

**VERTAILU SUOMEN MARKKINOILLA OLEVISTA
KUORMAINVAAOISTA**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Metsätalous, Evo

Kevät 2022

Santtu Vuoristo

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Suomen markkinoilla olevien kuormainvaakojen mittatarkkuuksia, ominaisuuksia ja käytettävyyttä. Opinnäytetyön tarkoituksena oli kerätyn aineiston pohjalta luoda erillinen raportti toimeksiantajalle Stora Enso Oyj:lle.

Aihe valikoitui työelämälähtöisesti toimeksiantajan tarpeesta saada kooste kuormainvaakojen nykytilanteesta, koska aiempi samankaltainen saatavilla oleva raportti on vuodelta 2010. Aiempi raportti ei vastaa markkinoilla olevien kuormainvaakojen tilannetta, jonka vuoksi oli aiheellista toteuttaa uusi tilannekatsaus.

Opinnäytetyössä on käsitelty kuormainvaakojen teknisiä ominaisuuksia, kuormainvaakamittauksen käytäntöjä sekä lakeja ja asetuksia koskien kuormainvaakamittausta. Tietoperustassa on kuvailtu kuormainvaa'an mittatarkkuuden seuranta ja kalibrointi sekä viritys ja mittatarkkuuteen vaikuttavia tekijöitä. Opinnäytetyössä on käsitelty selvityksen pohjalta saadut tiedot kuormainvaakavalmistajakohtaisesti.

Opinnäytetyön tulosten pohjalta kuormainvaakojen väliset eroavaisuudet ovat pieniä, kuitenkin mittaustekniikka ja kuormainvaakojen soveltuvuus työkoneisiin nousivat merkittävimiksi eroiksi. Tässä työssä käsitellyistä kuormainvaoista yksi soveltuu puutavara-autojen ja kolme kuormatraktoreiden käyttöön, kun muut kuormainvaoista on käytettävissä molemmissa. Toiminnallisen osuuden tuloksena merkittäviä eroavaisuuksia ei havaittu kuormainvaakojen ominaisuuksissa, kuten punnitustarkkuudessa tai punnitusalueessa.

Author Santtu Vuoristo

Year 2022

Subject Comparison of Loader Scales on the Finnish Market

Supervisor Elise Stenroos

ABSTRACT

The aim of this thesis was to investigate the measurement accuracy, characteristics, and usability of loader scales in the Finnish market. The purpose of the thesis was to report research results to the client, Stora Enso Oyj.

The topic was selected from the client's need for a summary of the current situation of loader scales. A similar report from 2010 is currently the only one available. That report does not reflect the current situation of loader scales on the market, which is why a new review on the subject was needed.

The thesis deals with the technical characteristics of loader scales, measurement practices and the laws and regulations concerning the loader scale measurement. The theory data describes the monitoring and calibration of the loader scale as well as the tuning and factors affecting the dimensional accuracy. The information obtained based on the study is processed in the thesis for each loader scale manufacturer.

Based on the findings of the thesis, the differences between loader scales are small. Measurement technology and the suitability of loader scales for work machines became the most significant differences. One of the loader scales is used in timber trucks and three of the loader scales are suitable for forwarders, while the rest of the loader scales are suitable for both. As a result of the functional contribution, no significant differences were observed in the characteristics of the loader scales, such as weighing accuracy or weighing range.

Keywords Loader scale, measurement accuracy, loader scale measurement

Pages 28 pages and appendices 12 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Tietoperusta	2
2.1	Puutavaran mittausta koskeva laki	2
2.2	Kuormainvaaka	3
2.3	Kuormainvaakamittaus	3
2.4	Kuormainvaakamittauksen vaiheet	5
2.5	Kuormainvaa’an mittauksen tarkkuuden seuranta ja kalibrointi	6
2.6	Kuormainvaa’an viritys.....	8
2.7	Mittatarkkuuteen vaikuttavia tekijöitä	9
3	Kehittämistyön tarkoitus, tavoite ja menetelmät	10
4	Projektin suunnittelu ja toteutus	11
5	Kehittämistyön tulokset	12
5.1	Tamtron.....	12
5.2	Intermercato	14
5.3	Ponsse	16
5.4	Komatsu	17
5.5	John Deere	18
5.6	ScaleLog.....	19
5.7	Steelyard Peson.....	20
6	Johtopäätökset ja pohdinta.....	21
	Lähteet.....	25

Kuvat, taulukot ja kaavat

Kuva 1	Nippukaavio	5
Kuva 2	Suurimmat sallitut poikkeamat painon mittauksessa kuormainvaa’alla.	6
Kuva 3	Painon mittaeron laskukaava.	7

Liitteet

Liite 1 Kyselylomake

Liite 2 Kooste Suomen markkinoilla olevista kuormainvaoista

1 Johdanto

Kuormainvaakaa käytetään puutavaran kiintotilavuuden mittaamiseen.

Kuormainvaakamittauksen perusteella tehdään muun muassa varastokirjanpitoa ja sitä käytetään maksuperusteena puunkorjuussa ja -kuljetuksessa sekä työ- ja urakointimaksuissa. (Niinistö, 2020, s. 1) Lisäksi käteis- ja hankintakaupoissa kasvavissa määrin kuormainvaakamittausta on käytetty maksuperusteena (Melkas, 2020). Näiden perusteella voidaan ajatella, että mittalaitteen luotettavuudella on suuri merkitys puukaupan eri osapuolille.

Opinnäytetyö toteutettiin työelämässä todetusta tarpeesta selvittää tämän hetken markkinatilanne puutavara-autoissa ja metsätraktoreissa käytettävistä kuormainvaaoista Suomessa. Opinnäytetyö toteutettiin toiminnallista menetelmää käyttäen, mikä perustui työelämälähtöiseen kehitystarpeeseen. Opinnäytetyön tilaajana toimi Stora Enso Oyj. Metsäteho Oy on toteuttanut vastaavanlaisen selvityksen vuonna 2010. Opinnäytetyön tilaajalla nousi tarve saada päivitetystä tietoa kuormainvaakojen tilanteesta Suomessa. Metsätehon selvityksen pohjalta ja yhteistyössä Stora Enson yhteyshenkilöiden kanssa valittiin vertailuun päätyneet kuormainvaat.

Tutkimusongelmaksi opinnäytetyössä nousi se, että tällä hetkellä ei ole saatavilla viimeisintä koottua tietoa Suomen markkinoilla olevista kuormainvaaoista. Tutkimusongelman pohjalta opinnäytetyön tavoitteeksi asetettiin selvittää valikoitujen kuormainvaakojen mittatarkkuuksia, ominaisuuksia ja käytettävyyttä. Tarkoituksena opinnäytetyöllä oli toteuttaa kerätyn aineiston pohjalta eri valmistajien kuormainvaaoista vertailu, joka on hyödynnettävissä työelämässä.

Opinnäytetyö koostuu tietoperustassa käsiteltävästä kuormainvaakamittauksen historiasta, kuormainvaakojen ominaisuuksista sekä käytöstä. Kuormainvaakamittausta ohjaavat erilaiset säännökset, lait ja suositukset, jotka ovat esitelty myös osana tietoperustaa. Lisäksi opinnäytetyössä käsitellään kuormainvaakakohtaisesti kerättyjä tuloksia.

2 Tietoperusta

Tietoperustan alaluvuissa on perehdytty kuormainvaakojen ja kuormainvaakamittauksen historiaan sekä yleiseen tekniikkaan. Tietoperustassa on käsitelty kuormainvaakamittausta koskevaa lainsäädäntöä, asetuksia ja käytäntöjä sekä käyttötarkoituksia Suomessa. Lisäksi alaluvuissa on käyty läpi kuormainvaakamittauksen vaiheet, kalibrointi ja viritys sekä mittatarkkuuteen vaikuttavia tekijöitä.

2.1 Puutavaran mittausta koskeva laki

Puutavaran mittausta ohjaa Suomessa mittaukselle määritetty laki puutavaran mittauksesta (414/2013), joka astui voimaan 1.7.2013. Ensimmäinen puutavaran mittauslaki astui Suomessa voimaan vuonna 1939. Tämän jälkeen lakia on uudistettu vuonna 1991, minkä jälkeen astui voimaan nykyinen laki vuonna 2013. Lakia alettiin soveltaa vuoden 2014 alusta energiapuun mittaamiseen, mikä oli merkittävä uudistus, koska aiemmin laki ei koskenut energiapuun mittausta. Tämän myötä energiapuun mittaussopimus ja energiapuun mittaustoimikunnan toiminta päättyivät. (Korri, 2014, s. 1)

Laki puutavaran mittauksesta (414/2013) määrittelee puutavaran mittauksessa käytettävien laitteiden ja menetelmien toimintaa sekä mittaustulosten luotettavuutta. Nykyisessä puutavaranmittaus laissa sisältö ja käsitteet on päivitetty yhteensopiviksi yleisen mittauslaitelain (707/2011) kanssa. Lakia valvoo maa- ja metsätalousministeriö ja sen tutkimus- ja kehittämistehtävistä vastaa Luonnonvarakeskus. Laki määrittelee puutavaramittauksen neuvottelukunnasta, virallisista mittaajista ja mittauslautakunnasta sekä niiden tehtävistä. (Koistinen, 2016, s. 11)

Puutavaran mittauslaki määrittelee mittauslaitteen ominaisuuksia. Lain mukaan mittauslaitteen markkinoille tuojan vastuulla on, että uusi mittauslaite täyttää mittauslain vaatimukset. Mittauslaitteen suunnittelija ja valmistaja vastaa mittauksen tarkkuusvaatimusten täyttymisestä, olosuhteiden mukaisesta käyttötarkkuudesta ja vaatimusten mukaisesta toteutuksesta. (Korri, 2014, s. 4)

2.2 Kuormainvaaka

Kuormainvaa'at otettiin käyttöön jo 1990-luvun alkupuolella puutavara-autoissa ja osin kuormatraktoreissa. Vuonna 1999 maa- ja metsätalousministeriö hyväksyi kuormainvaakamittausmenetelmän työ- ja luovutusmittaukseksi. Vaa'oilla on pyritty määrittämään kuormien massat, jotta ylikuormaamiselta on vältytty. Kuormainvaa'at mahdollistavat myös suurempien kuormien kuljettamisen ajoneuvon ja teiden painorajoitusten puitteissa. (Heikkilä ym., 2004, s. 528)

Melkkaan (2018) mukaan kuormainvaa'at toimivat pääsääntöisesti kahdella erilaisella toimintaperiaatteella. Tällä hetkellä valtaosa, noin 80 % käytössä olevien kuormainvaakojen toimintaperiaate perustuu hydrauliseen paineanturiin. Kyseisessä vaa'assa vaakariipuke sisältää hydraulisynterin, joka reagoi painemuutoksella kuormitukseen, muutoksesta syntyvä painearvo määrittää taakan massan. Niinistön (2020, s. 51) mukaan hydraulisella paineanturilla varustetun kuormainvaa'an mittatarkkuus ja toimintavarmuus eivät ole riittävän luotettavalla tasolla.

Toinen käytössä oleva mittausmenetelmä perustuu venymäliuskaan. Kyseiseen tekniikkaan perustuva vaakariipuke sisältää venymäliuskan, jonka sähkönjohtavuus eli resistanssi muuttuu mittauksen aiheuttamasta venytyksestä. Resistanssi muutos ilmoittaa mitattavan taakan massan eli anturiin kohdistuvan voiman. (Melkas, 2018) Venymäliuska-anturitekniikkaan perustuvilla kuormainvaaoilla on päästy erittäin tarkkoihin punnitustuloksiin (Grönlund & Iwarsson Wide, 2014, s. 3).

2.3 Kuormainvaakamittaus

Puutavaranmittaus on käsite, jolla tarkoitetaan jalostamattoman puutavaran määrän ja laadun määrittämistä. Sen avulla määritellään esimerkiksi puukaupalle kauppahinta tai puutavaran kuljetuksesta ja korjuusta muodostuvia urakointi- ja palkkamaksuja. Jalostamaton puutavara koostuu kaikista puusta saatavista osista, joilla on jokin käyttötarkoitus. Tällaisia ovat esimerkiksi paperin ja sellun raaka-aineena käytetty kuitupuu, tukkipuu sahateollisuuden tarpeisiin ja energiapuu energian tuotantoon. Myös

sahateollisuuden sivutuotteena syntyvä puru ja hake katsotaan puutavaraksi. (Niinistö 2020, s. 1; Luke, n.d.)

Kuormainvaakamittaus on yksi puutavaran mittausmenetelmistä. Kyseisessä menetelmässä puutavara-auton tai kuormatraktorin kuormaimen yhteyteen on asennettu kuormainvaaka, joka punnitsee kuormatun puutavaran (Stora Enso, n.d., s. 15). Kuormainvaakamittausta käytetään puutavaran mittauksessa, jossa punnitaan puutavaran massa kuormatraktorin tai puutavara-auton kuormainvaakaalla puutavaraerän kuormauksen tai purkamisen yhteydessä. Kuormainvaakamittaus soveltuu hyvin esimerkiksi pienten puutavaralajierien, kuten tienvarressa mitattavien hankinta- ja käteiskauppojen punnitsemiseen. (Melkas 2018; Niinistö, 2020, ss. 2, 7). Joillakin puutavaralajeilla kuten energiapuulla kuormainvaakaalla toteutettava mittaus voi olla ainoa mahdollinen mittausmenetelmä (Lindblad & Repola, 2019, s. 3).

Kuormainvaakamittaukset ovat lisääntyneet merkittävästi kuitupuun mittauksessa. Kyseisellä mittaustavalla on voitu korvata työläämpää ja kalliimpaa pinomittausta. Kuormainvaakamittausta on voitu lisätä myös yleistyneessä samanaikaisessa aines- ja energiapuun korjuussa. (Melkas, 2018)

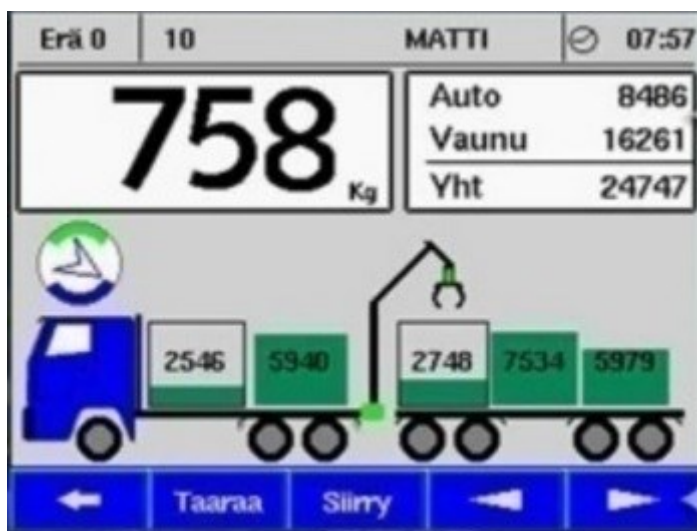
Metsäteho toteutti vuonna 2019 osakasyrityksilleen kyselyn kotimaisen puun mittausmääristä ja mittausmenetelmistä. Tulokset kattavat 82 % markkinahakkuista Suomessa. Kuormainvaakamittauksien osuus on lisääntynyt merkittävästi menetelmän käyttöönoton myötä. Hankintakaupoissa luovutusmittauksena kuormainvaakamittaukset ovat lisääntyneet tienvarsi- ja tehdasmittausten vähentyessä. Kyseisen kyselyn tilasto perustuu yhteensä 51,2 miljoonaan kuutiioon raakapuuta, josta pystykaupan osuus oli 44,9 miljoonaa ja hankintakaupan 6,3 miljoonaa kuutiota. Hankintakauppojen luovutusmittausmenetelmänä kuormainvaakamittauksen osuus oli lähes puolet (45,1 %) käytetyistä mittausmenetelmistä. Hakkuukonemittauksen osuus kyselyn hankintakaupoissa oli 31,4 %, tehdasmittauksia käytettiin 18 % mittauksia ja tienvarsimittauksia tehtiin vain 5,5 %. (Melkas, 2020)

2.4 Kuormainvaakamittauksen vaiheet

Kuormainvaakamittauksen vaiheet koostuvat leimikon hakkaamisen jälkeen mittauserän punnitsemisesta, nippukaavion muodostamisesta, tuoretiheysluvun määrittämisestä ja viimeisenä vaiheena on mittauserän tilavuuden laskenta. Kuormainvaakamittauksessa punnitus toteutetaan puutavaralajeittain ja taakoittain. Mittauksen jälkeen tuoremassojen kokonaispainot tallennetaan mittauserittäin, eikä mahdollisen lumen tai jään tuomaa lisäpainoa huomioida punnitustuloksessa. Mittaustuloksen tarkkuus on 1 kg. (Melkas, 2018)

Punnituksen jälkeen puutavara kuormataan kuljetusta varten, jolloin kuormasta tehdään nippukaavio (kuva 1). Nippukaavio erittelee, mihin kohtaan puutavara-autoa on lastattu kuljetusmääräyksen mukainen puutavara, jolloin se myös mahdollistaa useamman eri sopimuksen puiden kuljettamisen samassa kuormassa. (Farmit, n.d.)

Kuva 1. Nippukaavio (Melkas, 2009).



Tuoretiheysluku määritellään puutavaran painon ja tilavuuden välisellä muunnoksella (kg/m^3). Tuoretiheysluvut puutavaran painoperusteiseen tilavuusmittaukseen on Luonnonvarakeskuksen määrittämiä. (Ruotsalainen, 2018, s. 7) Puulaji, maantieteellinen alue, puutavaran mitat, mittausajankohta, kuivuusaste ja puutavaralaji sekä puutavaran varastointiaika määrittelevät tuoretiheysluvut (Metla, 2013). Viimeisessä vaiheessa punnittu puutavaran massa muutetaan tuoretiheyslukuja apuna käyttäen kiintotilavuudeksi (Melkas, 2018).

2.5 Kuormainvaa’an mittaustarkkuuden seuranta ja kalibrointi

Puutavaran mittauslaki (414/2013) ei salli systemaattisia virheitä puutavaran mittauksessa ja laki määrittelee mittaustarkkuuden rajat. Mittauksen luotettavuuden ja suurimman sallitun poikkeaman lukuarvossa määrittelee maa- ja metsätalousministeriön asetus 12/13. Kuvassa 2 on esitelty kuormainvaakamittausta koskevat suurimmat sallitut poikkeamat painon mittauksessa. Tiedossa olevan vertailuarvon ja mittaustuloksen erotus määrittelevät mittauksen poikkeama-arvon, jonka sisällä mittaustuloksen tulee olla.

Kuva 2. Suurimmat sallitut poikkeamat painon mittauksessa kuormainvaa’alla (Melkas, 2018).

Mittauserän paino			
10000-30000 kg	30000-50000 kg	50000-100000 kg	>100000 kg
Suurin sallittu poikkeama			
8 %	7 %	6 %	4 %

Kuormainvaa’an punnitustarkkuutta tulee seurata käyttöasteen mukaisesti viikoittain tai mikäli mittaustulokseen vaikuttavia tekijöitä ilmenee. Tällaisia voivat olla esimerkiksi sääolosuhteiden aiheuttamat vaihtelut tai mittalaitteen huolto. Punnitustarkkuuden seurannasta vastaa työnsuorittaja, kuljetus- tai metsäkoneyrittäjä vaakavalmistajan ohjeiden ja puutavaranmittaus neuvottelukunnan suositusten asettaman minimivaatimuksen ja mittaustarkkuuden mukaisesti. Kuormainvaakakohtaisesti kerätään ja tallennetaan vertailupunnitustiedot lokikirjaan tai tietojärjestelmään. (Melkas 2018; Heikurainen ym., 2019, ss. 2–3)

Punnitustarkkuuden seuranta tehdään kalibroimalla mittalaite. Kuormainvaa’an voi kalibroida tekemällä kalibrointimittauksen tai vaakavertailun. Vaakavertailulla toteutettua menetelmää käytetään pääasiassa puutavara-autoissa olevien kuormainvaakojen kalibrointiin. (Heikurainen ym., 2019, s. 3)

Kalibrointimittauksessa punnitaan kunnossa olevaa ja puhdasta tarkastuspunnusta, jonka paino on entuudestaan tunnettu. Tarkastuspunnuksen ollessa esimerkiksi vaurioitunut, luminen tai jäinen sen massa voi olla muuttunut. (Melkas 2018; Heikurainen ym. 2019, s. 3) Kalibrointimittaus suoritetaan tavalla, joka vastaa työskentely- ja toteutustavaltaan sekä olosuhteiltaan tavanomaista perusmittausta. Useampia punnituksia tehtäessä peräkkäin, paranee kalibrointimittauksen luotettavuus. (Heikurainen ym., 2019, s. 3)

Kuormainvaa’an dynaamisella punnituksella tarkoitetaan taakan punnitsemista sen liikkuaessa esimerkiksi kuormauksen yhteydessä, siten, että mittaolosuhteet vastaavat tavanomaista työskentelyä (Ruotsalainen, 2018, s. 9). Kuormainvaa’an kalibrointimittaus tehdään suorittamalla vähintään 20 dynaamista punnitustoistoa käyttäen taakkana tarkastuspunnusta, punnitustoistojen jälkeen lasketaan punnittujen painojen summa. Summan avulla lasketaan painon mittaero eli punnitusta massasta vähennetään oikeana pidettävä vertailuarvo, minkä avulla saadaan laskettua prosentuaalinen mittaero. Vaakavertailulla toteutettavassa vaa’an kalibroinnissa vertaillaan kuormainvaa’an mittaustuloksia varmennetusta vaa’asta, kuten siltavaa’asta saatuihin tuloksiin. Kuten kalibrointimittauksessa, myös vaakavertailussa mittaustuloksesta lasketaan painon mittaero. (Kuva 3) (Heikurainen ym., 2019, ss. 2–3)

Kuva 3. Painon mittaeron laskukaava.

$$\text{Ero \%} = \frac{(\text{Kuormainvaaka,kg} - \text{vertailupunnus,kg})}{\text{vertailupunnus,kg}} * 100$$

Mikäli kuormainvaa’an punnitustarkkuutta seurataan satunnaisotannalla, kalibrointimittaus toteutetaan staattisella testipunnusvertailulla käyttöviikoittain testipunnuksella, jonka massa on tiedossa. Testipunnusvertailussa saatua tulosta verrataan punnuksen todelliseen painoon. (Melkas, 2018) Staattinen punnitus toteutetaan punnitsemalla paikallaan olevaa testipunnusta. Pääsääntöisesti staattista kalibrointimittauksista käytetään kurottaja- ja materiaalikonevaakojen kalibrointiin, mutta menetelmänä on käytettävissä myös kuormainvaakojen kalibrointimittauksessa. (Heikurainen ym., 2019, ss. 2–3)

2.6 Kuormainvaa'an viritys

Painon mittaeron perusteella toteutetaan mittauslaitteen viritys, jonka edellytyksenä on luotettava kalibrointi tehtynä vaakavertailulla tai kalibrointimittauksella. Mittauslaitteen virityksessä tavoitteena on asettaa mittauslaite työskentelyolosuhteisiin sopivaksi ja saada se tuottamaan luotettavaa mittaustietoa, siten, että mittauserot ovat mahdollisimman pieniä. Vaa'an viritykset tulee dokumentoida ja säilyttää vähintään kahden vuoden ajan. (Heikurainen ym., 2019, ss. 2–3)

Puutavaranmittauksen neuvottelukunta on laatinut suosituksen, kuormainvaa'an viritystarpeesta kalibrointimittauksella ja vaakavertailulla saatujen mittaustulosten perusteella. Dynaamisilla punnitustoistoilla toteutetun kalibrointimittauksen viritystarve arvioidaan painon mittaerolla seuraavien arvojen perusteella:

- Mikäli painon mittaero on $\pm 2 \%$, viritykselle ei ole tarvetta.
- Mikäli painon mittaero on yli $\pm 2 \%$, tulee kalibrointimittaus toistaa. Jos uusinta mittauksen jälkeen keskimääräinen mittausero on edelleen yli $\pm 2 \%$, tulee vaaka virittää valmistajan ohjeiden mukaisesti.
- Mikäli painon mittaero on yli $\pm 7 \%$, tulee vaaka virittää valmistaja ohjeiden mukaisesti, tämän jälkeen kalibrointimittaus uusitaan virityksen ja kalibroinnin varmistamiseksi. (Heikurainen ym., 2019, s. 4)

Kuormainvaa'an kalibrointimittaus voidaan suorittaa staattisella punnituksella tarkastuspunnusta käyttäen, kalibrointimittauksen viritystarve arvioidaan painon mittaerolla seuraavien arvojen perusteella:

- Mikäli painon mittaero on $\pm 1 \%$, viritykselle ei ole tarvetta.
- Mikäli painon mittaero on yli $\pm 1 \%$, tulee kalibrointimittaus toistaa kaksi kertaa. Mikäli kalibrointimittauksen eli kolmen punnitustuloksen keskimääräinen mittaero on yli $\pm 1 \%$, tulee vaaka virittää valmistajan ohjeiden mukaisesti.
- Mikäli painon mittaero on yli $\pm 2 \%$, tulee kalibrointimittaus toteuttaa kolme kertaa. Mikäli kalibrointimittauksen eli neljän punnitustuloksen keskimääräinen mittaero on

yli ± 1 %, tulee vaaka virittää valmistajan ohjeiden mukaisesti. (Heikurainen ym., 2019, s. 4)

Vaakavertailulla toteutettavan viritystarpeen arvioinnin raja-arvot painon mittaeron perusteella ovat seuraavat:

- Mikäli painon mittaero on ± 2 %, viritykselle ei ole tarvetta.
- Mikäli painon mittaero on yli ± 2 % kolmessa peräkkäisessä mittauksessa toistuvasti samaan suuntaan, tulee vaaka virittää valmistajan ohjeiden mukaisesti.
- Mikäli painon mittaero on yli ± 4 % kahdessa peräkkäisessä mittauksessa toistuvasti samaan suuntaan, tulee vaaka virittää valmistajan ohjeiden mukaisesti.
- Mikäli painon mittaero on yli ± 7 %, tulee vaaka virittää valmistajan ohjeiden mukaisesti. (Heikurainen ym., 2019, s. 4)

Painon mittaeron ollessa suuri vaakavertailussa, tulee viritystarpeen arvioinnissa huomioida myös muita syitä kuin mittaustekniset syyt. Tällaisia voivat olla esimerkiksi kuorman kuljetuksen aikana kertynyt lumi ja jää. Mikäli kuljettaja arvioi, ettei ole tarpeellista virittää vaakaa painon mittaeroista huolimatta, tulee syy vaa'an virittämättä jättämisestä rekisteröidä järjestelmään. (Heikurainen ym., 2019, s. 4)

2.7 Mittatarkkuuteen vaikuttavia tekijöitä

Niinistön (2020, s. 49) tutkimuksen mukaan kuormainvaakojen punnitustarkkuuteen vaikuttavia tekijöitä on useita. Kuormainvaa'an käyttäjä eli puutavara-auton tai kuormatraktorin kuljettaja vaikuttaa paljon siihen, kuinka tarkkaa on kuormainvaa'an tuottama punnitustieto. Kuormaimen äkkinäiset ja punnittavaa taakkaa riuhtovat liikkeet vääristävät punnitustarkkuutta. Tätä ilmenee etenkin kokemattomien kuljettajien keskuudessa ja myös kokeneilla kuljettajilla, jos kuormain on heille uusi tai hankala käyttää. Lisäksi on myös muita punnitustarkkuuteen vaikuttavia tekijöitä, jotka eivät johdu ainoastaan kuljettajan toimesta. Näitä tekijöitä voivat olla esimerkiksi kuormauspaikka, pinomuodostelman rakenne ja sijainti.

Kuormauspaikka voi vaikuttaa mittatarkkuuteen, mikäli kuormainta ei saa tuettua riittävästi. Epävakaassa kuormaimessa ilmenee taakan heilumista, joka lisää punnitusvirheen mahdollisuutta. Kuormattavan puutavarapinon ja puutavara-auton välisen etäisyyden ollessa pitkä aiheutuu kuormaimella kurottelua, jolla on todettu olevan vaikutusta punnitustarkkuuteen. Myös kaikki kuormaimella tehdyt ylimääräiset liikkeet heikentävät punnitustarkkuutta. Mikäli puutavarapino on rakenteeltaan epätasainen, joutuu kuormatessa pölkkyjen päätyjä tasata. Tasaaminen lisää kuormaimeen kohdistuvaa tarpeetonta liikettä, mikä heikentää mittatarkkuutta. Lisäksi puutavara-autoa korkeammista puutavarapinoista kuormatessa on todettu olevan heikentävä vaikutus kuormainvaan mittatarkkuuteen. (Niinistö 2020, s. 49)

3 Kehittämistyön tarkoitus, tavoite ja menetelmät

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Suomen markkinoilla olevien kuormainvaakojen mittatarkkuuksia, ominaisuuksia ja käytettävyyttä. Kehittämistyön tarkoituksena oli toiminnallisena osana laatia Stora Enso Oyj:lle kooste opinnäytetyössä käsitellyistä kuormainvaaoista.

Toimeksiantaja hyödyntää kuormainvaaoista laadittua koontia yrityksen sisäiseen ja yhteistyökumppaneiden informointiin vaakojen nykytilanteesta. Aihe on ajankohtainen, koska vastaavanlainen katsaus on toteutettu yli 10 vuotta sitten. Toimeksiantaja käyttää kuormainvaakamittausta muun muassa varastokirjanpidossa ja maksuperusteena kuljetusyrittäjille, tästä syystä punnitusten luotettavuus korostuu.

Tietoperustassa käsiteltiin teorian tietoon pohjautuen kuormainvaan ja kuormainvaakamittauksen mittatarkkuutta, ominaisuuksia ja käytettävyyttä. Tämä teoriapohja tuki tulosten eli vaakavalmistajien kuormainvaakojen ominaisuuksien käsittelyä opinnäytetyössä. Tietoperusta loi lähtökohdat opinnäytetyön tavoitteen toteutumiseksi.

Opinnäytetyön menetelmiksi valikoituivat tiedon haku ja kyselylomake (liite 1). Aineiston keruu toteutui kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa aihealueesta haettiin teorian tietoa. Tiedonhaku toteutettiin erilaisista tietokannoista, ammattialan julkaisuista ja

kuormainvaakavalmistajien julkaisemista lähteistä. Opinnäytetyön aineistohakuja tehtiin toimeksiantajan kanssa valikoiduista kuormainvaaoista ja niiden valmistajista. Aineistohaut eivät tuottaneet riittävästi tietoa kyseisistä kuormainvaaoista. Näiden tiedonhakujen ja havaintojen pohjalta toteutettiin kysely kyselylomaketta apuna käyttäen. Kysely kohdistui kuormainvaakojen valmistajille, maahantuojille tai jälleenmyyjille.

Kyselylomakkeesta luotiin runko, joka toimitettiin sähköpostitse opinnäytetyöhön valikoitujen kuormainvaakojen edustajille. Kyselylomaketta muokattiin aiemman tiedonhaun pohjalta vastaamaan kysymyksiin, joista tietoa ei ollut saatavilla tai se oli puutteellista. Lomakkeen vastausten pohjalta käytiin tarkentavia keskusteluja joidenkin kuormainvaakojen edustajien kanssa puhelinhaastattelun ja sähköpostin avulla.

4 Projektin suunnittelu ja toteutus

Opinnäytetyöprosessi alkoi mahdollisuudesta toteuttaa Stora Enso Oyj:n toimeksiantona opinnäytetyö. Aloituspalaveri opinnäytetyön toteutuksen tiimoilta käytiin keväällä 2021, varsinainen opinnäytetyön aloitus käynnistyi syksyllä 2021. Syksyllä pidettiin toimeksiantajan edustajien kanssa tarkentava palaveri, jossa esiteltiin kesän 2021 aikana kerätty alustava katsaus markkinoilla olevista kuormainvaaoista.

Syksyn tapaamisessa aineiston pohjalta tehtiin valittavaan aihealueeseen tarkennuksia. Opinnäytetyöhön valikoidut kuormainvaat ja käsiteltävät aihealueet valittiin yhdessä toimeksiantajan edustajien kanssa. Näiden rajausten pohjalta valittiin kysymysrunko, joka ohjasi tiedonhakuja ja kuormainvaakojen edustajille lähetettäviä kysymyksiä.

Opinnäytetyön aineistoa kerättiin tiedonhakujen ja kyselylomakkeen avulla. Alustavan tiedonhaun jälkeen kyselylomakkeet lähetettiin eri vaakavalmistajien edustajille. Näiden menetelmien avulla opinnäytetyön tietoperusta ja tulokset kirjattiin lokakuun 2021 ja tammikuun 2022 välisenä aikana. Tämän prosessin jälkeen valmisteltiin alustava vertailu saaduista tuloksista opinnäytetyön toimeksiantajalle.

Tammikuussa 2022 oli palaveri opinnäytetyön tilaajan edustajien kanssa, jossa käytiin läpi vertailu saaduista tuloksista. Tulosten pohjalta toteutettu vertailu vastasi toimeksiantajan toiveita. Palaverin pohjalta nousi tarve yksittäiselle tarkennukselle, joka lisättiin opinnäytetyöhön ja lopulliseen vertailuun. Opinnäytetyön loppuseminaari pidettiin helmikuussa 2022. Opinnäytetyön julkaisun jälkeen on tarkoituksena esitellä kehitystyön tulokset ja toimittaa kooste toimeksiantajalle yhteisessä loppupalaverissa.

5 Kehittämistyön tulokset

Tämän luvun alaluvuissa on käsitelty opinnäytetyöhön valikoitujen kuormainvaakavalmistajien Suomen markkinoilla olevia kuormainvaakoja. Tuloksissa on raportoitu kuormainvaakojen mallit, ominaisuudet ja tekniset tiedot sekä muu kerätty aineisto opinnäytetyön tietoperustaan pohjautuen. Tulokset on esitelty alaluvuissa vaakavalmistajakohtaisesti.

5.1 Tamtron

Suomalainen vaakavalmistaja Tamtron valmistaa puutavara-autoon ja kuormatraktoriin soveltuvia kuormainvaakoja. Valikoimasta löytyy mittaustekniikaltaan venymäliuska-anturiin ja paineanturiin perustuvia vaakoja. Tamtronin kuormainvaa'at soveltuvat valtaosaan puutavara-autoista ja kuormatraktoreista. (Tamtron, n.d.) Tamtron Oy:llä myyntityössä työskentelevä Pauli Suoniemi vastasi kyselylomakkeeseen ja puhelinhaastatteluun koskien yrityksen kuormainvaakoja. Suoniemen (henkilökohtainen tiedonanto, 27.10.2021) mukaan rajoittavia tekijöitä vaa'an soveltuvuuden suhteen voi kuitenkin olla esimerkiksi liian pieni kuormain tai jotkin rotaattori mallit eivät ole yhteensopivia kuormainvaa'an kanssa.

Tamtronin kuormainvaakamalleja ovat One Timber SG ja -C, jotka ovat suunniteltu puutavara-autojen käyttöön sekä One Bioforest SG ja -C kuormatraktoreihin soveltuvat kuormainvaa'at (Tamtron, n.d.). One Timber SG ja One Bioforest SG ovat venymäliuska-vaakoja, kun vastaavasti One Timber C ja One Bioforest C perustuvat paineanturitekniikkaan. Vaikka kuormainvaakojen nimet eroavat toisistaan ovat samaa tekniikkaa käyttävät vaa'at fyysisesti samanlaisia keskenään riippumatta siitä, onko ne

kuormatraktoriin vai puutavara-autoon suunniteltu. Erona on käyttöjärjestelmä, joka on suunniteltu puutavara-auton tai kuormatraktorin tarpeisiin soveltuvaksi. Tämä ilmenee erilaisena näkymänä näyttöpäätteellä. (Suoniemi, henkilökohtainen tiedonanto, 27.10.2021)

Tamtronin venymäliuskalla varustettu SG-mallin kuormainvaaka on markkinoilla melko uusi, sillä sitä on ollut saatavilla vasta vuodesta 2020. Kyseinen vaakalaitteisto pitää sisällään kosketusnäytön ja siihen tarvittavat johdot, langattoman venymäliuskariipukkeen, tiedonsiirtoon lähettimen sekä vastaanottimen ja kaksi akkua laturilla varustettuna. Venymäliuskalla varustetun vaakalaitteiston hinta on 7000–7500 €. Hinta määräytyy vaakariipukkeen koon ja kuormaimen mitoitusmuotojen mukaan. (Suoniemi, henkilökohtainen tiedonanto, 27.10.2021)

Hydrauliseen paineanturiin perustuva C-mallin kuormainvaaka on ollut Tamtronilta saatavilla jo pitkään. C-mallissa ei ole vaakariipukkeen ja näytön välillä langatonta yhteyttä tiedonsiirtoon kuten SG-mallissa. Vaakalaitteiston hinta on 5000–6000 €, joka on hieman edullisempi kuin SG-malli. Edellä mainittu hinta pitää sisällään hydrauliriipukkeen, kosketusnäytön, ulkoisen summerin ja tarvittavat asennus- ja johtosarjat. (Suoniemi, henkilökohtainen tiedonanto, 27.10.2021)

Tamtronin SG- ja C-mallin kuormainvaakat ovat toiminnallisilta ominaisuuksiltaan vastaavanlaisia, vaikka perustuvat erilaisiin mittaustekniikoihin. Vaakat ovat yhteydessä Tamtronin One Cloud pilvipalveluun, jonka myötä vaakojen käytettävyyteen on saatu paljon helpottavia ominaisuuksia. Punnitustieto siirtyy automaattisesti eteenpäin vaakalta pilvipalveluun ja kuljettajalle voidaan myös lähettää tilaus suoraan vaakapäätteelle. Lisäksi vaaka on yhteensopiva esimerkiksi LogForce- tai WoodForce-ohjelmistopalveluiden kanssa. (Suoniemi, henkilökohtainen tiedonanto, 27.10.2021) LogForce on puunkuljetuksiin suunniteltu ohjelmistopalvelu, jonka avulla kuljetusyrittäjät ja metsäyhtiöt voivat ohjata puunkuljetuksia. WoodForce on puunkorjuun ja metsänhoitotöiden suunnitteluun ja ohjaukseen luotu järjestelmä yrittäjien ja metsäyhtiöiden käyttöön. (Trimble, n.d.)

Punnitusta tehdessä kuorman purkamisen tai lastauksen yhteydessä nostojen välinen nollaus on automatisoitu, mutta sen voi tehdä tarvittaessa manuaalisesti. Vaakan kalibrointi

on kuljettajan tehtävä ja se tehdään lain puitteissa. SG-mallin vaakariipuke sisältää akun, joka kestää täydellä latauksella vaa'an käyttömäärästä ja ulkolämpötilasta riippuen 4–8 viikkoa. (Suoniemi, henkilökohtainen tiedonanto, 27.10.2021)

Tamtronin One Bioforest ja One Timber -kuormainvaa'at punnitsevat massan kilon tarkkuudella. Vähimmäismassa vaa'issa on oletusarvona 100 kg, tämä on kuitenkin säädettävissä parametreja muuttamalla. Punnitusalueen ylärajaa ei ole määritetty parametreilla, vaan mittausanturin suurin nimelliskuorma on SG-malleissa 10 t ja C-malleissa 3 t, mitkä toimivat mittauksen ylärajana. Tamtron lupaa punnitustarkkuuden virheen olevan $\pm 2\%$ rajoissa todellisesta massasta. Punnitustarkkuus on kuitenkin yleensä tarkempi, etenkin venymäliuska-anturilla toteutetussa SG-mallissa, jolla on päästy alle 1 % punnitustarkkuuden virheeseen. Kuljettajan aiheuttama kuorman liiallinen heilunta punnituksen aikana voi vääristää punnitustarkkuutta. Punnitustiedot vaaka lähettää One Cloud pilvipalveluun näyttöpäätteessä sijaitsevan SIM-kortin avulla. Vaakariipuke painaa noin 20 kg. (Suoniemi, henkilökohtainen tiedonanto, 27.10.2021)

Tamtronin huolto tarjoaa kattavasti vaakalaitteiston käyttöön liittyvää tukea ja vianmäärittystä myös etänä sekä vaa'an päivitykset ovat automatisoituja. Yrittäjällä on mahdollisuus asentaa vaakalaitteisto itse kuormatraktoriin sekä puutavara-autoon. Huoltotoimenpiteinä yrittäjä voi kuormainvaakalaitteistoihin tehdä laakereiden rasvausta sekä lisätä C-mallin vaakariipukkeeseen tarvittaessa hydraulioöljyä. (Tamtron, 2019; Suoniemi, henkilökohtainen tiedonanto, 27.10.2021)

5.2 Intermercato

Ruotsalainen perheyriety Intermercato on edustettuna ympäri maailmaa ja tarjoaa laajan valikoiman kuormainvaakoja, rotaattoreita ja puukouria metsätalouden käyttöön (Intermercato, n.d.-a). Suomessa Intermercaton jälleenmyyjänä toimii Konevel Oy, jonka myyntitehtävissä toimii Patrik Kindstedt (henkilökohtainen tiedonanto, 13.1.2022). Kindstedt kertoi puhelinhaastattelussa yrityksen tarjoavan neljää eri mallia kuormainvaakoja puutavara-auton ja kuormatraktorin käyttötarkoituksiin. Laitteiston hinta on noin 7500 € – 8000 € riippuen vaakamallista. Intermercaton kuormainvaaka Compact FM on hyvin

matalarakenteinen laippamallinen kuormainvaaka, joka asennetaan perinteisestä vaakariipukkeesta poiketen puukouran ja rotaattorin väliin. Compact FR 5 ja BS 70 ovat perinteisempiä riipukemallisia kuormainvaakoja. Intermercato Ab:n myynti- ja tuotantopäällikkö Peter Henriksson (henkilökohtainen tiedonanto, 19.1.2022) kertoi sähköpostitse, että Compact FM ja -FR -vaa'at ovat melko uusia malleja, jotka lanseerattiin vuosina 2019 ja 2020 patentoidulla konseptilla, vaakamalli 70 BS on ollut markkinoilla jo vuodesta 2014. Kyseisillä vaa'illa on ollut useita edeltäjiä.

Intermercaton kuormainvaakojen, Compact FM 5, -FM 7, -FR 5 ja BS 70 mittatarkkuuden virhe on $\leq 1\%$ täyden puutavara-auton kuormasta. Vaakojen resoluutio eli punnituksen erottelukyky on tehdasasetuksena 5 kg, erottelukyky on kuitenkin muokattavissa käyttäjän toimesta haluamaansa tarkkuuteen yhdestä kilosta alkaen. Pienin punnittava massa vaa'illa on 50 kg, vaa'at tunnistavat myös alle 50 kg taakan, mutta eivät kuitenkaan sovellu sen punnitsemiseen. Kuormainvaa'at painavat keskimäärin 65 kg. (Henriksson, henkilökohtainen tiedonanto, 19.1.2022) Intermercaton kuormainvaa'oissa on langaton yhteys tiedonsiirtoon vaa'an ja sisäyksikön välillä. Näyttönä toimii Android-älypuhelin tai -tabletti, johon on esiasennettu sovellus punnitustietojen käsittelyä varten. (Intermercato, n.d.-b) Punnitustiedot voi lähettää suoraan vaakasovelluksesta käyttäjän valitsemaan sähköpostiin tai tulostaa bluetooth-tulostimella. Punnitustiedot lähetetään XML- ja PDF-tiedostona sähköpostin liitteenä. Intermercaton kuormainvaa'at eivät ole suoraan yhteydessä esimerkiksi LogForce- tai WoodForce-ohjelmistopalveluihin, mutta se on mahdollista Intermercaton toimesta Ruotsissa, Konevel Oy:n huolto ja varaosa vastaava Mikko Hätinén kertoi puhelinhaastattelussa. (henkilökohtainen tiedonanto, 8.2.2022)

Intermercato Compact FM -mallista on tarjolla kahta eri kokoluokkaa, joissa punnitusalueet poikkeavat toisistaan. Compact FM 5 -kuormainvaa'an punnituskapasiteetti on 5000 kg ja Compact FM 7 punnituskapasiteetti ulottuu vastaavasti 7000 kg asti. Compact FM pyrkii mahdollisimman tarkkaan mittatarkkuuteen käyttämällä kahdeksaa venymäliuska-anturia yhdessä kiihtyvyyssanturin ja gyroskoopin kanssa. Kuormainvaaka on suunniteltu sopimaan yhteen kaikkiin tavallisiin puukouriin ja rotaattoreihin. Compact FM on langaton kuormainvaaka, jonka akunkesto on noin 700 käyttötuntia latausten välillä. (Intermercato, n.d.-a)

Compact FR 5 on soveltuva kaikkiin puutavara-autoissa sekä kuormatraktoreissa käytössä oleviin kuormaimiin ja rotaattoreihin. Vaaka kykenee punnitsemaan taakan 5000 kg saakka. Kuormainvaa'an integroitu ladattava akku kestää jopa 1200 käyttötuntia latausten välillä. BS 70 -kuormainvaaka vastaa ominaisuuksiltaan Compact FR 5 -kuormainvaakaa, pois lukien punnituskapasiteetti. Vaa'an punnituskapasiteetti ylittää 7000 kg asti. (Intermercato, n.d.-a)

5.3 Ponsse

Ponsse Oyj:n Senior Technical Specialist Esko Havimäki (henkilökohtainen tiedonanto, 8.11.2021) kertoi kyselylomakkeen vastauksissa, että Load Optimizer on Ponssen omavalmisteinen kuormatraktoreiden käyttöön tehty kuormainvaaka, joka on ollut markkinoilla jo vuodesta 2008 lähtien. Uuteen Ponssen kuormatraktoriin kuormainvaa'an saa lisävarusteena hintaan 6389 € ja virallinen sarjanumeroitu testipunnus maksaa 667 €. Load Optimizer vaakoja myyvät Ponssen aluemyyntipäälliköt ympäri Suomen.

Load Optimizer on automatisoitu kuormainvaaka, jossa automatiikka tunnistaa erilliset kuormaus- ja purkumoodit. Punnittaessa nostetun taakan tallennus järjestelmään ja vaa'an nollaus on automaattista, mikä helpottaa kuljettajaa vaa'an käytössä. Load Optimizer -kuormainvaa'assa on automaattikalibrointi. Ohjelmisto pyytää kuljettajaa tekemään vaa'an kalibroinnin, kun edellisestä kerrasta on kulunut viikko. Kalibrointi tehdään staattisesti eli paikallaan olevana punnituksena. Vaaka kalibroitu myös työnteon aikana tehtävillä satunnaisotantanoistoilla. (Havimäki, henkilökohtainen tiedonanto, 8.11.2021)

Load Optimizer -kuormainvaa'an punnitusalue on 50–2000 kg, vaa'an erottelukyky punnituksessa on 2 kg. Punnitustarkkuus on Ponssen kuormainvaa'assa mittaustalon täyttävissä vaatimuksissa. Ponsse käyttää Load Optimizer -kuormainvaa'assa massan ja sen asennon punnitsemiseen venymäliuska-anturia sekä kiihtyvyyssantureita, jotka tekevät liikkeessä tapahtuvan korjauksen. Vaakariipuke on integroitu Ponssen Opti järjestelmään CAN-väylällä, jonka avulla punnitustieto kulkeutuu vaakariipukkeelta järjestelmään. Tiedonsiirto esimerkiksi WoodForce-ohjelmistopalveluun onnistuu Ponssen Opti-järjestelmän avulla. (Havimäki, henkilökohtainen tiedonanto, 8.11.2021)

Ponssella on Suomessa kattava huoltoverkosto, johon kuuluu 14 Ponssin huoltopistettä ja 10 huoltoyrittäjää. Huoltoverkosto vastaa vaakalaitteiston huollosta ja jälkiasennuksesta käytettyihin kuormatraktoreihin, yrittäjä ei voi asentaa tai huoltaa vaakalaitteistoa itse, sillä kyseessä on mittalaite. Uusiin kuormatraktoreihin vaakalaitteisto asennetaan jo tehtaalla asiakkaan näin halutessa. (Havimäki, henkilökohtainen tiedonanto, 8.11.2021)

5.4 Komatsu

Komatsu Forest Oy:n teknisen asiakaspalvelun päällikkö Seppo Konttelilta (henkilökohtainen tiedonanto 25.10.2021) kyselylomakkeen pohjalta saatujen tietojen mukaan Komatsun ensimmäinen versio kuormainvaa'asta tuli markkinoille vuonna 2009, joka oli osin Tamtronin kuormainvaaka. Ensimmäisen sukupolven kuormainvaaka ei kuitenkaan täyttänyt Komatsun kaikkia tarpeita, johtuen muun muassa kuormaimen rakenteesta, joten siitä luovuttiin. Nykyinen Komatsun omavalmisteinen ProTec -kuormainvaaka on ollut saatavilla lisävarusteena kaikkiin Komatsun uusiin kuormatraktoreihin vuodesta 2015 noin 7000 euron hintaan. Vaaka on saatavilla myös varaosina, mutta hinnoittelu tehdään olemassa olevan kuormatraktorin ominaisuuksien perusteella ja hinta on tällöin korkeampi.

Komatsun ProTec -kuormainvaa'assa on suojattu letkunveto (Komatsu, n.d.). Letkut kulkevat sisäisesti myös vaakariipukkeen kohdalla (Kontteli, henkilökohtainen tiedonanto 25.10.2021). Tämän patentoidun menetelmän ansiosta muun muassa työn keskeytykseen johtavat letkuvauriot ovat vähäisempiä. ProTec -kuormainvaaka on rakenteeltaan matala, joka mahdollistaa myös matalamman nostokorkeuden kuormaimelle. (Komatsu, n.d.) ProTec -kuormainvaakaan on integroitu jarruriipuke (Kontteli, henkilökohtainen tiedonanto 25.10.2021). Komatsun MDB- jarru (Multi Disc Brake) parantaa vaimennustehoa (Komatsu, n.d.). Jarruriipukkeen tehtävä on vähentää nostettavan taakan heiluntaa, mikä nopeuttaa ja tekee työskentelystä varmempaa, lisäksi nosturiin kohdistuva kuluminen ja kuormitus pienenee (Metsätyö Oy, n.d.).

ProTec -kuormainvaa'assa on käyttäjää helpottavia ominaisuuksia kuten automaattinen varastopaikan valinta, jonka ansiosta kuljettajan täytyy vain kuitata kuorma puretuksi kuormaussyklin aikana. Nostojen välillä oleva vaa'an nollaus on myös automatisoitu,

kuljettajan tehtäväksi jää oikean puutavaralajin valinta. Kuljettaja tekee lain vaatiman vaa'an tarkistuksen käyttöviikoittain, jonka yhteydessä ohjelmisto laskee kalibrointiehdotuksen. (Kontteli, henkilökohtainen tiedonanto 25.10.2021)

ProTec -kuormainvaa'assa käytetään uudenaikaista elektronista venymäliuska mittaustekniikkaa (Komatsu, n.d.). Vaa'an punnitusalue on 20–1500 kg ja erottelukyky on 1 kg. Mahdollinen punnitustarkkuuden virhe on $\pm 1 \%$, mutta se voi vääristyä esimerkiksi suuren bioenergiataakan ollessa osittain maassa tai osuessa kuormatraktoriin punnitushetkellä. (Kontteli, henkilökohtainen tiedonanto 25.10.2021)

Tiedonsiirto vaa'alta ohjaamossa sijaitsevalle lukulaitteelle on toteutettu langattomasti teollisuusradioyhteyttä hyväksi käyttäen. Lukulaitteelta PC:lle tieto välittyy USB-väylän kautta. Vaaka tuottaa ja lukee uuden sekä vanhan StanForD -standardin ohjaus- ja tuotantotietoja. Kaksisuuntaisen tiedonsiirron ansiosta vaaka on yhteensopiva esimerkiksi WoodForce -ohjelmistopalveluun. (Kontteli, henkilökohtainen tiedonanto 25.10.2021)

ProTec -kuormainvaaka saa käyttöjännitteensä siihen integroidusta akusta. Täyteen ladatulla akulla vaaka voidaan käyttää 15–30 päivää, riippuen ulkolämpötilasta. Akun varaus ilmoitetaan vihreällä, oranssilla tai punaisella akun symbolilla riippuen siitä mikä on sen hetkinen akun tila. Latauksen voi tehdä esimerkiksi yön aikana liittämällä kuormatraktorista latauskaapeli akun latausliittimeen. ProTec -vaakaan yrittäjä voi tehdä huoltotoimenpiteinä vaakariipukkeessa olevien liikkuvien osien voitelua. Komatsu Forest tarjoaa myynnin lisäksi myös huollon ja kouluttajien toimesta kuormainvaa'an käyttöön liittyvää tukea. (Kontteli, henkilökohtainen tiedonanto 25.10.2021)

5.5 John Deere

John Deere Forestry Oy:n automaatioasiantuntija Markku Heikkinen (henkilökohtainen tiedonanto, 28.10.2021) kertoi kyselomakkeen vastauksissa John Deeren käyttäneen kuormatraktoreissaan jo vuosia Tamtronin valmistamaa kuormainvaaka. Vaaka käyttää taakan punnitsemiseen venymäliuska-anturia ja sen punnitustarkkuuden virhe on maksimissaan $\pm 2 \%$ ulkolämpötilan ollessa -30°C ja $+40^{\circ}\text{C}$ välillä. Vaa'an sisäiset anturit

myös korjaavat automaattisesti esimerkiksi kiihtyvyydestä ja asentovirheistä aiheutuvaa punnituksen aikaista poikkeamaa. Kuormainvaa’an punnitsema alaraja on 50 kg, mutta normaali punnitusalue on 100–1500 kg välillä. Punnitun taakan erottelukyky on 1–2 kg (Aikala, 2021).

Vaaka muodostaa langattoman Bluetooth-yhteyden ohjaamossa olevaan modeemiin, josta punnitustieto siirtyy koneen ohjausjärjestelmän näyttöön automaattisesti ja reaaliajassa. Akun kesto vaakariipukkeessa on noin viikon, mutta pakkasella on akun varausta heikentävä vaikutus. Vaihtoakku kuuluu laitteiston toimitukseen, joten työnteko ei pääse keskeytymään akun varauksen loputtua. (Heikkinen, henkilökohtainen tiedonanto, 28.10.2021)

5.6 ScaleLog

ScaleLog on ruotsalaisvalmisteinen kuormainvaaka, joka otettiin Ruotsissa testikäyttöön noin vuonna 2015. Vaa’an maahantuonti ja myynti Suomessa alkoi vuonna 2018. (Metsäalan ammattilehti, 2018) Maahantuonti on kuitenkin jo loppunut vuonna 2020, kertoi ScaleLog-kuormainvaa’an maahantuonnista vastannut Jesse Holopainen puhelinhaastattelussa (henkilökohtainen tiedonanto 14.2.2022). ScaleLog on keskittynyt kehityksessään kuormainvaa’an toimintavarmuuteen ja yksinkertaisuuteen, jolla on pyritty vaa’an helppoon käytettävyyteen (ScaleLog, n.d.-c).

ScaleLog -kuormainvaaka käyttää punnitsemiseen sisäänrakennettua hydraulista paineanturia. Sisäänrakennetun ratkaisun myötä ScaleLog on onnistunut pienentämään lämpötilan vaikutuksesta johtuvia muutoksia ja öljyn kokoon puristuvuutta. (ScaleLog, n.d.-a) Sillä vaakariipukkeessa on hydraulioöljyä vain muutama kymmenen millilitraa, tästä johtuen tarve ilmaamiselle on vähäistä eikä öljyn vaahtoutuminen aiheuta ongelmia (Metsäalan ammattilehti, 2018).

ScaleLog -vaakariipukkeen ja näytön välillä on langaton tiedonsiirto, joka on toteutettu radioyhteydellä (ScaleLog, n.d.-a). Vaa’assa on valmius langattomaan tiedonsiirtoon tietokoneelle, mutta käytössä on manuaalinen tiedonsiirto, joka toteutuu kuljettajan muistiinpanoilla siirrettävinä punnitustietoina, kertoo Holopainen (henkilökohtainen

tiedonanto 14.2.2022). ScaleLog tarjoaa vaakariipukkeeseensa markkinoiden parhaan akunkeston, joka on jopa useita vuosia (ScaleLog, n.d.-d). Maahantuoja kuitenkin lupasi akun kestoiksi vähintään vuoden ilman latausta (Metsäalan ammattilehti, 2018). Punnitusalue vaa'assa on 0 – 3000 kg ja punnitustarkkuus on noin $\pm 1 \%$, arvioi Holopainen (henkilökohtainen tiedonanto 14.2.2022). ScaleLog -vaakariipukkeet painavat noin 28 kg (ScaleLog, n.d.-a).

ScaleLog -kuormainvaa'alla punnituksen voi tehdä automaattisesti, jolloin kiihtyvyy- ja kulma-anturit auttavat rekisteröimään punnituksen oikealla hetkellä (ScaleLog, n.d.-a). Manuaalinen punnitus myös onnistuu nappia painamalla ja automatiikka huolehtii, ettei punnitus tapahdu kiihtyvyydsarvon ollessa liian suuri. Vaakanäytössä on selkeät painikkeet, jota voi käyttää myös hanskat kädessä. Tehdas toimittaa vaa'an seitsemällä varastopaikalla ohjelmoituna, mutta tilauksen yhteydessä niitä voi lisätä. (Metsäalan ammattilehti, 2018) ScaleLog vaakajärjestelmän käytettävyys, asentaminen ja huoltaminen on helppoa. Tämä puutavaran käsittelyyn suunniteltu kuormainvaaka soveltuu kaikkiin puutavara-autojen kuormaimiin ja kouriin valmistajasta riippumatta. (ScaleLog, n.d.-b)

5.7 Steelyard Peson

Steelyard Peson on vuonna 2011 perustettu ranskalainen kuormainvaakoja valmistava yritys (Steelyard Peson, n.d.). Toimitusjohtaja Tomi Haring (henkilökohtainen tiedonanto 12.11.2021) Joensuun Autohajottamo Närhi Oy:stä kertoi kyselylomakkeen vastauksissa, että heidän yrityksensä toimii Suomessa Steelyard Peson -kuormainvaa'an maahantuojana ja jälleenmyyjänä. Yritys toi kuormainvaa'an Suomen markkinoille vuonna 2019. Vaakaa oli testattu vaativissa Suomen olosuhteissa jo ennen markkinoille tuontia. Steelyard Peson kehittää aktiivisesti tuotteitaan, mutta Suomen markkinoilla olevasta kuormainvaa'asta ei ole uutta versiota odotettavissa lähiaikoina. Steelyard Peson -kuormainvaaka soveltuu käytettäväksi kaikissa puutavara-autojen sekä kuormatraktoreiden kuormaimissa. Kuormainvaa'an käyttöjärjestelmä on saatavilla suomenkielisenä (Metsätrans, 2021).

Kuormainvaa'assa on kolme käyttömoodia, joista kuljettaja voi valita käyttääkö vaakaa manuaalisesti, puoliautomaattisesti vai täysautomaattisesti. Punnittaessa nostojen välillä

vaakaa ei tarvitse nollata. Käyttäjän on myös helppo kalibroida vaaka tarvittaessa. Steelyard Peson ei ole suoraan yhteydessä LogForce- tai WoodForce-ohjelmistopalveluihin ilman, että vaa'an ohjelmistoon tehtäisiin muutoksia yhteensopivuuden saamiseksi. (Haring, henkilökohtainen tiedonanto 12.11.2021) Punnitustietoja voi siirtää muistitikun avulla tietokoneelle CSV- ja XML-tiedostoina. Vaakanäytössä on myös ominaisuus, joka muodostaa punnitustiedoista yksilöllisen QR-koodin, jonka voi lukea älypuhelimella. QR-koodin sisältämät punnitustiedot kuljettaja voi lähettää haluamaansa sähköpostiin. Lisäksi näyttö tukee bluetooth-tiedonsiirtoa ja punnitustiedot saa myös tulostettua paperille. (Steelyard Peson, 2019)

Steelyard Peson -kuormainvaa'an punnitusalue on 10 kg – 4000 kg ja punnitustarkkuuden virhe on ± 1 %. Vaa'an ja näytön välillä on langaton yhteys. Langattoman yhteyden vuoksi vaa'assa on myös akku, jolla työskentelee täyteen ladattuna 2–4 kk. Akun kestoon vaikuttaa muun muassa pakkanen, mutta akun kestoa voi myös pidentää pitämällä langatonta yhteyttä päällä vain punnitusten aikana. (Haring, henkilökohtainen tiedonanto 12.11.2021) Steelyard Peson kuormainvaaka on työstetty yhdestä metallikappaleesta, joka on suojattu terässuojalla, minkä vuoksi vaaka kestää hyvin iskuja, tärinää ja puristuksia (Steelyard Peson, 2019). Kuormainvaaka painaa noin 65 kg (Haring, henkilökohtainen tiedonanto 12.11.2021).

Yrittäjä voi asentaa kuormainvaakalaitteiston itse, maahantuoja suosittelee sitä kuitenkin asennuskokemusta omaavan asentajan tehtäväksi. Kuormainvaa'an huoltotoimenpiteet, kuten liikkuvien osien rasvaus onnistuu käyttäjän tekemänä. Maahantuoja tarjoaa tukea vaa'an käyttöön ja huoltoon liittyvissä asioissa. (Haring, henkilökohtainen tiedonanto 12.11.2021)

6 Johtopäätökset ja pohdinta

Opinnäytetyössä toteutettiin katsaus nykypäivän tilanteeseen Suomen markkinoilla olevista kuormainvaaoista. Aiemman tiedon mukaan vuonna 2018 käytössä olevista kuormainvaaoista 80 % käytti mittaustekniikkana hydraulista paineanturia. Opinnäytetyön tulosten pohjalta suurin osa vaakavalmistajista käyttää nykyään kuormainvaakojen mittaustekniikkana venymäliuska-anturia. Tuloksen voidaan olettaa johtuvan venymäliuska-

anturitekniikan tuottamasta tarkemmasta punnitustuloksesta. Vaikka valtaosa opinnäytetyössä käsitellyistä kuormainvaakavalmistajista suosii venymäliuska-anturia vaaissaan, se ei kerro hydraulisen paineanturin ja venymäliuska-anturin prosentuaalista jakaumaa työelämässä, koska käytössä on myös vanhempia kuormainvaakamalleja.

Tulosten pohjalta kuormainvaakojen väliset eroavaisuudet ovat pieniä, mittaustekniikka ja kuormainvaakojen soveltuvuus työkoneisiin nousivat merkittävimiksi eroiksi.

Opinnäytetyöhön valikoiduista kuormainvaaoista kolme on soveltuvia ainoastaan kuormatraktoreiden ja yksi puutavara-autojen käyttöön, kun muut kuormainvaaoista on käytettävissä puutavara-autoissa ja kuormatraktoreissa. Näiden lisäksi merkittäviä eroavaisuuksia ei ilmentynyt kuormainvaakojen ominaisuuksissa, kuten punnitustarkkuudessa ja punnitusalueessa. Valtaosa valmistajista käytti vaaissaan langatonta yhteyttä.

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Suomen markkinoilla olevien kuormainvaakojen mittatarkkuuksia, ominaisuuksia ja käytettävyyttä sekä tarkoituksena oli toiminnallisena osana laatia kooste opinnäytetyössä käsitellyistä kuormainvaaoista. Opinnäytetyölle määritellyt tavoite ja tarkoitus toteutuivat hyvin. Tavoite toteutui suunnitelmien mukaisesti, raportissa toteutettiin katsaus tällä hetkellä Suomen markkinoilla olevista kuormainvaaoista. Opinnäytetyön tarkoituksena oli toteuttaa toiminnallisena osana kooste kuormainvaaoista, johon toimeksiantajan edustajat olivat tyytyväisiä.

Opinnäytetyön aihe oli tärkeä, koska kuormainvaakoja käytetään puutavaranmittaamiseen merkittävässä määrin, kuten tietoperustassa esitellyn Metsätehon (Melkas, 2020) tilaston mukaan 45 % hankintakauppojen luovutusmittauksista oli mitattu kuormainvaalla. Tästä syystä käyttäjien ja yritysten tietoisuuteen on hyvä tuoda eri kuormainvaakavaihtoehtoja ja niiden ominaisuuksia. Lisäksi vastaava aiempi kooste oli toteutettu yli kymmenen vuotta sitten, joten tietojen päivittäminen oli ajankohtaista.

Työelämästä nouseva tarve kertoo aiheen tärkeydestä ja sen merkityksestä toimialalle.

Opinnäytetyön toimeksiantona toteutettu toiminnallinen osio on tarkoitus ottaa Stora Enson käyttöön sisäisenä tiedonantona ja mahdollisuutena jakaa informaatiota heidän kanssaan

yhteistyötä tekeville yrittäjille. Lisäksi aineisto on vapaasti käytettävissä opinnäytetyön julkaisemisen myötä.

Opinnäytetyön pohjalta nousi esiin pohdinta, kuinka hyvin vaakavalmistajien ilmoittama punnitustarkkuus vastaa käytännön työssä saatuja tuloksia, esimerkiksi siltavaakavertailua hyödyntäen. Toimeksiantajalla on saatavilla puueräkohtaiset tiedot kuormainvaakamittauksesta ja siltavaakamittauksesta tehtaille toimitetusta puutavarasta, mutta ei erillistä tietoa mittauksessa käytetystä kuormainvaa'asta. Näiden tietojen pohjalta ei voida arvioida sitä, minkä vaakavalmistajan kuormainvaaka on punnitustarkkuuden suhteen luotettavin. Tämän pohjalta nousi aihe-ehdotus uuteen opinnäytetyöhön, jonka tarkoituksena on selvittää kuormainvaakojen todellinen mittatarkkuus käytännön työssä. Tutkimuksessa selvitetään käytössä olevien kuormainvaakojen käytännön työssä todettuja mittatarkkuuksia siltavaakavertailua hyväksikäyttäen. Siltavaakavertailulla todettua mittaeroa verrataan vaakavalmistajan ilmoittamaan kuormainvaakakohtaiseen mittatarkkuuteen. Selvityksen pohjalta voidaan todeta kuinka hyvin vaakavalmistajien ilmoittamat mittatarkkuudet vastaavat annettuja tietoja ja ilmeneekö valmistajakohtaisia eroja.

Vaakavalmistajien ilmoittamien punnitustarkkuuksien pohjalta on hyvä huomioida kuinka paljon yhden prosentin mittavirhe vaikuttaa kuutioina esimerkiksi vuositasolla. Mikäli puutavara-auto kuljettaa vuoden jokaisena päivänä 40 tonnia kuormainvaa'alla punnittua mäntytukkia, joka painaa esimerkiksi 850 kg/m^3 . Kuormainvaa'an mittavirheen ollessa + 1 % jokaisessa punnituksessa, ilmenee vuodessa 146 tonnia eli noin 172 m^3 olematonta mäntytukkia. Suuremmassa mittakaavassa asiaa tarkasteltuna pienikin systemaattinen virhe vaa'an mittatarkkuudessa voi aiheuttaa merkittäviä vääristymiä pidemmällä ajanjaksolla.

Kuormainvaakavalmistajien ilmoittamiin mittatarkkuuksiin vaikuttavat myös käyttäjän kokemus ja osaaminen kuormaimen käytöstä. Kuormaimen hallitulla käytöllä on positiivinen vaikutus punnitustarkkuuteen. Valmistajan ilmoittama mittatarkkuus ei automaattisesti poissulje mittavirheiden esiintymistä, siksi olisi syytä panostaa kuormaimen sujuvaan käyttöön, jotta käyttäjä ei edesauta mittavirheiden syntymistä.

Opinnäyteprosessi oli mielenkiintoinen ja syvensi omaa tietoa aihealueesta. Tärkeänä motivoijana opinnäytetyön toteuttamiselle oli mahdollisuus toteuttaa työ, joka vastaa työelämäntarpeisiin ja se on konkreettisesti käytettävissä. Yllätyksenä prosessissa tuli kuormainvaakoja koskevien tietojen rajallisuus ja niiden keskittyminen tiettyihin lähteisiin. Myös joidenkin valmistajien kuormainvaaoista oli vähän saatavilla yksityiskohtaisempaa tietoa. Näiden taustatietojen pohjalta luotu kyselylomake tuotti joidenkin kuormainvaakojen kohdalla hyvin lisätietoa, mutta osa vastaajista vastasi kyselyyn suppeasti. Toteutettu kysely perustui vapaaehtoisuuteen, mutta mahdollisti kuitenkin opinnäytetyön kautta yritykselle markkinointia, tästä syystä vaihteleva kiinnostus kyselyyn vastaamisesta yllätti. Näiden havaintojen pohjalta toteuttaisin tiedonhaun kyselylomakkeen sijasta puhelinhaastatteluina. Opinnäytetyöprosessin aikana jouduin täydentämään vastaajilta kyselylomakkeen tietoja puhelimitse, jolloin huomasin vastausten olevan kattavampia ja helpommin saatavilla. Lisäksi kyselylomakkeeseen vastaaminen vei osalta vastaajista pitkään ja joiltakin täytyi vastauksia pyytää useamman kerran. Puhelinhaastatteluissa näitä ongelmia ilmenisi vähemmän.

Lähteet

Farmit. (n.d.) *Kuljetus*. <https://www.farmit.net/metsa/puukauppa/metsasta-kayttajalle/kuljetus>

Grönlund, Ö. & Iwarsson Wide, M. 2014. *Lastindikatorer och lastbärarvågar*. Arbetsrapport från Skogforsk nr. 824.

https://www.skogforsk.se/cd_20190114162035/contentassets/1a1e96c1054f4eaf9e415ad166ed7370/arbetsrapport-824-2014.pdf

Heikkilä, J., Lindblad, J., Hujo, S. & Verkasalo, E. 2004. *Pienten kuitupuuerien mittaus puutavara-auton kuormainvaa'alla*. Metsätieteen aikakauskirja 4/2004: 527–540

Heikurainen, M., Paavilainen, L., Rintala, P., Palokangas, J., Saarentaus, T., Immonen, K., Sirviö, J., Jaakkola, S., Palojärvi, K., Laiho, J. & Hongisto, T. (25.4.2019). *Vaakojen mittaustarkkuuden ylläpito puutavaranmittauksessa*.

https://iukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/543943/Suositus_Vaakojen%20mittaustarkkuuden%20yll%c3%a4pito%20puutavaranmittauksessa_25042019.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Intermercato. (n.d.-a). *Om oss*. <https://www.intermercato.com/om-oss/>

Intermercato. (n.d.-b). *Vågar*. <https://www.intermercato.com/products/vagar/>

John Deere Suomi. (3.5.2021). *Aluekouluttaja Timo Aikala: Vaaka esittely ja käyttöönotto* [video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=rJZFS-ilUcQ&t=307s>

Koistinen, A. 2016, *Puutavaranmittauslainsäädännön evaluointi*. Tapion raportteja nro 12. <https://tapio.fi/wp-content/uploads/2019/10/Puutavaranmittauslainsaadannon-evaluointi-raportti.pdf>

Komatsu. (n.d.). *Kuormainvaaka*.

http://shopv15.mediahandler.se/pdf/komatsu/kProtec_scale_ps_fi.pdf

Korri, J. 2014. *Puutavaran mittausta koskeva lainsäädäntö uudistui*. TTS.

<http://www.tts.fi/files/1383/meti773.pdf>

Laki puutavaran mittauksesta 414/2013.

<https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130414#Pidm45237815917824>

Luke. (n.d.). *Puutavaranmittaus*. <https://www.luke.fi/avoin-tieto/metsa/puutavaranmittaus/>

Lindblad, J & Repola, J. 2019. *Mänty- ja koivukuitupuun tuoretiheys paino-otantamittauksessa ja tuoretiheyden mallinnus varastointiajan perusteella*. Metsätieteen aikakauskirja. 5/2019. <https://metsatieteenaikakauskirja.fi/pdf/article10101.pdf>

Melkas, T. 2009. *Kuormainvaakamittaus uudistuu*. https://metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/Tuloskalvosarja_2009_11_Kuormainvaakamittaus_uudistuu_tm.pdf

Melkas, T. 2018. *Kuormainvaakamittaus*. <https://puuhuolto.fi/mittaus-ja-laatu/mittaus-maastossa/kuormainvaakamittaus/>

Melkas, T. 2020. *Mittaustilasto julkaistu – kuormainvaakamittaus korvannut kuitupuun tienvarsi- ja tehdasmittausta*. <https://www.metsateho.fi/mittaustilasto-julkaistu-kuormainvaakamittaus-korvannut-kuitupuun/>

Metsäalan ammattilehti. 2018. *ScaleLog- vaakauutus puutavaranosturikäyttöön*. <https://www.ammattilehti.fi/uutiset.html?141577>

Metsätrans. 2021. *Punnitustarkkuus ratkaisee vaakavalinnan*.

<https://metsatrans.com/artikkeli/1693/punnitustarkkuus-ratkaisee-vaakavalinnan>

Metsätyö Oy. (n.d.). *MPB- jarruriipukkeet*. <https://metsatyo.fi/tuote/mpb-jarruriipukkeet/>

Mittauslaitelaki 707/2011.

<https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110707?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=mittauslaitelaki>

Niinistö, T. 2020. *Kuormainvaakamittauksen punnitustarkkuus ja menetelmän kehittäminen ainespuun mittauksessa* [pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto].

<http://urn.fi/URN:NBN:fi:hulib-202006173104>

Ruotsalainen, T. (2018). *Kuormainvaakamittaus kuormatraktorissa: mittaustarkkuus ja siihen vaikuttavat tekijät* [pro gradu- tutkielma Itä-Suomen yliopisto]. <http://urn.fi/urn:nbn:fi:uef-20180284>

ScaleLog. (n.d-a). *Forest*. <http://scalelog.se/onewebmedia/Forest.pdf>

ScaleLog. (n.d-b). *Hem*. <https://www.scalelog.com/>

ScaleLog (n.d-c). *Om oss*. <https://www.scalelog.com/om-oss>

ScaleLog (n.d-d). *Produkter*. <https://www.scalelog.com/produkter>

Steelyard Peson. 2019. https://www.steelyard-peson.com/media/uploads/steelyard_peson_plaquette_en_2019_.pdf

Steelyard Peson. (n.d.). *The Firm*. <https://www.steelyard-peson.com/en/the-firm/>

Stora Enso. (n.d.). *Puukauppaopas*. <https://www.storaensometsa.fi/wp-content/uploads/puukauppaopas.pdf>

Tamtron. (2019). *One Timber- Puutavaranosturivaaka*. https://www.tamtrongroup.com/wp-content/uploads/2019/12/dn15689_1-fi_brochure-one-timber-scale_191127.pdf

Tamtron. (n.d.). *One Timber- Puutavaranosturivaaka*.

<https://www.tamtrongroup.com/fi/product/puutavaranosturivaaka-one-timber/>

Trimble. (n.d.). *WoodForce*. <https://www.woodforce.fi/>

Liite 1: Kyselylomake

Yleistä

1. Onko joillakin puutavara-auton tai metsätraktorin kuormaimilla rajoittavia tekijöitä vaa'an soveltuvuuden suhteen?
2. Milloin vaaka on tuotu markkinoille ja onko valmistajalta tulossa uusia malleja markkinoille, jos on niin milloin?
3. Missä hintaluokassa kuormainvaakalaitteisto on ja mitä se pitää sisällään?
4. Mitkä yritykset jälleenmyyvät kuormainvaakaa Suomessa?

Käyttö

1. Onko vaakalaitteistossa automatisoituja tai muuten työntekoa helpottavia ominaisuuksia?
2. Onko nostojen välissä vaaka nollattava erikseen vai onko se automatisoitu?
3. Onko vaakaa tarvetta kalibroida, jos on voiko käyttäjä tehdä kalibroinnin?
4. Millainen on akun kesto ja onko sääolosuhteilla vaikutusta sen pituuteen?
5. Onko vaaka yhteensopiva LogForce / WoodForce -ohjelmistopalveluun?

Tekniset tiedot

1. Mikä on vaa'an punnitusalue, vähimmäismassa punnittaessa ja punnituksen erottelukyky kilogrammoina?
2. Mikä on punnitustarkkuus prosentteina? Onko olemassa tekijöitä tai toimintatapoja, jotka mahdollisesti vääristävät mittaustulosta?
3. Mitä tekniikkaa vaaka käyttää mitatessa, venymäliuska vai hydraulinen paineanturi?
4. Kuinka tiedonsiirto vaa'alta näytölle ja siitä muihin järjestelmiin on toteutettu?
5. Onko riipukkeeseen integroitu jarrua vai onko se mahdollinen lisävaruste?
6. Paljonko vaakariipuke painaa?

Huolto ja ylläpito

1. Onko saatavilla vaa'an käyttöön liittyvää tukea.
2. Millaisia huoltotoimenpiteitä vaakalaitteisto vaatii ja voiko yrittäjä hoitaa sen itse?
3. Voiko yrittäjä asentaa vaakalaitteiston itse?

Liite 2: Kooste Suomen markkinoilla olevista kuormainvaoista

**Vertailu Suomen markkinoilla olevista kuormainvaoista
kuormatraktoreihin ja puutavara-autoihin.**

Santtu Vuoristo

2022

Taustatiedot

- Raportin tarkoituksena on selvittää valikoitujen kuormainvaakojen mittaustarkkuuksia, ominaisuuksia ja käytettävyyttä.
- Raportissa vertaillaan seuraavien vaakavalmistajien kuormainvaakoja:
 - Tamtron, Intermercato, Steelyard Peson, ScaleLog, Ponsse, Komatsu & John Deere (Tamtron).
- Aineistoa kerättiin tietokannoista, ammattialan julkaisuista ja kuormainvaakavalmistajien julkaisemista lähteistä sekä toteuttamalla kysely kuormainvaaka valmistajille, maahantuojille tai jälleenmyyjille.
 - Vastausten pohjalta käytiin vielä tarvittaessa tarkentavia keskusteluja puhelimitse ja sähköpostitse.
- Kyselyn avulla kartoitettiin seuraavia aihealueita:
 - Suomen markkinoilla saatavilla olevat kuormainvaat.
 - Kuormainvaakojen mittaustarkkuuksia, ominaisuuksia ja käytettävyyttä.
 - Minkälaisia kuormainvaakoja on saatavilla puutavara-autoihin ja metsätraktoreihin.

TAMTRON

Tamtron

One Timber SG / One Timber C (puutavara-autojen kuormainvaakoja) One Bioforest SG / One Bioforest C (kuormatraktorin kuormainvaakoja)

SG-mallit on tuotu markkinoille 2020, C-mallit ovat kuuluneet valmistajan tuotantoon pitkään.

Soveltuvuus:

- Soveltuvat valtaosaan puutavara-autoista ja kuormatraktoreista.
- Rajoittavia tekijöitä voi olla liian pieni kuormain tai rotaattorin mallin sopimattomuus kuormainvaakaan.

Valmistajan ilmoittama punnitustarkkuus:

- Punnitustarkkuus vähintään $\pm 2\%$. SG-malleissa tarkempi, joissa on päästy alle 1% tarkkuuteen.

Valmistajan ilmoittama punnitusalue, vähimmäismassa punnittaessa ja punnituksen erottelukyky:

- Punnituksen vähimmäismassa tehdasarvona 100 kg, mikä on säädettävissä.
- Punnituksen ylärajaa ei ole määritetty parametreillä, mittausanturin suurin kuorma SG-malleissa on 10 t ja C-malleissa 3 t.
- Erottelukyky 1kg.

Mittaustekniikka:

- SG-malleissa venymäliuska.
- C-malleissa hydraulinen paineanturi.



SG-malli vaaka ja näyttö



C- malli vaaka ja näyttö

Tiedonsiirto:

- SG-mallissa langaton tiedonsiirto vaa'alta näyttöpäätteelle, C-mallissa ei ole langatonta tiedonsiirto ominaisuutta.
- Punnitustiedot vaaka lähettää Tamtronin One Cloud -pilvipalveluun näyttöpäätteessä sijaitsevan SIM-kortin avulla, yhteensopiva myös LogForce- tai WoodForce-ohjelmistopalveluiden kanssa.

Ominaisuudet:

- Tamtronin SG- ja C-mallin kuormainvaat ovat toiminnallisilta ominaisuuksiltaan vastaavanlaisia vaikka perustuvat erilaisiin mitaustekniikoihin.
- Akku: SG-mallin vaakariipuke sisältää akun joka kestää täydellä latauksella vaa'an käyttömäärästä ja ulkolämpötilasta riippuen 4–8 viikkoa.
- Vaakariipuke painaa noin 20 kg.

Hinta:

- SG-mallit maksavat noin 7000 – 7500€. Hinta määräytyy vaakariipukkeen koon ja kuormaimen mitoitusten mukaan. Hinta sisältää näytön ja siihen tarvittavat johdot, langattoman venymäliuskaripukkeen, tiedonsiirtoon lähettimen sekä vastaanottimen ja lisäksi kaksi akkua laturilla varustettuna.
- C-mallit maksavat noin 5000 – 6000€. Hinta sisältää hydrauliriipukkeen, näytön, ulkoisen summerin ja tarvittavat asennus- sekä johtosarjat.

Jälleenmyyjä:

- Saatavilla useiden eri jälleenmyyjien toimesta.

Kuvat (Tamtron, n.d.)

Intermercato



Compact FM 5 ja -FM 7

Soveltuvuus:

- Puutavara-autojen ja kuormatraktoreiden käyttöön.

Valmistajan ilmoittama punnitustarkkuus:

- $\leq 1\%$ täydestä puutavara-auton kuormasta.

Valmistajan ilmoittama punnitusalue, vähimmäismassa punnittaessa ja punnituksen erottelukyky:

- Pienin punnittava massa 50 kg.
- Suurin punnittava massa:
 - 5000 kg (Compact FM 5 ja – FR)
 - 7000 kg (Compact FM7 ja BS 70).
- Erottelukyky on valittavissa 1 kg, 5 kg, 10 kg jne.
 - Oletusarvona 5 kg



BS 70



Compact FR

Mittaustekniikka:

- Intermercato käyttää venymäliuskaa mittaustekniikkana vaaissaan.

INTERMERCATO
HIGH PERFORMANCE LIFT & LOAD ATTACHMENTS

Tiedonsiirto:

- Vaa'an ja sisäyksikön välillä langaton radioyhteys.
- Punnitustiedot tulevat Android-älypuhelimien tai -tabletin sovellukseen, josta punnitustiedot voi lähettää suoraan sähköpostiin, XML- ja PDF-tiedostona. Lisäksi punnitustiedot on mahdollista myös tulostaa bluetooth- tulostimella. Android-sovellus on myös Suomen kielisenä.
- Intermercaton vaa'at eivät ole suoraan yhteydessä LogForce- tai WoodForce-ohjelmistopalveluun, mutta yhteensopivuus on mahdollista saada kyseisiin ohjelmistoihin.

Ominaisuudet:

- Akunkesto:
 - Noin 700 käyttötuntia (Compact FM 5 ja –FM 7)
 - Noin 1200 käyttötuntia (Compact FR 5 ja BS 70).
- Vaaka painaa noin 65 kg.

Jälleenmyyjä:

- Konevel Oy myy Intermercaton kuormainvaakoja mallista riippuen 7500 – 8000 € hintaan.

Kuvat (Intermercato, n.d.)

Steelyard Peson

Vuonna 2011 perustettu Ranskalainen kuormainvaakoja valmistava yritys.

Soveltuvuus:

- Soveltuu kaikkiin puutavara-autojen ja kuormatraktoreiden kuormaimiin.

Valmistajan ilmoittama punnitustarkkuus:

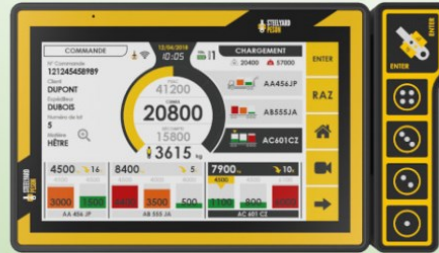
- Punnitustarkkuus on $\pm 1 \%$.

Valmistajan ilmoittama punnitusalue, vähimmäismassa punnittaessa ja punnituksen erottelukyky:

- Pienin punnittava massa on 10 kg ja vaa'an maksimi kuorma on 4000 kg.

Mittaustekniikka:

- Ei tiedossa.



Tiedonsiirto:

- Vaa'an ja näytön välillä langaton yhteys.
- Punnitustiedot voi tulostaa, siirtää USB-tikulla tietokoneelle tai lukea älypuhelimella vaa'an näytöltä punnitustiedot sisältävän QR-koodin, jonka voi lähettää suoraan puhelimelta sähköpostiin. Punnitustiedot ovat CSV- ja XML -tiedostoina.

Ominaisuudet:

- Kosketusnäyttö (saatavilla, myös Suomen kielellä).
- Kolme käyttömoodia; automaattinen, puoliautomaattinen ja manuaalinen.
- Akun kesto 2-4 kk.
- Vaaka painaa noin 65 kg.

Jälleenmyyjä:

- Joensuun Autohajottamo Närhi Oy toimii Suomessa Steelyard Peson kuormainvaa'an maahantuojana ja jälleenmyyjänä. Yritys toi kuormainvaa'an Suomen markkinoille vuonna 2019.

Kuvat (Steelyard Peson, n.d.)



ScaleLog

(Maahantuonti lopetettu)

Ruotsalaisvalmisteinen kuormainvaaka otettu testikäyttöön noin vuonna 2015 ja Suomeen maahantuontia oli vuosina 2018–2020.

Soveltuvuus:

- Puutavara-autot.

Punnitusalue:

- 0 – 3000 kg.

Punnitustarkkuus:

- Noin ± 1 %.

Mittaustekniikka:

- Sisäänrakennettu hydraulinen paineanturi.



Tiedonsiirto:

- Langaton yhteys vaa'an ja näytön välillä.
- Vaa'assa on valmius langattomaan tiedonsiirtoon tietokoneelle, mutta käytössä on manuaalinen tiedonsiirto, joka toteutuu kuljettajan muistiinpanoilla siirrettävinä punnitustietoina.

Ominaisuudet:

- Automaattinen tai manuaalinen punnitus.
- Seitsemän varastopaikkaa oletuksena, tarvittaessa niitä voi lisätä.
- Pyritty tekemään käyttäminen yksinkertaiseksi.
- Akunkesto useita vuosia.
- Painaa noin 28 kg.

Ponsse

Load Optimizer

Ponssen omavalmisteinen kuormainvaaka, ollut markkinoilla vuodesta 2008 lähtien.

Soveltuvuus:

- Myydään vain kuormatraktoreihin.

Valmistajan ilmoittama punnitustarkkuus

- Täyttää mittauslain vaatimat rajat.

Valmistajan ilmoittama punnitusalue, vähimmäismassa punnittaessa ja punnituksen erottelukyky:

- Vähimmäismassa punnittaessa on 50 kg ja suurin 2000 kg.
- Erottelukyky 2 kg tarkkuudella.

Mittaustekniikka:

- Venymäliuska.



Tiedonsiirto:

- Vaakariipukkeen ja Ponssen Opti järjestelmän välillä langallinen yhteys CAN-väylällä toteutettuna.
- Yhteensopiva yrityskohtaisiin järjestelmiin, kuten WoodForce-ohjelmistoon.

Ominaisuudet:

- Automatisoitu kuormainvaaka, jossa on erilliset kuormaus- ja purkumoodit.
- Staattiseen punnitukseen perustuva kalibrointi.
- Vaakariipuke painaa noin 20 kg.

Hinta:

- Uuteen koneeseen lisävarusteena noin 6400 € asennettuna.

Asennus ja huolto:

- Asennus uusiin kuormatraktoreihin Ponssen tehtaalla ja käytettyjen kuormatraktoreiden kuormainvaaka asennuksen tekee Ponssen huoltoverkosto.
- Huollot tehdään myös Ponssen huoltoverkoston toimesta.

Jälleenmyyjä:

- Ponssen aluemyyntipäälliköt.

Kuvat (Ponsse, n.d.)

Komatsu

ProTec

Soveltuvuus:

- Kaikkiin Komatsun uusiin kuormatraktoreihin.

Valmistajan ilmoittama punnitustarkkuus

- Punnitustarkkuus on ± 1 %.

Valmistajan ilmoittama punnitusalue, vähimmäismassa punnittaessa ja punnituksen erottelukyky:

- Punnitusalue 20 – 1500 kg.
- Vähimmäismassa 20 kg.
- Erottelukyky 1 kg .

Mittaustekniikka:

- Venymäliuska.



KOMATSU

Tiedonsiirto:

- Langaton radioyhteys vaakariipukkeelta lukulaitteelle ohjaamoon josta punnitustieto siirtyy PC:lle.
- Yhteensopiva WoodForce -ohjelmistopalvelun kanssa.

Ominaisuudet:

- ProTec on jarrullinen vaakariipuke, joka hillitsee taakan heiluntaa.
- Painoa ProTec vaakariipukkeella on noin 30 – 40 kg.
- Suojattu letkunveto, letkut kulkevat sisäisesti myös vaakariipukkeen kohdalla.

Hinta:

- Uusiin kuormatraktoreihin lisävarusteena noin 7000 € riippuen kuormaimesta.
- Vaaka on saatavilla myös varaosina, mutta hinnoittelu tehdään olemassa olevan kuormatraktorin ominaisuuksien perusteella ja hinta on tällöin korkeampi.

Jälleenmyyjä:

- Komatsu Forest Oy.

Kuvat (Komatsu, n.d.)

John Deere

Tamtronin valmistama kuormainvaaka



Soveltuvuus:

- Soveltuu kaikkiin John Deeren kuormaimiin.

Valmistajan ilmoittama punnitustarkkuus:

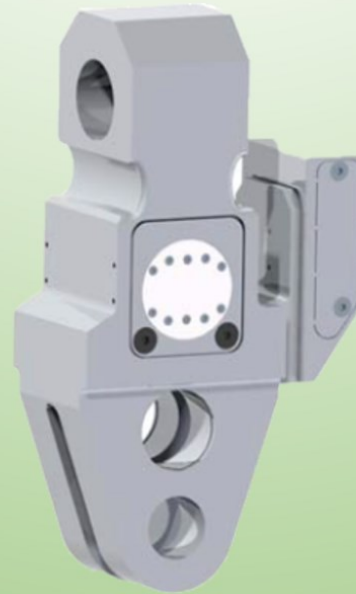
- Punnitustarkkuus $\pm 2\%$ ulkolämpötilan ollessa -30°C ja $+40^{\circ}\text{C}$ välillä.

Valmistajan ilmoittama punnitusalue, vähimmäismassa punnittaessa ja punnituksen erottelukyky

- Normaali punnitusalue 100 – 1500 kg.
- Punnittava vähimmäismassa on 50 kg.
- Punnitun taakan erottelukyky on 1-2 kg.

Mittaustekniikka:

- Venymäliuska.



Tiedonsiirto:

- Langaton Bluetooth-yhteys vaa'an ja modeemin välillä, mistä punnitustieto siirtyy automaattisesti kuormatraktorin ohjausjärjestelmään.
- Yhteensopiva WoodForce -ohjelmistopalvelun kanssa.

Ominaisuudet:

- Vaakariipukkeen akku kestää täyteen ladattuna noin viikon, pakkasella on heikentävä vaikutus.
- Vaihtoakku kuuluu toimitukseen.

Jälleenmyyjä:

- John Deere Forestry Oy

Valmistaja	Tamtron		Intermercato				Steelyard Peson	ScaleLog Maahantuonti lopetettu	Ponsse	Komatsu	John Deere (Tamtron)
Malli	SG	C	FM 5	FM 7	FR	BS 70		Load Optimizer	ProTec		
Punnitustarkkuus	± 1 %	≤ ± 2 %	≤ ± 1 %	≤ ± 1 %	≤ ± 1 %	≤ ± 1 %	± 1 %	n. ± 1 %	Täyttää vaatimukset	± 1 %	± 2 %
Punnitus Min/Max	100 kg – 10t	100 kg – 3 t	50 kg – 5 t	50 kg – 7 t	50 kg – 5 t	50 kg – 7 t	10 kg – 4 t	0 kg – 3 t	50 kg – 2 t	20 – 1500 kg	50 – 1500 kg
Erottelukyky	1 kg	1 kg	1, 5, 10 kg (valittavissa)	1, 5, 10 kg (valittavissa)	1, 5, 10 kg (valittavissa)	1, 5, 10 kg (valittavissa)			2 kg	1 kg	1 – 2 kg
Mittaustekniikka	Venymäliuska	Hydraulinen paineanturi	Venymäliuska	Venymäliuska	Venymäliuska	Venymäliuska	Ei tiedossa	Hydraulinen paineanturi	Venymäliuska	Venymäliuska	Venymäliuska
Langaton yhteys	Kyllä	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei	Kyllä	Kyllä
Akun kesto	1 – 2 kk	Ei akkua	n. 700 käyttötuntia	n. 700 käyttötuntia	n. 1200 käyttötuntia	n. 1200 käyttötuntia	2 – 4 kk	n. 1 vuosi	Ei akkua	2 – 4 vk	Noin 1 vk
Soveltuvuus: P=Puutavara-autot K=kuormatraktorit	P / K	P / K	P / K	P / K	P / K	P / K	P / K	P	K	K	K
Suomen markkinoilla	2020		2019 / 2020	2019 / 2020	2019 / 2020	2014	2019	2018 – 2020	2008	2015	
Paino	n. 20 kg	n. 20 kg	n. 65 kg	n. 65 kg	n. 65 kg	n. 65 kg	n. 65 kg	n. 28kg	n. 20 kg	n. 30 – 40 kg	
Yhteensopiva LogForcen tai Woodforce kanssa	Kyllä	Kyllä	Ei suoraan, on muokattavissa.	Ei suoraan, on muokattavissa.	Ei suoraan, on muokattavissa.	Ei suoraan, on muokattavissa.	Ei suoraan, on muokattavissa.	Ei	Kyllä	Kyllä	kyllä

Lähteet

- Intermercato. (n.d.-a). *Om oss*. Haettu 21.11.2021 osoitteesta <https://www.intermercato.com/om-oss/>
- Intermercato. (n.d.-b). *Vågar*. Haettu 21.11.2021 osoitteesta <https://www.intermercato.com/products/vagar/>
- Intermercato. (n.d.-b). *Vågar* [kuva]. <https://www.intermercato.com/products/vagar/>
- John Deere Suomi. (3.5.2021). *Aluekouluttaja Timo Aikala: Vaaka esittely ja käyttöönotto* [video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=rJZFS-ilUcQ&t=307s>
- Komatsu. (n.d.). *Kuormainvaaka*. Haettu 5.11.2021 osoitteesta http://shopv15.mediahandler.se/pdf/komatsu/kProtec_scale_ps_fi.pdf
- Komatsu. (n.d.). *Kuormainvaaka* [kuva]. http://shopv15.mediahandler.se/pdf/komatsu/kProtec_scale_ps_fi.pdf
- ScaleLog. (n.d-a). *Forest*. Haettu 6.12.2021 osoitteesta <http://scalelog.se/onewebmedia/Forest.pdf>
- ScaleLog. (n.d-a). *Forest* [kuva]. <http://scalelog.se/onewebmedia/Forest.pdf>
- ScaleLog. (n.d-b). *Hem*. Haettu 6.12.2021 osoitteesta <https://www.scalelog.com/>
- ScaleLog. (n.d-b). *Hem* [kuva]. <https://www.scalelog.com/>
- ScaleLog (n.d-c). *Om oss*. Haettu 6.12.2021 osoitteesta <https://www.scalelog.com/om-oss>
- ScaleLog (n.d-d). *Produkter*. Haettu 6.12.2021 osoitteesta <https://www.scalelog.com/produkter>
- Steelyard Peson. 2019. Haettu 1.11.2021 osoitteesta https://www.steelyard-peson.com/media/uploads/steelyard_peson_plaquette_en_2019_.pdf
- Steelyard Peson. (n.d.). *The Firm*. Haettu 1.11.2021 osoitteesta <https://www.steelyard-peson.com/en/the-firm/>
- Steelyard Peson. (n.d.). *4 Tons SCALE*. [kuva] <https://www.steelyard-peson.com/en/products/4-tons-scale/>
- Tamtron.(n.d.). *One Timber- Puutavaranosturivaaka* [kuva]. <https://www.tamtrongroup.com/fi/product/puutavaranosturivaaka-one-timber/>
- Tamtron. (2019). *One Timber- Puutavaranosturivaaka*. Haettu 28.10.2021 osoitteesta https://www.tamtrongroup.com/wp-content/uploads/2019/12/dn15689_1-fi_brochure-one-timber-scale_191127.pdf
- Tamtron. (n.d.). *One Timber- Puutavaranosturivaaka*. Haettu 28.10.2021 osoitteesta <https://www.tamtrongroup.com/fi/product/puutavaranosturivaaka-one-timber/>