Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 770–2012

Utvärdering av kranhängda vågsystem

Evaluation of crane-mounted weighing systems

Maria Iwarsson-Wide & Petrus Jönsson

SKOGFORSK

Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 770–2012

I Arbetsrapporter redovisar Skogforsk resultat och slutsatser från aktuella projekt. Här hittar du bakgrundsmaterial, preliminära resultat, slutsatser och färdiga analyser från vår forskning.

Titel:
Utvärdering av kranhängda vågsystem.
Evaluation of crane-mounted weighing systems.

Bildtext:
Kontrollvägning av virke med John Deeres skotare med kranhängd våg under studien. Foto: Mia Iwarsson Wide.

Ämnesord:
Kranhängda vågssystem, kranvågar, hydrauliska vågar, trådtöjningsgivare, vägning och mätning av biobränslen.
Crane-mounted weighing systems, crane scales, hyydralic scales, strain gauges, weighing and measuring of biofuels.

Redigering och formgivning:
Ingegerd Hallberg

© Skogforsk 2012
ISSN 1404-305X

SKOGFORSK

Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala
Tel: 018-18 85 00 Fax: 018-18 86 00
skogforsk@skogforsk.se
skogforsk.se

Maria Iwarsson-Wide, jägmästare med kandidatexamen i biologi. Anställd inom skogsbränsleprogrammet på Skogforsk sedan 2007. Arbetar huvudsakligen med teknik- och metoder för uttag av skogsbränsle från klena bestånd, avverkning i gallring- och teknik för vägning.

Petrus Jönsson, fil.mag. har tidigare arbetat som skogsmaskinförare i familjens egna företag. Anställd vid Skogforsk 2006 och arbetar i programmen Teknik, Virke och Logistik. Främsta arbetsuppgifter är granskning/utvärdering av tekniska komponenter, virkesskador och helkroppsvibrationer.

Abstract

The ability to weigh various timber products to determine volume and dry content, and also to calculate the energy content of the harvest, is becoming an important issue in the management and sale of forest fuels. An accurate weighing system would allow the machine operator to be compensated for the logging work and the forest owner for the wood product and forest fuel.

In weighing of forest fuel during harvest and forwarding, crane scales and weighing devices in the load carrier of the forwarder are the most interesting options. Currently, there are two predominant technical solutions for weighing using crane-mounted scales – hydraulic scales and strain gauges.

For use in practical operation, a crane scale should be able to weigh loads dynamically and automatically, i.e. during movement and without the operator needing to actively record the measurement. If not, weighing will have too great an impact on productivity in forwarding. Measurement precision at load level is the most interesting in practical terms.

Weighing systems with hydraulic weighing links had greater spread and standard deviation. These systems were also more sensitive when the weighing link was subjected to powerful rotation and unbalanced loading.

Förord

Studien har finansierats av programmet ”Effektivare skogsbränslesystem – program 2011–2014”, vilket ingår i Energimyndighetens temaprogram ”Uthållig tillförsel och förädling av biobränsle”. ”Effektivare skogsbränslesystem” finansieras av Energimyndigheten, skogsbruket, bränsleanvändarna och Skogforsk.

Uppsala 2012-11-01

Mia Iwarsson Wide och Petrus Jönsson

Innehåll

Förord 1
Summary 3
Sammanfattning 4
Bakgrund 4
Mål och syfte 5
Introduktion 5
Vågsystem för kranhängda vågar 5
Hydrauliska vågsystem 6
Trådtöjningsgivare 6
Beskrivning av studerade vågsystem 6
Material och metoder 9
Kranvågar 9
Tid och väder 9
Vikter och sortiment 9
Genomförande 10
Delstudie 1. Kontrollvägning i simulerad laströrelse med känd vikt 11
Delstudie 2. Kontrollvägning vid av- och pålastning av sortiment 11
Delstudie 3. Kontrollvägning vid av- och pålastningsrörelse med full grip 12
Studier av användarvänlighet 12
Mätosäkerhet 12
Resultat 13
Kontrollvägning med kända vikter 13
Kontrollvägning med invägt skotarlass 16
Teknisk specifikation och användarvänlighet 17
Diskussion 20
Kalibrering och kontrollvägning 21
Referenser 21
Muntliga källor 21

Bilaga 1 Tio vägningstips för bra precision – Load Master 23
Bilaga 2 Ten tips to enable good weighing accuracy – John Deere 25

Summary

The ability to weigh various timber products to determine volume and dry content is becoming an important issue, not least in view of the new Swedish Timber Measurement Act (Bäcke et al., 2010). Forwarding offers a possible point of measurement.

Currently, there are two predominant technical solutions for weighing timber with crane-mounted scales – hydraulic scales and strain gauges. In this study, five different weighing systems were tested for measurement precision and ease of use – three with hydraulic weighing links and two with strain gauges in the weighing link. Two types of control weighing were used: 1) weighing in a simulated load movement with known weight, and 2) weighing during unloading and loading of a pulp wood product. Known Class M1 weights were used, measured and checked by SP Technical Research Institute of Sweden.

For use in practical operation, a crane scale should be able to weigh loads dynamically and automatically, i.e. during movement and without the operator needing to actively record the measurement (OIML R51-2:2006 E). If not, weighing will have too great an impact on productivity in forwarding. Measurement precision at load level is the most interesting in practical terms. It is very important to design a control and calibration procedure that simulates the movement of the load, and that does not just check a known weight in a static position. The crane operation movement is very important.

Weighing systems with hydraulic weighing links had greater spread and standard deviation. These systems were also more sensitive when the weighing link was subjected to powerful rotation and unbalanced loading. The hydraulic scales showed good measurement results in terms of mean deviation, which suggests that their calibration and calculation functions compensated for any large spread in the individual weight recordings.

The weighing systems with strain gauges demonstrated a lower standard deviation when weighing with full load in the grapple. See Table 4 (Appendix 3). This demonstrates a smaller spread in the weight recordings per crane cycle, which in itself indicates a more stable weighing system.

Sammanfattning

Möjligheten att kunna väga olika virkessortiment för att i kombination med torrhalten i materialet, kunna bestämma volymen är en alltmer aktuell fråga, inte minst mot bakgrund av den nya virkesmätningslagen (Bäcke m.fl., 2010). Vid skotning erbjuds en möjlig mätpunkt.

I dag finns två dominerande tekniska lösningar för vägning med kranhängda vågar, hydrauliska eller trådtöjningsgivare. I studien har fem olika vågsystem studerats, tre med hydrauliska våglänkar och två med trådtöjningsgivare i våglänken med avseende på mätnoggrannhet och användarvänlighet. Kontrollvägningarna vid studierna delades upp i, 1) kontrollvägning i simulerad laströrelse med känd vikt, 2) kontrollvägning vid av- och pålastning med massavedssortiment. I studierna användes kända vikter av klass M1, mätta och kontrollerade av Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (SP).

Vid användning i praktisk drift bör en kranvåg kunna väga dynamiskt och automatiskt, d.v.s. under rörelse och utan att föraren aktivt måste markera mättillfället, (OIML R51-2:2006 E). I annat fall kommer prestationen vid skotning att påverkas i alltför hög grad. Mätnoggrannheten på lastnivå är det intressantaste vid praktisk användning. Det är av stor betydelse att få till ett kontroll- och kalibreringsförfarande som simulerar lastningsrörelse, och inte enbart väga mot känd vikt i ett statiskt läge. Förarens krankörningsrörelse har stor betydelse.

Vågsystemen med hydrauliska våglänkar hade överlag större spridning och standardavvikelse. De tenderade även att påverkas mer då våglänken utsattes för kraftig rotation respektive sned belastning. Sett till medelavvikelsen hade de hydrauliska vågarna goda mätresultat, vilket tyder på att deras kalibrerings- och beräkningsfunktioner väl kompenserar för eventuella större spridningar i de enskilda viktregistreringarna.

Vågsystemen med trådtöjningsgivare uppvisar en lägre standardavvikelse vid vägning med full last i gripen, Tabell 4. Detta visar på en mindre spridning av viktregistreringen per krancykel, vilket i sig indikerar ett stabilare vågsystem.

Bakgrund

I och med den pågående omarbetningen av virkesmätningslagen kommer vägning av olika skogsbränslesortiment att bli alltmer aktuellt (Bäcke m.fl., 2010). För att ersätta entreprenörer och skogsägare finns det kanske möjlighet till att väga skogsbränslesortimenten redan vid skotningen.

All hantering av grot och träddelar ger förändring av biomassa/vikt. Därför är valet av mätningspunkt av stor betydelse. Bästa tillfälle för vägning med kranhängd våg bedöms vara vid avlastning, då det påverkar produktionen mindre, ger mer kranrörelse samt mer likformig laststorlek i gripen.

Då viktuppgifter kompletteras med torrhaltsmätningar kan man beräkna energiinnehållet i uttaget och därefter ersätta maskinförare och skogsägare för drivningsarbetet respektive materialet. Vid vägning av skogsbränsle i samband med avverkning och skotning är kranvågar och vågar i lastbäraren på skotaren de intressantaste alternativen.

I dagsläget (2010) mäts drygt hälften av den grot och de träddelar som levereras till kund med hjälp av volymsmätningar, vanligen partsmätning. Endast ca 5 procent mäts via vikt. Cirka 15 procent levereras via terminal (Hedman, 2012). Vad gäller rundved passerar närmare 60 procent via terminal, 65 procent är partsmätta som regel via volymsuppgift.

Det finns i dag två dominerande typer av tekniska lösningar för vägning på skotare. Lastbärarvåg/ramvåg som mäter belastning på ram/stöttor, hydrauliskt eller med trådtöjningsteknik, samt kranspetsvåg som mäter belastning i kranspetsen/gripen. I Finland finns ca 1 700 skotare, varav ca 700 med kranvåg monterad och här pågår försök och utvärderingar sedan 2009. I Finland har man en ”Handbok för mätning av energived” (Lindblad m.fl., 2011) som beskriver mätning av olika energisortiment, bl.a. via vägning.

Även lastbilar är betjänta av noggranna kranvågar. Med dagens relativt osäkra kranvågar tvingas åkarna ibland att köra med underlast för att inte riskera att överskrida den maximalt tillåtna bruttovikten på 60 ton (Löfroth & Nordén, 2003). Detta kan leda till att fordonens lastförmåga inte utnyttjas fullt ut, alternativt att de kör med olaglig överlast.

Mål och syfte

- Kartlägga vilka kranhängda vågutrustningar som finns tillgängliga på marknaden och beskriva dessa.
- Undersöka mätnoggrannheten och användarvänligheten i olika typer av kranhängda vågutrustningar.
- Kartlägga och påpeka brister och möjliga utvecklingsmöjligheter.

Introduktion

VÅGSYSTEM FÖR KRANHÄNGDA VÅGAR

Kranspetsvågar väger och registrerar vikt vid lossning i skotning alternativt vid lastning av timmerbilar. De finns som tillval hos flera skotartillverkare, men kan även köpas in separat för eftermontering. Vågsystemet består av hårdvara i form av en s.k. våglänk som monteras mellan kranspets och rotator, samt tillhörande programvara.

Vid vägning med kranhängda vågar påverkas gripvikten av de lyftkrafter som uppstår när kranen höjs och sänks. Det är därför viktigt att föraren anpassar sin krankörning efter detta, så att kranen är i ett högt läge utan uppåt/nedåtrörelse när gripen ska föras över lastutrymmesgränsen. Om kranen rör sig uppåt vid lyft kan vågen visa för hög vikt, om kranen sänks kan den visa för låg vikt. Vissa av systemen tar automatiskt mätvärdena där de är säkrast och har dessutom indikering för föraren om mätvärdet anses osäkert.

Det finns i dag två huvudsakliga tekniker för vägning med kranhängda vågar, trådtöjningsgivare respektive hydrauliska våglänkar.

Hydrauliska vågsystem

Från våglänken skapas ett hydraultryck i ett slutet system då lasten lyfts. Via en hydraulslang överförs trycket till en tryckgivare där trycket mäts. Tryckgivaren omvandlar hydraultrycket till signalström beroende på vikt. Signalströmmens styrka kan därmed omvandlas till en viktuppgift som visas i mätinstrumentets display.

Trådtöjningsgivare

Våglänkarna bygger på traditionell trådtöjningsgivarteknik. Töjningsgivaren är en elektrisk ledare med elektrisk resistans (motstånd). När givaren-tråden, utsätts för en förlängning eller förkortning ändras resistansen i den. Genom att mäta resistansförändringen kan vi få en uppfattning om hur mycket och åt vilket håll materialet töjs. En strömsignal från lastcellen översätts och tolkas av en speciell mätenhet ute i våglänken och översätts till en vikt. Förlängning ger ökad resistans och vice versa.

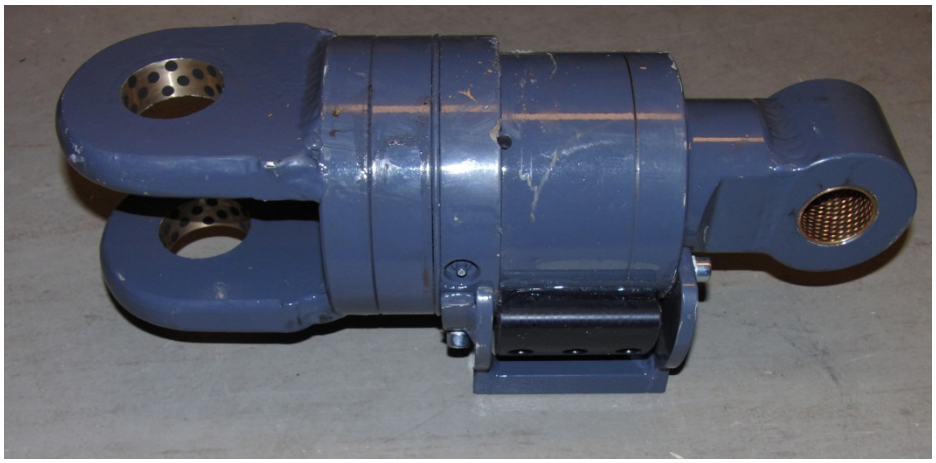
Beskrivning av studerade vågsystem

Intermercato XW 70BS

Intermercato XW 70BS är en kranvåg som medger såväl statisk som automatisk-dynamisk vägning av hängande last, d.v.s. våglänken kan väga last i rörelse. Vågen är tillverkad av Intermercato samt typprovad av SP och är kröningsbar, vilket innebär att viktuppgifterna från vågen kan vara betalningsgrundande. I dagsläget ställs inte krav på detta inom skogsbranschen, men det kan komma att ändras då VML förändras.

Vägningen sker genom att lastcellen känner av belastningen, som registreras i fler givare. Mätenheten överför sedan mätdata via radio 868 MHz till kranhytten. Vägningen kan ske under rörelse, vilket kräver att våglänken kan kompensera för kranens rörelser under lastning/lossning. Denna kompensering görs i en speciell beräkningsmodell och med hjälp av mätningar i en accelerometer för att kompensera för accelerationen.

Lastcellen är temperaturkompenserad, vilket innebär att den omgivande temperaturen inte påverkar mätresultaten. Monitorn i kranhytten kan vara en handdator, fordonsdator eller befintlig Windows PC. Mätningarna lagras så att föraren kan avläsa lasten i varje trave och totallasten.



Figur 1.
Intermercatos våglänk.

John Deere

TimberMatic F-09 är John Deeres mät- och styrsystem för E-seriens skotare. Våglänken har en trådtöjningsgivare och viktregistreringen sker med hjälp av en positionsgivare, då kranen med lass går över stakarna på lastutrymmet. Mätenheten skickar mätdata via Bluetooth direkt till skotarens dator. Kranspetsvågen väger både vid på- och avlastning. Lastcellen är temperaturkompenserad, vilket innebär att den omgivande temperaturen inte påverkar mätresultaten.

Figur 2.
Studier av John Deeres kranvåg.

Lastvågens mätsystem är integrerat tillsammans med skotarens styrsystem. Mät- och styrsystem har funktionsknappar för ofta använda funktioner och det är enkelt att göra förarspecifika inställningar via interaktiva menyer. Det finns även en digital manual inlagd i maskinens dator.

Komatsu

Komatsu har en hydraulisk våglänk som sänder viktdata trådlöst via Bluetooth till hytten och presenteras integrerat i styrsystemet. Kranspetsvågen väger både vid på- och avlastning, men vikten registreras endast vid avlastning då det ger det bästa mätresultatet. Systemet känner av kranens position och avgör om det är fråga om på- eller avlastning av virke samt när bästa mätposition uppnås. Under lastcykeln när kranen förs över bankarna analyserar systemet automatiskt mätvärden och tar fram den mest representativa lasten. Väldigt ojämna mätvärden genererar larm till föraren.

Alltför snabba kranrörelser kan försena arbetet, då systemet kan uppfatta vikten i gripen som instabil och då avvaktar i väntan på ett stabilt värde. När vikten är stabil och gripen horisontellt förs över lastutrymmesgränsen låser systemet den aktuella viktangivelsen. Efter detta kan inte några kranrörelser påverka vikten.

Figur 3.
Information i Komatsus skotardator vid vägning. Aktuell vikt i gripen anges i fältet högst upp till höger.

Indexator

Våglänken arbetar hydrauliskt. Informationen överförs till maskinens våginstrument. Indexators våglänkar kan fås med eller utan svängdämpare. Man levererar i dagsläget inte kompletta vågsystem, utan samarbetar med tillverkare av kompletta vågsystem och tillverkare av hela maskiner, som integrerar våglänkarna i sina respektive elektronik- och mjukvarusystem.

Indexators våglänk kan användas med Load Masters våginstrument, och det var så det studerades i denna studie. Indexator levererar även våglänkar till Komatsus vågsystem.

Loadmaster

LM Forest Forwarder är ett hydrauliskt våginstrument för vägning med skotare. Instrumentet har en speciell utvecklad programvara med utskriftsmöjligheter för kvitton, såsom papperskvitton och elektroniska kvitton från ett USB-minne. Redovisning är även möjligt via PRL-filer och excelfiler. Kranspetsvågen kan mäta manuellt eller automatiskt. Enligt tillverkaren väljer de flesta förare att ha vågen inställd på manuell vägning, då man själv anger vägningstillfället via ett tryck på en fotpedal.

En färgstapel på handdatorn visar att man kör kranen rätt för optimal vägning, och det finns möjlighet till enkel felsökning via inbyggt diagnossystem.

Material och metoder

KRANVÅGAR

Ovan beskrivna kranvågar studerades vid fem separata studietillfällen i syfte att undersöka mätnoggrannhet och användarvänlighet i de olika vågsystemen. En kranvåg bör kunna väga såväl statiskt som dynamiskt och automatiskt, d.v.s. under rörelse och utan att föraren aktivt måste markera mättillfället, (OIML R51-2:2006 E).

I studien ingick inte Ponsses våg, Ponsse Loadoptimizer. Tillverkaren håller på med en uppdatering och vidareutveckling under våren 2012 och avböjde därför att delta i studien.

TID OCH VÄDER

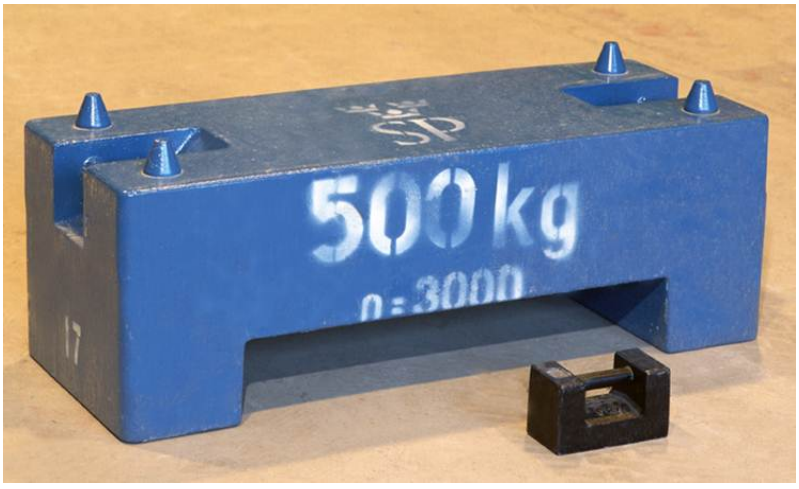
Studierna genomfördes under november 2011 till januari 2012. Samtliga vågsystem, utom Komatsus, studerades vid Jälla Skogsbruksskola utanför Uppsala. Komatsuvågen studerades i trakten av Tvärålund utanför Umeå. Temperaturen vid studierna varierade från +2 till –5 grader.

Förare vid studierna var Petrus Jönsson, Skogforsk, förutom vid studien av Indexatorvågen då Anders Mörk, Skogforsk, var förare. Både Petrus och Anders har tidigare arbetat som skotarförare. Anders arbetar i dag som instruktör. Båda bedöms som vana skotarförare.

VIKTER OCH SORTIMENT

Invägning av studiematerial

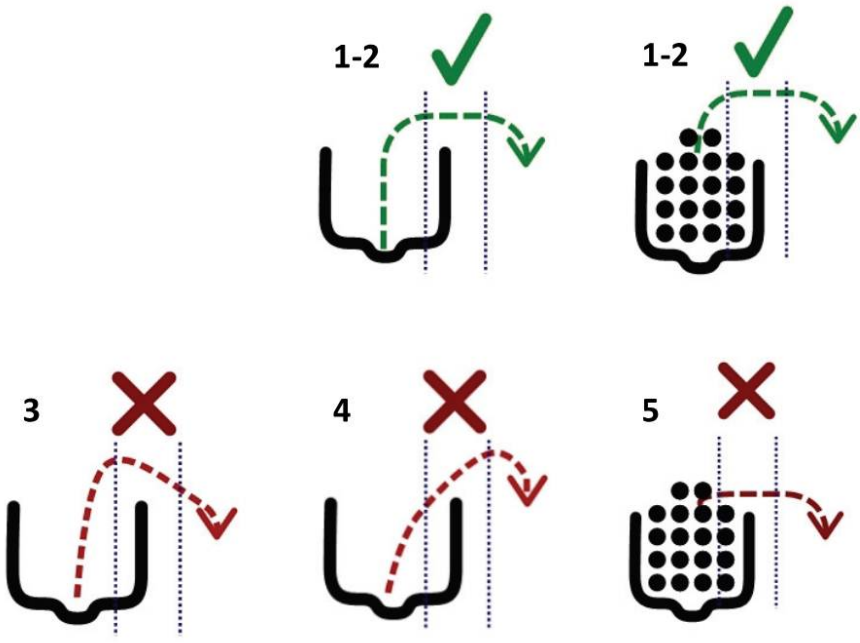
Vid kontrollvägning av kända vikter användes krönta vikter av klass M1 med en tolerans på 25 kg vid vikt om 500 kg, som mätts och kontrollerats av SP. Vid kontrollvägning vid av- och pålastning av sortiment vägdes ett skotarlass av delkvistad energived/massaved först in med hjälp av fordonsvåg. Skotaren vägdes först tom och sedan lastad.



Figur 4.
Krönta vikter hyrdes in från SP.

Genomförande

Det var viktigt att simulera lastningsrörelsen så autentiskt som möjligt vid studierna. Kontrollvägningarna vid studierna delades därför upp i, 1) kontrollvägning i simulerad laströrelse med känd vikt och 2) kontrollvägning vid av- och pålastning med skogsbränslesortiment.



Figur 5.
Handhavande för rätt mätresultat vid lossning av sortiment.

1. Gripen rör sig horisontellt när den passerar lastutrymmesgräns.
2. Kranen lyfts först rakt uppåt och sträcker ut vågcylindern.
3. Gripen rör sig nedåt när den passerar lastutrymmesgräns.
4. Gripen rör sig uppåt när den passerar lastutrymmesgräns.
5. Kranen har inte först lyfts uppåt för att sträcka ut vågcylindern.

Det var även intressant att jämföra våglänkarnas noggrannhet respektive känslighet för olika förarstilar. I de fall vägning gick att utföra vid körning med snabba och yviga kranrörelser utan att få varningar eller felmeddelande från vågen, jämfördes denna förarstil med att lasta och lossa med långsamma, samlade kranrörelser.

DELSTUDIE 1. KONTROLLVÄGNING I SIMULERAD LASTRÖRELSE MED KÄND VIKT

Kontrollvägningarna upprepades med tre kända vikter; 100 kg, 500 kg respektive 1 000 kg. Kontrollvägning med 1 000 kg utfördes inte i Komatsustudien då skotaren bedömdes för liten.

Föraren förflyttade vikterna ca 15 meter i en båge ca 4 meter över marken. För varje cykel registreras vikten automatiskt. Momentet upprepas 10 gånger per vikt och laströrelse.

- Lyft med rakt hängande vikt – statiskt.
- Lyft med rakt hängande vikt – dynamiskt.
- Lyft med rakt hängande vikt – roterande last.

DELSTUDIE 2. KONTROLLVÄGNING VID AV- OCH PÅLASTNING AV SORTIMENT

Kontrollvägningen skedde med massaved som först vägdes in genom vägning av fullastad respektive tom skotare med hjälp av fordonsvåg. Kontrollvägning skedde både vid av- och pålastning. Lasten vägdes och registrerades som totalvikt per lass.

Figur 6.
Kontrollvägning med fordonsvåg av fullastad respektive tom skotare.

- Avlastning till marknivå.
- Pålastning från marknivå.

Samtliga moment upprepades tre gånger per sortiment och förare.

DELSTUDIE 3. KONTROLLVÄGNING VID AV- OCH PÅLASTNINGSRÖRELSE MED FULL GRIP

Invägning gjordes av en full grip av sortimentet, med vägning i statiskt läge. Lasten lyftes sedan i en av- respektive pålastningsrörelse, upp och ned på lastutrymmet, med rak, snett hängande samt sned och roterande last. Vikten registreras för varje lyft, 10 gånger per typ av lyft.

- Lyft med rakt hängande last i gripen.
- Lyft med snett hängande last i gripen.
- Lyft med sned och roterande hängande last i gripen.

STUDIER AV ANVÄNDARVÄNLIGHET

I syfte att fastlägga om invägning av materialet vid skotning påverkar effektiviteten vid lossning och hur vågarna kan kompensera för rörelser och ändå ge samma mätnoggrannhet utfördes några av momenten både vid ett långsamt tempo samt vid ett snabbare tempo.

- Lyft med rakt hängande vikt – roterande kranrörelse.
- Lyft med snett hängande vikt – roterande kranrörelse.
- Avlastning till välta.
- Pålastning från marknivå.

Dessa moment utfördes både under tidsbegränsning och i ett lugnt tempo för att studera om det gav utslag i form av varierande mätnoggrannhet.

MÄTOSÄKERHET

Standardmätosäkerheten (produkten av standardavvikelsen och osäkerhetsfaktorer i mätningarna) ger ett mått på hur värden i mätserien förhåller sig till varandra, (OIML R51-2:2006 E). I denna studie har inte osäkerhetsfaktorerna kunnat bestämmas, varför mätosäkerheten anger ett mått på spridningen i vägningarna i kilogram.

Standardfel är standardavvikelsen för fördelningen av mätseriens medelvärden. Standardfel påverkas av standardavvikelsen och urvalets storlek. En större standardavvikelse ger ett större standardfel, och en större urvalsstorlek reducerar standardfelet. Standardfel anges i måttenheten kilogram.

Exempelvis så kan ett konfidensintervall bestämmas för konfidensgraden 95 %. I detta resultat kan vi säga med 95 % säkerhet att vågen kommer att ge ett resultat inom medelvärdet ± konfidensgraden. Konfidensgradens måttenhet anges i kilogram.

Resultat

KONTROLLVÄGNING MED KÄNDA VIKTER

I Tabell 1 framgår resultaten från kontrollvägningarna med 500 kg vikt i gripen.

Tabell 1.
Resultat vid kontrollvägning med 500 kg vikter.

	INTERMERCATO		JOHN DEERE		INDEXATOR		LOADMASTER		KOMATSU	
Kontrollvägning, känd vikt 500 kg	**Rak vikt, i arbete**	**Rak vikt, roterande**	**Rak vikt, i arbete**	**Rak vikt, roterande**	**Rak vikt, i arbete**	**Rak vikt, roterande**	**Rak vikt, i arbete**	**Rak vikt, roterande**	**Rak vikt, i arbete**	**Rak vikt, roterande**
Medel, kg	502,7	495,8	498,4	499,7	484,3	483,7	489,8	480,7	503,3	501,6
Max, kg	508	500	507	508	491	493	494	486	519	519
Min, kg	498	492	494	494	475	473	479	474	476	482
Standardmätosäkerhet	3,6	2,1	4,9	5,1	4,6	4,9	4,6	3,1	12,2	13,0
Standardfel	1,1	0,6	1,5	1,6	1,5	1,1	1,4	1,0	3,8	4,1
Konfidensgrad, kg	2,4	1,4	3,5	3,7	3,3	2,3	3,3	2,2	8,7	9,3
Medelavvikelse, %	–0,6	0,8	0,3	0,1	1,2	3,4	2,0	3,9	–0,7	–0,3
Standardavvikelse, %	0,7	0,4	0,9	1,0	1,8	1,0	0,9	0,6	2,3	2,5

Intermercatovågen gav resultat med mycket liten spridning och standardavvikelsen låg på 0,4 % vid lyft med rotation i gripen. Även John Deeres våg var stabil i sina viktregistreringar och gav mycket låg standardavvikelse.

Indexators och Load Masters vågar låg på under 1 % i standardavvikelse vid lyft med rotation. Som framgår i tabellen visade dessa vågar övergående låga mätvärden jämfört med de faktiska 500 kg i gripen. Detta är enbart att se som en kalibreringsfråga och med tanke på de låga avvikelserna och den höga konfidensgraden torde dessa vågar kunna justeras till mer korrekta värden.

Komatsus våg har en större spridning- och standardavvikelse än övriga vågar i detta moment. Den låga medelavvikelsen tyder dock på att vågens kalibrerings- och beräkningsfunktion väl kompenserar för denna spridning i viktregistrering.

Figur 7.
Kontrollvägning med kända vikter.

Av Tabell 2, framgår att flera av våglänkarna inte är optimerade att väga så låga lastvikter som 100 kg, därav de höga standardavvikelserna. De höga medelavvikelserna för Load Master och John Deere, bör här i första hand ses som att våglänkarna vid studietillfället inte var optimalt inställda och kalibrerade att väga så låga vikter som 100 kg. Dessutom är kranvågarna inte optimerade för så låga lassvikter, utan för vikter i intervallet ca 200–700 kg, vilket motsvarar normala gripvikter vid lossning i skotning.

Tabell 2.
Resultat vid kontrollvägning med 100 kg vikter.

	INTERMERCATO		JOHN DEERE		INDEXATOR		LOADMASTER		KOMATSU	
Kontrollvägning, känd vikt 100 kg	**Rak vikt, i arbete**	**Rak vikt, roterande**	**Rak vikt, i arbete**	**Rak vikt, roterande**	**Rak vikt, i arbete**	**Rak vikt, roterande**	**Rak vikt, i arbete**	**Rak vikt, roterande**	**Rak vikt, i arbete**	**Rak vikt, roterande**
Medel, kg	96	93	81	69	98	105	80	81	105	104
Max, kg	100	96	85	75	108	117	84	85	118	113
Min, kg	92	90	75	64	86	96	76	74	91	90
Standardmätosäkerhet	2,6	2,5	5,7	3,6	6,7	7,0	2,7	3,3	7,4	7,7
Standardfel	0,8	0,8	1,9	1,2	2,1	2,3	0,8	1,0	2,3	2,4
Konfidensgrad, kg	1,8	1,8	2,2	2,8	4,8	5,3	1,9	2,3	5,3	5,5
Medelavvikelse, %	4,2	7,2	25,4	31,0	2,3	–6,4	20,0	19,4	–5,3	–4,2
Standardavvikelse, %	2,4	2,2	5,4	3,4	6,4	7,2	2,6	3,1	7,0	7,3

Tabell 3 visar resultaten vid kontrollvägning med 1 000 kg i gripen. Detta moment utfördes inte med Komatsus våglänk då skotaren bedömdes för liten.

Tabell 3.
Resultat vid kontrollvägning med 1 000 kg vikter.

	INTERMERCATO		JOHN DEERE		INDEXATOR		LOADMASTER	
Kontrollvägning, känd vikt 1 000 kg	**Rak vikt, i arbete**	**Rak vikt, roterande**	**Rak vikt, i arbete**	**Rak vikt, roterande**	**Rak vikt, i arbete**	**Rak vikt, roterande**	**Rak vikt, i arbete**	**Rak vikt, roterande**
Medel, kg	1 005	1 004	996	1 004	981	967	935	983
Max, kg	1 010	1 010	1 029	1 011	1 011	981	985	1 029
Min, kg	1 002	996	965	992	947	950	900	921
Standardmätosäkerhet	2,7	4,9	17,9	5,5	16,3	9,7	26,7	31,5
Standardfel	0,8	1,6	5,7	1,7	5,2	3,1	8,4	10,0
Konfidensgrad, kg	1,9	3,5	12,7	3,9	11,7	6,9	19,1	22,6
Medelavvikelse, %	–0,5	–0,4	0,3	–0,4	1,9	3,3	6,5	1,7
Standardavvikelse, %	0,2	0,5	1,7	0,5	1,6	0,9	2,5	3,0

KONTROLLVÄGNING MED FULL LAST I GRIPEN

Efter invägning av gripens vikt utfördes ett antal olika lyft för att studera hur vägningsresultatet påverkas av snett hängande och starkt roterande vikter.

Figur 8.
Kontrollvägning med full last i gripen.

Av Tabell 4 framgår resultaten från kontrollvägningarna med full last i gripen. Intermercato och John Deere visar på minst spridning och lägst standardavvikelse, ca 1,0 – 1,3 %. Detta tyder på hög kvalitet och precision i hårdvaran och antyder att vågsystemen väl kompenserar för olika körstilar.

Tabell 4.
Resultat vid kontrollvägning med full last i gripen.

	INTERMERCATO		JOHN DEERE		INDEXATOR		LOADMASTER		KOMATSU	
	Raka lyft	Sneda lyft med rotation	Raka lyft	Sneda lyft med rotation	Raka lyft	Sneda lyft med rotation	Raka lyft	Sneda lyft med rotation	Raka lyft	Sneda lyft med rotation
Invägd grip, kg	726	726	667	667	620	620	600	600	595	595
Medel, kg	725,4	743,0	661,1	666,7	614,4	580,9	603,0	587,6	603,7	587,6
Max, kg	736	760	670	694	649	607	647	632	647	632
Min, kg	704	732	648	637	577	547	557	495	557	495
Standardmätosäkerhet	10,3	8,2	6,9	15,8	24,6	23,2	27,1	41,3	27,1	41,3
Standardfel	3,3	2,6	2,2	5,0	7,8	7,4	8,6	13,1	8,6	13,1
Kondidensgrad, kg	7,4	5,9	4,9	11,3	17,6	16,6	19,4	29,6	19,4	29,6
Medelavvikelse, %	0,1	–2,3	0,8	–0,9	0,9	6,3	–0,6	2,1	–1,5	1,2
Standardavvikelse, %	1,3	1,1	1,0	1,3	3,8	3,6	4,3	6,5	4,3	6,6

De övriga vågarna ligger kring 4 % i standardavvikelse då man ser på de raka lyften. Men i de lyft som gjorts med sned last och lite kraftigare rotation i gripen, hamnar Load Master och Komatsu på standardavvikelser på ca 6,5 %. Det bör påtalas att dessa lyft är utförda på ett sätt som inte rekommenderas av tillverkaren, men resultaten antyder på en större känslighet för förarstil.

I tabellen framgår att våglänkarnas mätnoggrannhet avgörs av att lasten hänger relativt rakt. I samtliga fall är medelavvikelsen större vid sneda belastningar än då vikten hänger rakt i gripen. Detta visar på vikten av god och tydlig information samt utbildning till de som installerar och använder kranhängda vågsystem.

KONTROLLVÄGNING MED INVÄGT SKOTARLASS

Det kanske viktigaste och mest relevanta resultatet är hur väl kranlänkarna klarar av att väga och beräkna vikten på lassnivå, då det är det huvudsakliga användnings- och viktregistreringsförfarandet i skogsbruket.

Figur 9.
Kontrollvägning av fullt skotarlass.

I Tabell 5 framgår resultaten från kontrollvägningarna vid lastning respektive lossning av fullt skotarlass.

Tabell 5.
Medelavvikelse på lassnivå, uttryckt i procent.

	INTERMERCATO	INDEXATOR	LOADMASTER	JOHN DEERE	KOMATSU
Medelavvikelse, % per lass	–0,88	2,74	0,29	–1,05	0,13
Standardavvikelse, % per lass	0,2	1,3	0,9	0,9	1,2

Vågarna mäter vikten på lassnivå med god noggrannhet och med en låg medelavvikelse. Indexators resultat är här sämre än övrigas, men deras våglänk används som tidigare påtalats, även i Komatsus vågsystem, som uppvisade mycket goda resultat i detta moment. Indexators resultat borde därför kunna hamna i nivå med Komatsus resultat. Detta är en kalibreringsfråga.

Komatsu och Load Master uppvisar ett påtagligt bättre resultat i detta moment än vid lyft med kontrollerade vikter och fulla gripar. I detta moment gjordes endast tre upprepningar av pålastning respektive lossning, men det ger en indikation på att Komatsu och Load Master lyckats mycket väl med sina algoritmer för att beräkna vikten utifrån kalibreringskurvorna från våglänken.

Som framgår av tabellen är standardavvikelsen något högre för Komatsus och Indexators våg. Det bör dock påtalas att momentet endast upprepats tre gånger per vågsystem, varför osäkerheten i detta mått är relativt stor.

TEKNISK SPECIFIKATION OCH ANVÄNDARVÄNLIGHET

I samband med studien samlades även data in gällande vågarnas tekniska specifikation och användarvänligheten. Uppgifterna är angivna av respektive tillverkare.

Tabell 6.
Teknisk specifikation för de studerade våglänkarna och vågsystemen.

TEKNISK SPECIFIKATION	JOHN DEERE	INTERMERCATO	KOMATSU	LOAD MASTER	INDEXATOR
Normalt vägningsområde, kg.	100–1 500	0–5 000	0–5 000	100–3 000	0–5000
Rekommenderad minsta vikt, kg.	50	Typgodkänd 10e = 50 kg.	5	50	Beror på våginstrumentet.
Vägningsutrustningens skaldelar, kg.	1	1 kg som default, kan ställas in.	1	1	Beror på våginstrumentet.
Kranlänkens vikt, kg.	35	40–80 kg beroende på modell.	Från 35 kg	30	36,5 – 47,0
Kranlänkens höjd, cm.	42	Min. 34, max. beroende på anpassning.	C/C 39 cm	32	39,2 – 40,2 C-C
Antal möjliga sortiment.	8/16	UNI = 6, ComBox = 16.	Obegränsat	99	Beror på våginstrumentet.
Vågtillverkarens angivna.	±2 %	Talar endast om skaldelar.	Praktiskt test: 1,15 %	±1,5 %, typiskt	Enbart våglänk ±0,5 %.
Mätnoggrannhet, %.					Mätnoggrannheten beror på val av slang (längd/-kvalitet) samt våginstrument.

Vägningsområdena varierar en del, vilket beror av att vissa av våglänkarna är anpassade både för timmerbilar och för skotare. Vid vägning med skotare har man typiskt 600–700 kg i gripen.

Samtliga våglänkar är ca 35–40 centimeter höga, vilket innebär att de bygger ca 25 centimeter på kranen. Detta upplevs ofta som en begränsning av skotarförarna, särskilt inledningsvis. Vid skotning av rundvirke och delkvistade energisortiment är det vanligen hanterbart efter en inlärningsfas. Detta är däremot ett problem vid skotning av grot då det kan vara svårt, i vissa fall omöjligt, att lyfta gripen tillräckligt högt så att man kommer över stakarna vid fulla lass.

I Tabell 7 jämförs de olika våglänkarna och vågsystemen gällande möjligheter för vägning, registrering och överföring av mätvärden, och andra faktorer som visar på deras användarvänlighet (m.fl., 2006). Man bör som användare av skotarhängda vågar framför allt titta på de olika alternativens möjlighet att väga automatiskt och dynamiskt, lagra och överföra data via Bluetooth och prl-filer.

En annan faktor är möjligheten att kalibrera utifrån olika förarprofiler. Det finns i dagsläget inte stöd i StanForD-standarden för att använda kalibreringsfaktor per förare, men det kommer troligen att införas i kommande version av standarden (Arlinger, 2012). Det finns å andra sidan inget som hindrar att man lägger in det i nuvarande standarden, vilket flera tillverkare har gjort. Dagens standard stödjer däremot förarvis kontrollvägning och kräver att man registrerar vem som utfört kontrollvägningen.

Tabell 7.
Användarvänlighet gällande de studerade våglänkarna och vågsystemen.

ANVÄNDARVÄNLIGHET	JOHN DEERE	INTERMERCATO	KOMATSU	LOAD MASTER	INDEXATOR
Möjlighet till helt automatisk vägning	Ja	Ja	Ja	Ja	
Möjlighet till dynamisk vägning d.v.s. vägning under rörelse	Ja	Ja	Ja	Ja	Beror på våginstrumentet
Lagring av mätdata (Anger; vikt, datum, olika sortiment)	Ja (Prl-fil, vikt/volym, datum, sortiment, plats m.m.	Ja (Prl-filer med ComBox, kräver dock att PC har BT).	Ja (Prl-fil, vikt/volym, datum, sortiment, plats m.m.	Ja, Prl-fil, XML, USB Vikt, datum, sortiment, plats.	Beror på våginstrumentet
Överföring av viktregistrering via BT	Ja	Ja, till printer med BT.	Ja	Nej	Beror på våginstrumentet
Överföring av mätdata, alternativ	Nej	GPRS	Prl-fil via trådlöst bredband. USB-minne, mobil app, utskrift. Automatisk rapport-generering.	USB-minne	Beror på våginstrumentet
Kalibrering utifrån olika förare, och möjlighet att spara olika förarprofiler	Ja	Vägningen är föraroberoende.	Vägningen är föraroberoende.	Ja	Beror på våginstrumentet
Vågens värde återgår till 0 vid tom last.	Ja	Ja	Ja	Inte alltid utan tarering	Beror på våginstrumentet
Felsökning via inbyggt diagnossystem	Nej	Ja	Nej	Ja	Beror på våginstrumentet
Möjlighet att ansluta till skrivare	Ja	Ja via BT	Ja, A4-skrivare finns som tillval.	Ja	Beror på våginstrumentet
Möjlighet att ansluta och spara till USB	Ja	Ja	Ja	Ja	Beror på våginstrumentet
Varning vid fellastning, vägningshjälp	Behövs inte	Inte erforderligt.	Ja	Ja	Beror på våginstrumentet
Överlastvarnare, förutbestämd maxlast	Ja	Ja	Ja	Ja	Beror på våginstrumentet
Temperaturstabil mätnoggrannheten	Ja	Temperaturkompenserad.	Ja	Relativt, kan behöva varmköras temp. under –10°	Ja, om instruktioner följs!
Service och underhåll	Smörjning vid behov.				Kontrolleras var 50:e timme.
Veckovis		Smörjning av axlar, batteribyte. Smörjning av vågkropp. Kontroll av vägnings-resultat	Byte uppladdningsbart batteri. Kontrollera att spel är rätt i länk.	Kontroll och ev. justering av länkspel. Smörjning av våglänk.	Avseende på glapp/-slitage. Smörj glidlager var 50:e timme.
Månadsvis			Byte av olja i länk.	Byte av olja i länk.	Kontroll av glidlager vid 600 timmar ev. byte.
Årsvis				Kontroll ev. justering av vikten.	

Diskussion

Vid användning i praktisk drift bör en kranvåg kunna väga dynamiskt och automatiskt, d.v.s. under rörelse och utan att föraren aktivt måste markera mättillfället. Mätnoggrannheten på lassnivå är det intressantaste vid praktisk användning. Men resultaten av kontrollvägningarna med kända vikter och invägd full grip vid olika typer av lyft, ger en god indikation på vågens pålitlighet och mätnoggrannhet.

Vågsystemen med hydrauliska våglänkar hade överlag större spridning och standardavvikelse. De tenderade även att påverkas mer då våglänken utsattes för kraftig rotation respektive sned belastning. Ser man till medelavvikelsen ger de flesta vågsystemen riktigt goda mätresultat, vilket tyder på att vågsystemens kalibrerings- och beräkningsfunktioner är väl kompenserade för eventuella större spridningar i de enskilda viktregistreringarna.

Vågsystemen med trådtöjningsgivare uppvisar en lägre standardavvikelse vid vägning med full last i gripen, Tabell 4. Detta visar på en mindre spridning av viktregistreringen per krancykel, vilket i sig indikerar ett stabilare vågsystem.

Man måste vara medveten om att mätning med kranvåg kräver en viss inlärning och att det ställer krav på en kontrollerad och stabil körstil hos föraren i själva mätmomentet vid avlastning. Våglänkarnas noggrannhet är olika känslig för olika förarstilar. Trådtöjningsgivarna visade enligt medel- och standardavvikelserna från mätresultaten i studien, en mindre känslighet för förarens kunskap om och användning av vågsystemet.

Vägning vid lossning bedöms påverka den totala prestationen i skotning i viss omfattning. Vissa vågsystem varnar och ger felsignal om viktregistreringen är instabil, vilket kräver att man gör om momentet efter att ha tömt gripen och vikten gått ned till noll. För att undvika detta bedömer vi att själva lossningsmomentet med dessa vågsystem kan komma att ta ca 10–20 % längre tid. Lossningen motsvarar typiskt ca 10 % av arbetet vid skotning, vilket motsvarar en prestationssänkning om ca 1–2 %.

Det är därför av stor vikt att hitta en mätteknik- och handhavande vid mätning som är tillförlitlig, men som samtidigt inte kommer att påverka prestationen i skotningen. De våglänkar som kan mäta helt automatiskt och under rörelse, utan att kräva större anpassningar av den enskilde förarens körteknik, kommer att påverka prestationen i mycket liten omfattning.

Vågsystem som kalibrerar mot föraren, och kan lagra olika förarprofiler, har efterfrågats av vissa användare på olika håll och har därför anammats av t.ex. John Deere och Load Master. Detta är föranlett av att olika förare har olika arbetssätt vid krankörning. Många upplever det som positivt att inte behöva anpassa eller förändra sitt arbetssätt.

Andra vågtillverkare, t.ex. Indexator och Komatsu, anser att detta inte är erforderligt med deras vågsystem, och menar att vägningen är föraroberoende. Från Komatsu påpekas att de testat noggrannheten mellan olika förare i egen regi och utifrån de testerna valt att avstå från förarvis kalibrering i sitt vågsystem. Det optimala är ett vågssystem med en välutvecklad teknik och beräkning, som ger ett korrekt vägningsresultat utan förarspecifik kalibrering.

En annan viktig faktor är om viktdata automatiskt kan överföras och lagras som prl-filer. Detta kommer att påverka användarvänligheten högst avsevärt, och kan i det närmaste anses som ett krav.

KALIBRERING OCH KONTROLLVÄGNING

Kranspetsvågar bör betraktas som vågar som väger under rörelse. Det är därför av stor betydelse att få till ett kontroll- och kalibreringsförfarande som simulerar lastningsrörelse, och inte enbart väga mot känd vikt i ett statiskt läge. Förarens krankörningsrörelse har stor betydelse. Det är en förutsättning för ett bra mätresultat att förare har god förståelse och utbildning i utförandet.

Vågtillverkarna har ofta redan fastställda kalibreringsmetoder för sina vågar. Den enklaste metoden är att kranspetsvågen kalibrerar/tarerar mot gripen, där gripen har känd vikt. Den mer noggranna kalibreringsmetoden är att kranspetsvågen kalibrerar mot/med känd krönt vikt. Föraren utför då upprepade lastningsrörelser med konstant belastning av gripen.

Kontrollvägning bör delas upp i simulerad laströrelse med känd vikt och kontrollvägning av lastat material. Kontrollvägningen med kända vikter är en förstärkning av kalibreringsrutinen för att komma åt eventuella tekniska fel samt knyta förare mot vägningsresultatet (Sundberg, 2011). För kontrollvägning av lastat material kan med fördel rundvirke utnyttjas då det kan lastas, vägas in med kranvågen och därefter kontrollvägas vid industri. Det är praktiskt svårt att genomföra slumpvisa urval för kontroll av skotad grot då leverans ofta sker efter längre tids lagring, vilket leder till fukthaltsförändringar och materialförluster.

Referenser

Bäcke, J-O., Herling, M., Svensson, S. 2010. Översyn av Skogsstyrelsens virkesmätningsföreskrifter – Analys och förslag. Rapport 5, 2010. Skogsstyrelsen.

Hedman, G. 2012. Vision Vikt. Manus, Skogforsk.

Lindblad, J., Äijälä, O. & Kostinen, A. 2011. Mätning av energived. Tapio och Metla, Finland.

Löfroth, C., Marcusson, H. & Jonsson, M. 2006. Standardiserad lastkontroll på virkesfordon. Arbetsrapport 620, 2006. Skogforsk.

Löfroth, C., Nordén, B. 2003. Noggrannare kranvågar ger effektivare virkestransporter. Resultat 22, 2003. Skogforsk.

Sundberg, G. 2011. Rapport: Vägning av grot på grotskotare. VMF Nord.

OIML R51-2: 2006 E. Automatic catchweighing instruments, 2006. http://www.oiml.org/publications/R/R051-2-e06.pdf

MUNTLIGA KÄLLOR

Arlinger, J. 2012, Skogforsk.

Bilaga 1

Tio vägningstips för bra precision – Load Master

1.	Lufta våglänken genom att lossa slangen lite vid våglänken och fyll på olja med utskjut ut/(hytt upp) minst var 14e dag. Luft i systemet ger dåliga vågresultat. Länken har en strypning på 0,45 mm. Oljan rinner därför ut sakta. En luftskruv finns ev. också som alternativ snabbare möjlighet.
2.	Ställ in/kontrollera korrekt länkspel 5mm vintertid och 10 mm sommartid.
3.	Nollställ alltid instrumentet med gripen hängande i luften utan last innan lastning.
4.	Kontrollera alltid att du har rätt länkspel på varje ny lastplats. Att köra utan/för stort länkspel ger mycket dåliga vågresultat.
5.	Ha stödbenen ordentligt nedtryckta (gungande bil ger dåliga vågresultat).
6.	Tryck på spakknappen eller fotpedalen när du lyft ca 0,5 – 1 m.
7.	Lastning från högtrave kan ge osäkra vågresultat om du trycker in vikten för sent. Tryck här direkt när virket lämnat vältan.
8.	Jobba lugnt och metodiskt. Snabbt och ryckigt kranarbete ger dålig precision i vägningen medan lugnt kranarbete avsevärt förbättrar precisionen. Ge lastningen 1–2 minuter extra.
9.	Var noga med att alla lyft registreras det är lätt att glömma trycka av när det är stressigt och mobilen kanske ringer.
10.	Ta med osäkerheter i form av bränslemängd, regn på virket under färd, snö på bil och virke när du lastar. Bara regn under färd kan öka din vikt med upp till 500 kg. De fasta vågarna har kanske en osäkerhet på mellan 300–600 kg, vilket du bör tänka på vid lastning.

Bilaga 2

Ten tips to enable good weighing accuracy – John Deere

1.	Try to grab the burden so that the scale unit hangs in horizontal balance. Skewed orientation of burden causes unfavorable forces to the scale unit and disturbs weighing.
2.	Try to keep the movement of the grapple as stable as possible. Avoid sudden changes in the trajectory of the grapple. Swinging burden interrupts weighing.
3.	Observe the zero point of the weight scale. Hold the grapple opened, wait until the weight value settles down. Reset the zero point if the weight of an empty grapple is more than 10 kilos away from zero.
4.	Make sure that the scale unit hangs totally freely from the boom end towards the center of the earth. The bolts need to be perfectly creased and they must not be tighten too strictly. Sticky upper bolt of the scale unit makes the zero point to shift away from zero.
5.	If you weigh the load while unloading, first lift the logs steadily upwards before turning the boom slew outside the load space sector. Doing this gives the weight scale more time to measure the first logs on top of a full load.
6.	Use the dynamic calibration feature to compensate the disruptive forces caused by the boom movement and acceleration. While performing the calibration, use the same boom speeds and movements as you use during normal loading. Remember to check the zero point of the scale before starting the calibration. Dynamic factors are normally between 1030 and 1200 (103–120%). Normally unloading factor is bigger that loading factor. Note that dynamic calibration is operator specific.
7.	Try not to damage the weight scale unit. Do not target unnecessary mechanical strain on it. Disconnect the scale unit if possible while weighing feature is not needed. Doing this extends the life cycle of the scale unit.
8.	Clean and dry the battery connectors always when replacing the battery to prevent the oxidation and power outages. Replace the battery early enough, weight is not registered while connection between scale unit and cabin is lost.
9.	Try to avoid measuring single logs weighing less than 100 kg, the relative error percentage is biggest with light loads.
10.	Remember that you are not just loading logs, you are measuring timber. Following the instructions enables better weighing accuracy and better endurance of the equipment.

Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2011

2011

Nr 733 Rytter, L., Johansson, T. Karačić , A., Weih, M. m.fl. 2011. Orienterande studie om ett svenskt forskningsprogram för poppel. 210 s.

Nr 734 Hannerz, M. & Fries, C. 2011. Användningen av webbtjänsterna Kunskap Direkt och Skogsskötselserien. – En enkätundersökning bland skogsbrukets fältpersonal. 48 s.

Nr 735 Andersson, M. & Berglund, A. 2011. Test av pekskärmsmobiler. 22 s.

Nr 736 Löfgren, B., Englund, M., Fogdestam, N., Jönsson, P., Lundström. L. & Wästerlund, I. 2011. Spårdjup och vibrationer för banddrivna skotare Lightlogg C och ProSilva. 32 s.

Nr 737 Brunberg, T. 2011. Studie av flerträdshantering i slutavverkning med John Deere 1470D hos SCA Skog hösten 2010. 8 s.

Nr 738 Fogdestam, N. & Lundström, H. 2011. Studier av Offset Crane Concept, OCC hos Kjellbergs Logistik & Teknik i Hällefors. 15. s.

Nr 739 Enström, J. & Röhfors, G. 2011. Effektivare järnvägstransporter med större fordon – En förstudie. 28 s.

Nr 740 Iwarsson Wide, M. & Fogdestam, N. 2011. Jämförande studie av olika uttagsmetoder av massaved och skogsbränsle i klen gallring. – Energived- och massavedsuttag med LOG MAX 4000B, Stora Enso Skog, Dalarna. 36 s.

Nr 741 Brunberg, T. 2011. Uppföljning av utbildningseffekten hos maskinlag hos SCA Skog AB 2010. 8 s.

Nr 742 Hannrup, B., Andersson, M., Bhuiyan, N., Wikgren, E., Simu, J. & Skog, J. 2011. Vinnova_Slutrapport_P34138-1_101221. – Slutrapport för projekt ”Beröringsfri diameter-mätning i skördare – utveckling av mätsystem och tester i produktions¬miljö”. 84 s.

Nr 743 Åström, H. 2011. Förbättring av arbetsförhållande i skördare. Improvement of working conditions in harvester. 126 s.

Nr 744 Cheng. C. 2011. Modellering av åkkomforten i en skotare. Modeling the Ride Comfort a Forwarder. 93 s.

Nr 745 Jonsson, J. 2011. Dynamisk däcksmodellering och markinteraktion för skogsmaskiner. Dynamic tire modeling and soil interaction regarding forestry machines. 52 s.

Nr 746 Grönqvist, D. 2011. Konceptutveckling av hybriddrivlina för skogsmaskiner. Concept development of a hybrid powertrain for forest machines. 180 s.

Nr 747 Bhuiyan, N., Arlinger, J. & Möller J.J. 2011. Utveckling och utvärdering av en standardiserad metod för volymbestämning och stamräkning vid avverkning med flerträd shanterande skördaraggregat. 34 s.

Nr 748 Brunberg, T. & Hagos Lundström. 2011. Studier av TimBear Lightlogg C i gallring hos Stora Enso Skog våren 2011. 9 s.

Nr 749 Eliasson, L., Granlund, P., Johannesson, T. & Nati, 2011. Prestation och bränsleförbrukning för tre flishuggar. 15 s.

Nr 750 Wilhelmsson, L., Arlinger, J., Hannrup, B. & Nordström, M. m.fl. 2011. D3.5-Methods and models for relating wood properties and storage conditions to process efficiency and product quality. 67 s.

Nr 751 Mohtashami, S. 2011. Planning forest routes for silvicultural activities using GIS based techniques – A case study of Selesjö in Östergötland, Sweden. Bättre planering av avverkning vägar med GIS. 39 p.

Nr 752 Bergkvist, I. & Fogdestam, N. 2011. Slutrapport – Teknik och metoder vid energiuttag i korridorer. 26 s.

Nr 753 Westlund, K., Jönsson, P., Flisberg, P. & Rönnqvist, M. 2011. Skotningsplanering – SPORRE- och GROT-sporreprojektet. 23 s.

Nr 754 Sjöström, L. 2011. Fukthaltsmätning av skogsbränsle – Genomgång av tekniska principer och översikt av marknadsförda utrustningar. 25 s.

Nr 755 Eliasson, L. & Lundström, H. 2011. Skotning av färsk och hyggestorkad grot variabelt lastutrymme. 10 s.

Nr 756 Möller, J. J., Arlinger, J., Barth, A., Bhuiyan, N. & Hannrup, B. 2011. Ett system för beräkning och återföring av skördarbaserad information till skogliga register och planeringssystem. 56 s.

Nr 757 Hannrup, B., Bhuiyan, N. & Möller, J.J. 2011. Utvärdering av ett system för beräkning och återföring av skördar baserad information till skogliga register och planeringssystem. 72 s.

2012

Nr 758 Löfroth, C. & Svenson, G. 2012. ETT – Modulsystem för skogstransporter – En trave Till (ETT) och Större Travar (ST). 151 s. ETT – Modular system for timber transport One More Stack (ETT) and Bigger Stacks (ST). p. 156.

Nr 759 von Hofsten, H., Johannesson, T. & Aneryd, E. 2012. Effekter på stubbskördens produktivitet beroende på klippningsgraden. – Impact of stump splitting on harvest productivity 24 s.

Nr 760 Jönsson, P. & Englund, M. 2012. Air-Hawk-luftkudde. Ergonomiskt hjälpmedel för skogs- och jordbruksmaskiner. Airhawk Seat Cushion – Ergonomic aid for forestry and agricultural machinery. 24 s.

Nr 761 Rosvall, O. & Lindgren, D. 2012. Inbreeding depression in seedling seed orchards. Under bearbetning.

Nr 762 Hannrup, B. & Lundgren, C. 2012. Utvärdering av Skogforsks nya barkfunktioner för tall och gran – En uppföljande studie. – Evaluation of Skogforsk's new bark equations for Scots pine and Norway spruce 26 s.

Nr 763 Englund, M. 2012. LED-ljus i aggregatet – En piliotstudie. LED lighting on harvester head. A pilot study. 6 s.

Nr 764 Bhuiyan, N., Arlinger J. & Möller, J.J. 2012. Kartunderlag för effektivare grotskotning genom export av shapefiler. – Map support for forwarding of logging residues through export of shape files. 22 s.

Nr 765 Brunberg, T. & Lundström, H. 2012. Studie av flerträdshantering i slutavverkning med John Deere 1170E hos Holmen Skog vintern 2012. – Study of multiple tree handling in clear cut ting with John Deere 1170E together with Holmen Skog in the winter of 2012. 7 s.

Nr 766 Löfgren, B., Englund, M., Jönsson, P., Wästerlund, I. & Arvidsson, J. 2012. Spårdjup och marktryck för skotare med och utan band samt styrbar boggi. 15 s. – Rut depth and ground pressure for forwarder with and without tracks. 18 s.

Nr 767 Eriksson, B. 2012. Utveckling i outsourcad skogsvård. 14 s. Improving productivity and quality in outsourced silviculture. 14 s.

Nr 768 Fogdestam, N., Granlund, P. & Eliasson, E. 2012. Grovkrossning och sållning av stubbar på terminal. – Coarse grinding of stumps and sieving of the produced hog fuel. 9 s.

Nr 769 Hannerz, M. 2012. Vem besöker Kunskap Direkt och vad tycker de? – Who visits Knowledge Direct (Kunskap Direkt) and what do they think of it? 38 s.

Nr 770 Iwarsson Wide, M. & Jönsson, P. 2012. Utvärdering av kranhängda vågsystem. – Evaluation of crane-mounted weighing systems. 26 s.

SKOGFORSK

– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut

arbetar för ett lönsamt, uthålligt mångbruk av skogen. Bakom Skogforsk står skogsföretagen, skogsägareföreningarna, stiften, gods, skogsmaskinföretagare, allmänningar m.fl. som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

FORSKNING OCH UTVECKLING

Två forskningsområden:

- Skogsproduktion
- Virkesförsörjning

UPPDRAG

Vi utför i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter. Det kan gälla utredningar eller anpassning av utarbetade metoder och rutiner.

KUNSKAPSFÖRMEDLING

För en effektiv spridning av resultaten används flera olika kanaler: personliga kontakter, webb och interaktiva verktyg, konferenser, media samt egen förlagsverksamhet med produktion av trycksaker och filmer.

Från Skogforsk nr. 770–2012

SKOGFORSK

www.skogforsk.se

Uppsala Science Park, SE-751 83 UPPSALA, Sweden Ph. +46 18 18 85 00 skogforsk@skogforsk.se http//www.skogforsk.se