ja sen rehuun sekoittumisen onnistuminen. Noukinvaunu- rehua täytyi sekoittaa apevaunussa ajosilppurirehua pidempään pidemmän silpun joh- dosta. Muuten rehu oli samantasoista ajosilppurirehuun verrattuna, myös ruokinnalli- sesti. (Kallio 2008.)

Yksiselitteistä vastausta työn alussa esitettyihin kysymyksiin on vaikea antaa. Nou- kinvaunu on tehokas, varsinkin kun saavutetut tehot kohdistetaan työvoiman, polttoai- neen ja konekustannusten määrään. Se, että riittääkö teho ison karjatilan tarpeisiin riippuu täysin tilasta ja tilan tarpeista: Jos korjuuketjun valinnassa painotetaan rehun- korjuun oikea-aikaisuutta ja maksimaalista tuntitehoa yli kaiken, on valinta ajosilppu- riketju. Menetelmällä saadaan lyhyessä ajassa valtavia määriä rehua siiloon asti. Jos taas korjuuketjun valinnassa koetaan rehun tuotantokustannus tärkeäksi tai esim. työ- voiman saanti on vaikeaa, on valinta noukinvaunuketju.

Vuosittaisen korjuuuala ja pellon etäisyys ovat menetelmien valinnan tärkeitä taustate- kijöitä. Tämän korjuukokeen tuloksista ei pysty kattavasti määrittämään, että mikä on se etäisyys ja vuosittainen korjuuuala, jossa ajosilppuriketju päihittää yksiselitteisesti noukinvaunuketjun. Muuttujia on liikaa: Molempia ketjuja kun on mahdollista tehos- taa koneita lisäämällä ja kokoluokkaa kasvattamalla. Peltolohkojen koko vaikuttaa, samoin siilotyöskentelyn kapasiteetti, työvoiman saanti, satotasot yms. Aiemmista

tutkimuksista ja tämän korjuukokeen tuloksista voi kuitenkin päätellä, että noukinvaunuketju on varsin kilpailukykyinen esimerkkitalan kokoluokassa peltojen etäisyyksien pysytellessä kohtuullisina.

Mikäli jatkossa tehdään vastaavanlaisia tutkimuksia, olisi rehuanalyysien otantamäärää lisättävä tuntuvasti. Jos korjuupäivänä sää on suotuisa, rehun kuiva-ainepitoisuus muuttuu nopeasti. 12 rehuanalyysiä suhteessa 270 rehun tonniin on aivan liian vähän. Heittoa tulee väkisinkin eikä sitä voi paikata jälkikäteen. Rehunäytteen ottaminen esim. jokaisesta kuormasta antaisi aivan toisenlaisen tulostarkkuuden. Toinen vaihtoehto on ottaa esim. puolen tunnin välein korjattavasta karhosta näyte, jolloin korjatut rehun tonnit voidaan korjuuajankohdan avulla saada oikeisiin mittasuhteisiin. Tieto pelton satotasosta tarkentuisi myös samalla.

Toinen suuri ongelma tätä tutkimusta tehdessä ilmeni lähdekirjallisuuteen tutustuessani: korjuukoneiden ja -ketjujen työtehoja sekä muita suureita tarkastellessani vain harvoin mainitaan mitä ne sisältävät. Säilörehun korjuussa olosuhteilla on suuri vaikutus lopputuloksiin ja olisi hyvin tärkeää pystyä tuloksia lukiessa näkemään tulokseen vaikuttavat taustatekijät. Korjuuketjujen vertailusta puuttuvat standardit tai sitten niitä ei käytetä. Ajosilppurin korjuuteho voi olla kaikkea väliltä 10 - 250 tn / h riippuen siitä, mitä laskennassa on otettu huomioon ja mitkä ovat olleet korjuun olosuhteet sekä käytetty kalusto. Tästä syystä varsinkin konevalmistajien materiaalien antamiin tuloksiin on kiinnitettävä erityistä tarkkaavaisuutta.

Toivon, että aiheesta kiinnostuneet löytävät näistä tuloksista ja tutkimuksen tilastotiedoista ammennettavaa. Haluan kiittää tässä yhteydessä vielä Heikkilän tilan väkeä, kaikkia korjuukokeessa mukana olleita sekä tämän opinnäytetyön kirjoittamisessa auttaneita henkilöitä. Kiitos!

LÄHTEET

- Forage harvester or self-loading wagon? 2003. Neue Landwirtschaft 11 / 2003, 54-57.
- Hellämäki, M. 2008. Laboratoriopäällikkö Valio Oy. Puhelinkeskustelu 15.4.2008.
- John Deere -ajosilppurit. 2006. Valmistajan mainosmateriaali.
- Kallio, J. 2007. Heikkilän tila. Haastattelu 17.7.2007.
- Kallio, J. 2008. Heikkilän tila. Sähköpostiviesti 16.4.2008.
- Karttunen, J., Peltonen M. & Pentti, S. 2004. Säilörehun korjuuketjun suunnittelu -rehuketjun kustannukset ja pullonkaulojen minimointi. Työtehoseuran maataloustiedote (568) 5/2004.
- Maa- ja Metsätalousministeriön tietopalvelukeskus (TIKE). 2007. Käytössä oleva maatalousmaa vuonna 2007. Viitattu 21.4.2008. <http://www.matilda.fi>, tilastot, pelto- kasvitilastot.
- Niinimäki, N. 2008. Ilmatieteen laitos. Ilmastopalvelun materiaali Ylivieskan lentokentältä 17.7.2008. Sähköpostiviesti 16.4.2008.
- Nousiainen, J. 2005. Nurmirehun säilöntämenetelmät. ArtturiPassi 2005 - koulutusmateriaali. Viitattu 16.4.2008. <http://www.mtt.fi/artturi>, Artturi-kirjasto, Artturikoulutus, ArtturiPassi-aineisto (2005).
- Paavilainen, V. 2008. Fellow tanks. Puhelinkeskustelu 4.4.2008.
- Peltonen, M., Karttunen, J. & Pentti, S. 2003. Säilörehunkorjuun työnmenekki – korjuumenetelmät ja toiminnallisuus. Työtehoseuran maataloustiedote (560) 9/2003.
- Pöttinger Torro / Jumbo. 2005. Sullojaroottorilla varustettu silppuava noukinvaunu. Valmistajan mainosmateriaali.
- Report for landmec Pottinger/Traynors self-loading forage wagon research contract. 2005. The Agricultural Research Institute of Northern Ireland.
- Riipinen, T. 2007. Afcon Oy. Haastattelu 17.7.2007.
- Riipinen, T. 2007. Pöttinger grassland technology testing. Powerpoint-diasarja. Viitattu 10.4.2008.
- Turtiainen, M. 2003. Tarkkuussilppurilla vertailun halvinta säilörehua, uusi ajosilppuri kallein. Koneketjun valinta on visainen juttu. Käytännön maamies 8 / 2005, 18 - 20.
- Valio 2007. Rehunäytteiden analysointitulokset. Seinäjoen aluelaboratorio, Artturi-palvelu. Näytteenottopäivä 17.7.2007. Analysointipäivä 20.7.2007.

LIITTEET

Liite 1. Laskenta korjuun kustannuksista - ajosilppuriketju - pelto 1.

Ajosilppuriketju	17.7.2007	Laskenta korjuun kustannuksista			Pelto 1
Pelto 1.	8,76	ha			KA % 27 %
Pellon etäisyys tilakeskuksesta	863	m			
Rehua korjattu	102,6	tn			
Rehua korjattu (vain kuiva-aine)	27,8	tn ka			
Satotaso	11,7	tn / ha			
Satotaso (vain kuiva-aine)	3,2	tn ka / ha			
Työvaiheet ja kuvaus mistä koostuvat	Työvoima	Työaika	Konekustannus	Polttoainekustannus	
John Deere 7300 Ajosilppuri	1 henkilö	82,06 min	625,08 €	85,8 l	
* koneen siirto pellolle		2,69 min			
* tehollinen korjuu		68,62 min			
* päisteajo		7,26 min			
* koneen siirto pellolta		3,49 min			
John Deere 7710 + Matti	1 henkilö	66,68 min	79,99 €	17,3 l	
* siirtoajo pellolle, 4 kertaa		10,86 min			
* tehokas korjuu		29,83 min			
* päisteajo		3,50 min			
* siirtoajo pellolta, 4 kertaa		15,53 min			
* kuorman purku, 4 kertaa		6,96 min			
Valtra S280 + Peecon	1 henkilö	71,14 min	158,04 €	27,2 l	
* siirtoajo pellolle, 4 kertaa		10,68 min			
* tehokas korjuu		38,79 min			
* päisteajo		3,76 min			
* siirtoajo pellolta, 4 kertaa		12,38 min			
* kuorman purku, 4 kertaa		5,53 min			
John Deere 6910	1 henkilö	78,89 min	9,43 €	14,0 l	
* tiivistys, 8 kuormaa		78,89 min			
Yhteensä	4 henkilöä	298,77 min 5,0 h	872,54 €	144,3 l	
Kokonaisaika	71,60 min	1,2 h			
	8,17 min / ha	0,14 h / ha	7,34 ha / h	0,12 ha / min	
	0,70 min / tn	0,01 h / tn	85,9 tn / h	1,4 tn / min	
	2,58 min / tn ka	0,04 h / tn ka	23,3 tn ka / h	0,4 tn ka / min	
Kumulatiivinen kokonaisaika	298,77 min	5,0 h			
	34,11 min / ha	0,57 h / ha	1,76 ha / h	0,03 ha / min	
	2,91 min / tn	0,05 h / tn	20,6 tn / h	0,3 tn / min	
	10,75 min / tn ka	0,18 h / tn ka	5,6 tn ka / h	0,1 tn ka / min	
Työkustannus	74,69 €	8,53 € / ha	0,73 € / tn	2,69 € / tn ka	
Polttoainekustannus	86,598 €	9,89 € / ha	0,84 € / tn	3,12 € / tn ka	
Konekustannus	872,54 €	99,60 € / ha	8,51 € / tn	31,40 € / tn ka	
Kustannukset yhteensä	1033,83 €	118,02 € / ha	10,08 € / tn	37,20 € / tn ka	
Tuntipalkka työkustannuksessa	15,00 € / h				
Polttoaineen litrahinta	0,60 € / l				

Liite 2. Laskenta korjuun kustannuksista - ajosilppuriketju - pelto 2.

Ajosilppuriketju	17.7.2007	Laskenta korjuun kustannuksista			Pelto 2.
Pelto 2.	4,90	ha			KA % 53 %
Pellon etäisyys tilakeskukset	3906	m			
Rehua korjattu	45,5	tn			
Rehua korjattu (vain kuiva-aine)	24,0	tn ka			
Satotaso	9,3	tn / ha			
Satotaso (vain kuiva-aine)	4,9	tn ka / ha			
Työvaiheet ja kuvaus mistä koostuvat	Työvoima	Työaika	Konekustannus	Polttoainekustannus	
John Deere 7300 Ajosilppuri	1	henkilö	62,92 min	479,24 €	58,3 l
* koneen siirto pellolle			7,51 min		
* tehollinen korjuu			45,12 min		
* päisteajo			2,60 min		
* koneen siirto pellolta			7,69 min		
John Deere 7710 + Matti	1	henkilö	71,37 min	85,61 €	35,0 l
* siirtoajo pellolle, 3 kertaa			21,47 min		
* tehokas korjuu			22,38 min		
* päisteajo			1,00 min		
* siirtoajo pellolta, 3 kertaa			22,44 min		
* kuorman purku, 3 kertaa			4,08 min		
Valtra S280 + Peecon	1	henkilö	60,58 min	106,13 €	20,0 l
* siirtoajo pellolle, 2 kertaa			16,08 min		
* tehokas korjuu			22,74 min		
* päisteajo			1,60 min		
* siirtoajo pellolta, 2 kertaa			15,99 min		
* kuorman purku, 2 kertaa			4,17 min		
John Deere 6910	1	henkilö	113,19 min	13,53 €	10,0 l
* tiivistys, 5 kuormaa			113,19 min		
Yhteensä	4	henkilöä	308,06 min 5,1 h	684,52 €	123,3 l
Kokonaisaika	49,93 min		0,8 h		
	10,19 min / ha		0,17 h / ha	5,89 ha / h	0,10 ha / min
	1,10 min / tn		0,02 h / tn	54,7 tn / h	0,9 tn / min
	2,08 min / tn ka		0,03 h / tn ka	28,9 tn ka / h	0,5 tn ka / min
Kumulatiivinen kokonaisaika	308,06 min		5,1 h		
	62,87 min / ha		1,05 h / ha	0,95 ha / h	0,02 ha / min
	6,77 min / tn		0,11 h / tn	8,9 tn / h	0,1 tn / min
	12,82 min / tn ka		0,21 h / tn ka	4,7 tn ka / h	0,1 tn ka / min
Työkustannus	77,01 €		15,72 € / ha	1,69 € / tn	3,20 € / tn ka
Polttoainekustannus	73,962 €		15,09 € / ha	1,62 € / tn	3,08 € / tn ka
Konekustannus	684,52 €		139,70 € / ha	15,04 € / tn	28,48 € / tn ka
Kustannukset yhteensä	835,49 €		170,51 € / ha	18,35 € / tn	34,76 € / tn ka
Tuntipalkka työkustannuksessa	15,00 € / h				
Polttoaineen litrahinta	0,60 € / l				

Liite 3. Laskenta korjuun kustannuksista - ajosilppuriketju - yhteensä

Ajosilppuriketju	17.7.2007	Laskenta korjuun kustannuksista			YHTEENSÄ
Molemmat pellot	13,66 ha				
Pellon etäisyys tilakeskuksesta, keskiarvo	2384 m				
Rehua korjattu	148,1 tn				
Rehua korjattu (vain kuiva-aine)	51,8 tn ka				
Satotaso	10,8 tn / ha				
Satotaso (vain kuiva-aine)	3,8 tn ka / ha				
Työvaiheet ja kuvaus mistä koostuvat	Työvoima	Työaika	Konekustannus	Polttoainekustannus	
John Deere 7300 Ajosilppuri	1 henkilö	144,98 min	1104,32 €	144,11 l	
* koneen siirto pellolle		10,20 min			
* tehollinen korjuu		113,74 min			
* päisteajo		9,86 min			
* koneen siirto pellolta		11,17 min			
John Deere 7710 + Matti	1 henkilö	138,05 min	165,60 €	52,30 l	
* siirtoajo pellolle, 3 kertaa		32,33 min			
* tehokas korjuu		52,21 min			
* päisteajo		4,50 min			
* siirtoajo pellolta, 3 kertaa		37,97 min			
* kuorman purku, 3 kertaa		11,04 min			
Valtra S280 + Peecon	1 henkilö	131,72 min	264,18 €	47,19 l	
* siirtoajo pellolle, 2 kertaa		26,76 min			
* tehokas korjuu		61,53 min			
* päisteajo		5,36 min			
* siirtoajo pellolta, 2 kertaa		28,37 min			
* kuorman purku, 2 kertaa		9,70 min			
John Deere 6910	1 henkilö	192,08 min	22,95 €	24,00 l	
* tiivistys, 5 kuormaa ja lopputiivistys		192,08 min			
Yhteensä	4 henkilöä	606,83 min 10,1 h	1 557,05 €	267,6 l	
Kokonaisaika	121,53 min	2,0 h			
	8,90 min / ha	0,15 h / ha	6,74 ha / h	0,11 ha / min	
	0,82 min / tn	0,01 h / tn	73,1 tn / h	1,2 tn / min	
	2,34 min / tn ka	0,04 h / tn ka	25,6 tn ka / h	0,4 tn ka / min	
Kumulatiivinen kokonaisaika	606,83 min	10,1 h			
	44,42 min / ha	0,74 h / ha	1,35 ha / h	0,02 ha / min	
	4,10 min / tn	0,07 h / tn	14,6 tn / h	0,2 tn / min	
	11,71 min / tn ka	0,20 h / tn ka	5,1 tn ka / h	0,1 tn ka / min	
Työkustannus	151,71 €	11,11 € / ha	1,02 € / tn	2,93 € / tn ka	
Polttoainekustannus	160,56 €	11,75 € / ha	1,08 € / tn	3,10 € / tn ka	
Konekustannus	1557,05 €	113,99 € / ha	10,52 € / tn	30,04 € / tn ka	
Kustannukset yhteensä	1869,32 €	136,85 € / ha	12,62 € / tn	36,07 € / tn ka	
Tuntipalkka työkustannuksessa	15,00 € / h				
Polttoaineen litrahinta	0,60 € / l				

Liite 4. Laskenta korjuun kustannuksista - noukinvaunuketju - pelto 1.

Noukinvaunuketju	17.7.2007	Laskenta korjuun kustannuksista		PELTO 1.	
Pelto 1.	8,76	ha		KA %	31 %
Pellon etäisyys tilakeskuksesta	863	m			
Rehua korjattu	82,7	tn			
Rehua korjattu (vain kuiva-aine)	25,5	tn ka			
Satotaso	9,4	tn / ha			
Satotaso (vain kuiva-aine)	2,9	tn ka / ha			
Työvaiheet ja kuvaus mistä koostuvat	Työvoima	Työaika	Konekustannus	Polttoainekustannus	
Fendt 930 + Pöttinger Jumbo 8000 noukinvaunu	1 henkilö	123,03 min	346,07 €	58,6 l	
* koneen siirto pellolle, 7 kertaa		16,98 min			
* tehollinen korjuu		58,36 min			
* päisteajo		8,95 min			
* koneen siirto pellolta, 7 kertaa		20,12 min			
* peruutus purkupaikalle, 7 kertaa		4,79 min			
* kuorman purku, 7 kertaa		13,83 min			
John Deere 6910	1 henkilö	163,04 min	19,48 €	22,5 l	
* tiivistys, 7 kuormaa		163,04 min			
Yhteensä	2 henkilöä	286,07 min 4,8 h	365,55 €	81,13 l	
Kokonaisaika	123,03 min	2,1 h			
	14,04 min / ha	0,23 h / ha	4,27 ha / h	0,07 ha / min	
	1,49 min / tn	0,02 h / tn	40,3 tn / h	0,7 tn / min	
	4,83 min / tn ka	0,08 h / tn ka	12,4 tn ka / h	0,2 tn ka / min	
Kumulatiivinen kokonaisaika	286,07 min	4,8 h			
	32,66 min / ha	0,54 h / ha	1,84 ha / h	0,03 ha / min	
	3,46 min / tn	0,06 h / tn	17,3 tn / h	0,3 tn / min	
	11,23 min / tn ka	0,19 h / tn ka	5,3 tn ka / h	0,1 tn ka / min	
Työkustannus	71,52 €	8,16 € / ha	0,86 € / tn	2,81 € / tn ka	
Polttoainekustannus	48,678 €	5,56 € / ha	0,59 € / tn	1,91 € / tn ka	
Konekustannus	365,55 €	41,73 € / ha	4,42 € / tn	14,35 € / tn ka	
Kustannukset yhteensä	485,75 €	55,45 € / ha	5,87 € / tn	19,07 € / tn ka	
Tuntipalkka työkustannuksessa	15,00 € / h				
Polttoaineen litrahinta	0,60 € / l				

Liite 5. Laskenta korjuun kustannuksista - noukinvaunuketju - pelto 2.

Noukinvaunuketju	17.7.2007	Laskenta korjuun kustannuksista		PELTO 2.	
Pelto 2.	4,9	ha		KA %	53 %
Pellon etäisyys tilakeskuksesta	3906	m			
Rehua korjattu	38,8	tn			
Rehua korjattu (vain kuiva-aine)	20,5	tn ka			
Satotaso	7,9	tn / ha			
Satotaso (vain kuiva-aine)	4,2	tn ka / ha			
Työvaiheet ja kuvaus mistä koostuvat	Työvoima	Työaika	Konekustannus	Polttoainekustannus	
Fendt 930 + Pöttinger Jumbo 8000 noukinvaunu	1 henkilö	103,25 min	290,43 €	58,5 l	
* koneen siirto pellolle, 4 kertaa		26,04 min			
* tehollinen korjuu		33,63 min			
* päisteajo		2,53 min			
* koneen siirto pellolta, 4 kertaa		30,82 min			
* peruutus purkupaikalle, 4 kertaa		2,85 min			
* kuorman purku, 4 kertaa		7,38 min			
John Deere 6910	1 henkilö	130,98 min	15,65 €	15,0 l	
* tiivistys, 4 kuormaa		130,98 min			
Yhteensä	2 henkilöä	234,23 min 3,9 h	306,08 €	73,50 l	
Kokonaisaika	103,25 min	1,7 h			
	21,07 min / ha	0,35 h / ha	2,85 ha / h	0,05 ha / min	
	2,66 min / tn	0,04 h / tn	22,5 tn / h	0,4 tn / min	
	5,03 min / tn ka	0,08 h / tn ka	11,9 tn ka / h	0,2 tn ka / min	
Kumulatiivinen kokonaisaika	234,23 min	3,9 h			
	47,80 min / ha	0,80 h / ha	1,26 ha / h	0,02 ha / min	
	6,04 min / tn	0,10 h / tn	9,9 tn / h	0,2 tn / min	
	11,41 min / tn ka	0,19 h / tn ka	5,3 tn ka / h	0,1 tn ka / min	
Työkustannus	58,56 €	11,95 € / ha	1,51 € / tn	2,85 € / tn ka	
Polttoainekustannus	44,1 €	9,00 € / ha	1,14 € / tn	2,15 € / tn ka	
Konekustannus	306,08 €	62,47 € / ha	7,89 € / tn	14,91 € / tn ka	
Kustannukset yhteensä	408,74 €	83,42 € / ha	10,53 € / tn	19,91 € / tn ka	
Tuntipalkka työkustannuksessa	15,00 € / h				
Polttoaineen litrahinta	0,60 € / l				

Liite 6. Laskenta korjuun kustannuksista - noukinvaunuketju - yhteensä

Noukinvaunuketju	17.7.2007	Laskenta korjuun kustannuksista			YHTEENSÄ
Molemmat pellot	13,66	ha			
Pellon etäisyys tilakeskuksesta	4769	m			
Rehua korjattu	122	tn			
Rehua korjattu (vain kuiva-aine)	46,0	tn ka			
Satotaso	8,9	tn / ha			
Satotaso (vain kuiva-aine)	3,4	tn ka / ha			
Työvaiheet ja kuvaus mistä koostuvat	Työvoima	Työaika	Konekustannus	Polttoainekustannus	
Fendt 930 + Pöttinger Jumbo 8000 noukinvaunu	1 henkilö	226,28 min	636,50 €	117,13 l	
* koneen siirto pellolle, 11 kertaa		43,02 min			
* tehollinen korjuu		91,99 min			
* päisteajo		11,48 min			
* koneen siirto pellolta, 11 kertaa		50,94 min			
* peruutus purkupaikalle, 11 kertaa		7,64 min			
* kuorman purku, 11 kertaa		21,21 min			
John Deere 6910	1 henkilö	294,02 min	35,14 €	37,50 l	
* tiivistys, 11 kuormaa ja lopputiivistys		294,02 min			
Yhteensä	2 henkilöä	520,30 min 8,7 h	671,63 €	154,63 l	
Kokonaisaika	226,28 min	3,8 h			
	16,57 min / ha	0,28 h / ha	3,62 ha / h	0,06 ha / min	
	1,86 min / tn	0,03 h / tn	32,2 tn / h	0,5 tn / min	
	4,92 min / tn ka	0,08 h / tn ka	12,2 tn ka / h	0,2 tn ka / min	
Kumulatiivinen kokonaisaika	520,30 min	8,7 h			
	38,09 min / ha	0,63 h / ha	1,58 ha / h	0,03 ha / min	
	4,28 min / tn	0,07 h / tn	14,0 tn / h	0,2 tn / min	
	11,31 min / tn ka	0,19 h / tn ka	5,3 tn ka / h	0,1 tn ka / min	
Työkustannus	130,08 €	9,52 € / ha	1,07 € / tn	2,83 € / tn ka	
Polttoainekustannus	92,778 €	6,79 € / ha	0,76 € / tn	2,02 € / tn ka	
Konekustannus	671,63 €	49,17 € / ha	5,53 € / tn	14,60 € / tn ka	
Kustannukset yhteensä	894,49 €	65,48 € / ha	7,36 € / tn	19,45 € / tn ka	
Tuntipalkka työkustannuksessa	15,00 € / h				
Polttoaineen litrahinta	0,60 € / l				