

ARBETSRAPPORT

FRÅN SKOGFORSK NR 601 2005



Vibrationsmätningar på drivare och skotare

Paul Granlund & Magnus Thor

Ämnesord: Arbetsmiljö, helkroppsvibrationer, skogsmaskiner.

Skogforsk – Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut

Skogforsk arbetar för ett långsiktigt, lönsamt skogsbruk på ekologisk grund. Bakom Skogforsk står skogsbolag, skogsägareföreningar, stift, gods, allmänningar, plantskolor, SkogsMaskinFöretagarna 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.

Skogforsk arbetar med forskning och utveckling med fokus på tre centrala frågeställningar: Skogsodlingsmaterial, Skogsskötsel samt Råvaruutnyttjande och produktionseffektivitet. På de områden där Skogforsk har särskild kompetens utförs även i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

Serien ARBETSRAPPORT dokumenterar långliggande försök samt inventeringar, studier m.m. och distribueras enbart efter särskild beställning.

Forsknings- och försöksresultat från Skogforsk publiceras i följande serier:

NYTT: Nyheter, sammanfattningar, översikter.

RESULTAT: Slutsatser och rekommendationer i lättillgänglig form.

REDOGÖRELSE: Utförlig redovisning av genomfört forskningsarbete.

HANDLEDNINGAR: Anvisningar för hur olika arbeten lämpligen utförs.

ISSN 1404-305X

Innehåll

Sammanfattning.....	2
Inledning.....	2
Uppläggnig och genomförande.....	3
Mätning 1, 2002	3
Mätning 2, 2005	3
Resultat	4
Mätning 1	4
Mätning 2	5
Diskussion.....	6
Litteratur.....	7
Bilaga 1	9

Sammanfattning

Skogforsk har genomfört jämförande mätningar av vibrationsnivån i skotare och drivare. Vår hypotes var att vibrationsnivån var högre i en drivare än i en skotare till följd av skillnader i maskinens utformning. Detta skulle kunna innebära att föraren i en drivare skulle köra långsammare för att kompensera för de högre vibrationsnivåerna.

Vibrationerna var starkast i riktning y (sidledsvibrationer). Hypotesen kunde dock inte verifieras, eftersom ingen av maskintyperna kunde sägas vara bättre än den andra ur vibrationssynpunkt. Vibrationsnivån hade däremot ett mycket starkt samband med körhastigheten ($R^2 = 0,88$). Man kan alltså oavsett maskintyp minska förarens vibrationsdos genom att sänka hastigheten, men med sänkt prestation som följd.

Vid rent transportarbete och körhastighet över ca 35 m/min överskreds gränsvärdet enligt 2002/44/EG ($0,5 \text{ m/s}^3$). Vid normalt arbete, d.v.s. inklusive t.ex. lastning och lossning, var vibrationsnivån i nivå med eller precis under gränsvärdet. Inte vid något tillfälle överstegs insatsvärdet ($1,15 \text{ m/s}^3$) enligt EU-direktivet. Resultaten understryker behovet av en standardiserad, objektiv mätmetod för helkroppsvibrationer som är relevant för skogsbrukets förutsättningar.

Inledning

Drivaren, d.v.s. en maskin som både avverkar träden och transporterar ut virket, är ett för våra förhållanden nytt maskinkoncept som står inför en introduktion i svenskt skogsbruk. Några drivare arbetar i dag i praktisk drift. Resultaten från studier och uppföljning ser lovande ut.

När det gäller arbetsmiljön i en drivare får föraren en ”påtvungad” arbetsväxling. Han kör så att säga både skördare och skotare under arbetet, och varvar intensivt reglagearbete med terrängkörning. De förare som kört drivare har också bekräftat att de inte känner sig lika trötta efter en dags arbete jämfört med någon av de båda andra maskintyperna. Nivån på helkroppsvibrationer i skördare respektive skotare är relativt väl beskrivna i dag. I en skördare uppstår vibrationerna till största delen vid hantering av träden (start/stopp under kvistning-kapning, fällning, kapning etc.). Den totala vibrationsnivån är oftast ganska låg i en skördare. På en skotare är vibrationsnivån högre, vilket till största delen beror på att skotaren har en högre förflyttningshastighet i terrängen.

För drivaren är förhållandena däremot outredda. Prestationsstudier visar dock på en betydligt lägre körhastighet med drivare jämfört med skotare. Detta har preliminärt tolkats som en effekt av flera faktorer: 1) För att kunna ha tillräcklig sikt under avverkningsarbetet sitter föraren högt placerad i maskinen, vilket ökar amplituden på vibrationerna under terrängtransporten, 2) Kran och aggregat läggs inte på lasset under körning med lass, utan hänger framför maskinen. Båda dessa faktorer samverkar sannolikt till att helkroppsvibrationerna ligger på en högre nivå än i en skotare. Vår hypotes var att föraren kompenserar för den högre vibrationsnivån genom att köra långsammare, vilket således påverkar produktiviteten negativt.

Syftet med projektet var att göra en vibrationsmätning på drivare under olika förhållanden beträffande ytstruktur och hastighet. Detta skulle jämföras med vibrationer i konventionella tvåmaskinsystem.

Medel för att genomföra projektet har kommit från SLO-fonden. Komatsu Forest ställde maskiner till förfogande för mätningarna.

Uppläggning och genomförande

Mätningar utfördes vid två tillfällen, den första mätningen utfördes våren 2002 och den andra mätningen i juni 2005.

MÄTNING 1, 2002

Under våren 2002 genomfördes en pilotstudie av Valmet 801 Combi med Sydved som mark- och maskinvärd. Studien omfattade avverkning och utkörning i två bestånd, ett förstagallringsbestånd och ett andragallringsbestånd. För att få en jämförelse kördes även en Valmet 901.1 skördare och Valmet 830.1 skotare i samma bestånd.

Vibrationerna mättes på samtliga maskintyper under likartade men inte helt jämförbara förhållanden.

MÄTNING 2, 2005

Vibrationerna mättes under praktiskt arbete på både drivaren och på skotaren (tabell 1) på samma körsträcka. Bägge maskinerna körde sträckan 5 gånger både lastad och olastad med olika hastigheter, samma last användes för bägge maskinerna. Sträckans längd låg på drygt ett hundratal meter. Sträckan hade ytstruktur 2 och lutning 1 enligt Skogforsks terrängtypschema, d.v.s. en lätt bana som också avspeglar sig i de höga hastigheterna som banan kördes i.

Tabell 1.
Studerade maskiner, mätning 2.

	Drivare	Skotare
Maskintyp	Valmet 801 Combi	Valmet 840.2
Antal hjul	8	8
Däck	Nokia ELS L-2 700/50-26,5	Nokia ELS L-2 700/50-26,5

Vibrationerna mättes med ett gyro av typ Multidata som monterades på golvet i maskinernas hytt. Hyttgolvet höjd över marken var för drivaren 2 050 mm och för skotaren 1 550 mm. Givaren registrerade acceleration i x-, y- och z-led. De uppmätta värdena analyserades med hjälp av ett dataprogram från DasyLab till en frekvensvägd acceleration enligt standarden ISO 2631.

I analyserna jämförs vibrationerna med avseende på nivåer. Därtill gjordes en riskbedömning enligt ISO 2631-1.

Resultat

MÄTNING 1

Eftersom den första mätningen utfördes under praktiskt arbete kan inte mätvärdena från studien jämföras med varandra direkt. Därför redovisas resultaten i samtliga riktningar för att illustrera de nivåer på vibrationerna som förelåg under studien.

Drivaren har flera arbetsmoment då den både avverkar och transporterar ut virket. Därför har jämförelsen av vibrationerna gjorts dels mellan drivaren och skördaren för avverkningsmomenten, dels mellan drivaren och skotaren för lastning, lossning och transportmomenten.

Resultaten delas upp i tre redovisningar avverkning, lastning lossning samt transportarbete.

När maskinerna utför avverkningsarbete uppmättes inga värden över insatsvärdet $0,5 \text{ m/s}^2$ (tabell 2). Det var heller ingen skillnad i vibrationsnivåerna mellan drivare och skördare. Inte heller observerades någon skillnad mellan nivåerna när maskinerna kördes i första eller andragallring.

Tabell 2.
Jämförelse drivare och skördare i avverkning.

	x m/s^2	y m/s^2	z m/s^2	q m/s^2
Drivaren som skördare i förstagallring	0,24	0,24	0,49	0,68
Drivaren som skördare i andragallring	0,22	0,19	0,49	0,63
Skördaren i förstagallring	0,21	0,23	0,49	0,68
Skördaren i andragallring	0,23	0,25	0,49	0,68

Under lastning hade drivarens vibration i y-riktning ett högre värde än för skotaren (tabell 3). Denna förhöjning av y-värdet syns inte lika tydligt vid lossning.

Tabell 3.
Jämförelse lastning-lossning drivare skotare.

	x m/s^2	y m/s^2	z m/s^2	q m/s^2
Drivaren Lastning i förstagallring	0,31	0,52	0,54	1,01
Skotaren Lastning i förstagallring	0,16	0,18	0,49	0,59
Drivaren Lastning i andragallring	0,27	0,52	0,53	0,98
Skotaren Lastning i andragallring	0,16	0,14	0,48	0,57
Drivaren Lossning	0,22	0,21	0,51	0,66
Skotaren Lossning	0,13	0,12	0,50	0,56

Under körning var drivarens vibrationsvärde något över insatsvärdet (y och z-riktning) med undantag för y-värdet för skotaren lastad (tabell 4). Vid mätningen hade drivaren en något högre körhastighet än vad tidsstudier tidigare visat.

Tabell 4.
Jämförelse körning drivare skotare.

	x m/s ²	y m/s ²	z m/s ²	q m/s ²	Hastighet m/min
Drivaren lastad	0,27	0,52	0,51	0,95	34,3
Skotaren lastad	0,21	0,35	0,54	0,78	32,3
Drivaren olastad	0,31	0,57	0,52	1,04	36,5
Skotaren olastad	0,45	0,56	0,57	1,15	39,8

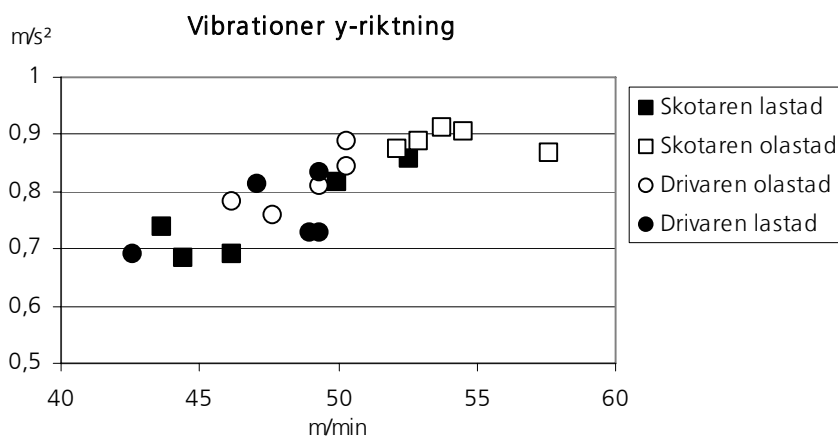
MÄTNING 2

Resultatet av mätningen redovisas med den riktning som fått de högsta värdena på vibrationerna. På den här mätningen blev det riktning y, d.v.s. sidledsvibrationer. Mätvärden för övriga riktningarna redovisas i bilaga 1.

Hastigheten styr värdet på vibrationerna. Värdena ligger något högre när maskinerna kördes olastade (tabell 5) men detta förklaras framför allt med att maskinerna kördes något snabbare olastade (figur 1).

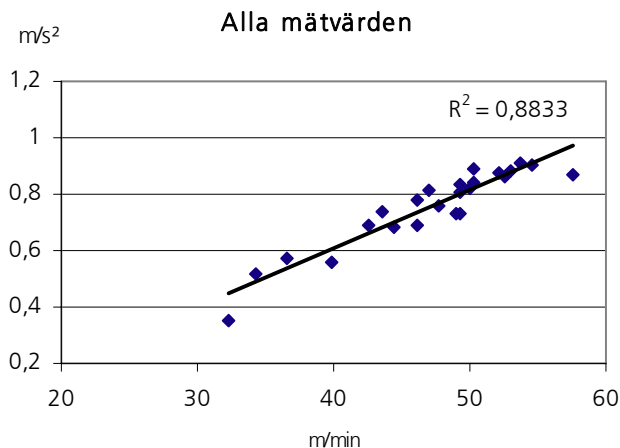
Tabell 5.
Mätning 2, körning

	Y-värde medel m/s ²	Y-värde min m/s ²	Y-värde max m/s ²
Skotaren lastad	0,76	0,68	0,86
Skotaren olastad	0,89	0,87	0,91
Drivaren lastad	0,76	0,69	0,83
Drivaren olastad	0,82	0,76	0,89



Figur 1.
Hastigheten styr vibrationsnivån.

Sammantaget – i både mätning 1 och mätning 2 – förelåg ett starkt samband mellan körhastighet och vibrationsnivå i y-riktning ($R^2 = 0,88$), se figur 2.



Figur 2.
Båda mätningarnas värden för y-riktningen.

Diskussion

De uppmätta vibrationsnivåerna kan sägas vara generella för skotare och drivare under relativt enkla terrängförhållanden (ytstruktur ≤ 2). Mätning 2 ger inget stöd för att kunna säga att någon av maskintyperna skulle vara sämre än den andra ur vibrationssynpunkt. Vår hypotes innan mätningen om att vibrationerna skulle vara högre på drivaren på grund av den högre placerade hytten stämde alltså inte.

Vibrationerna är direkt proportionella mot hastigheten på fordonet. Man kan alltså med hjälp av sänkt hastighet minska förarens vibrationsdos, men man kommer då samtidigt att sänka nivån på produktionen. Omvänt gäller, att höga vibrationsnivåer under arbete lätt kan påvisas genom att öka körhastigheten.

En maskinoperatörs arbetshälsa påverkas av helkroppsvibrationer om de överstiger vissa nivåer. I EU-direktiv 2002/44/EG regleras vibrationsnivån i arbetsmaskiner för bl.a. jord- och skogsbruk. I direktivet anges ett gränsvärde ($1,15 \text{ m/s}^2$), vilket inte får överskridas, och ett insatsvärde ($0,5 \text{ m/s}^2$). Överskrids insatsvärdet måste arbetsgivaren utarbeta och genomföra ett åtgärdsprogram (t.ex. alternativa arbetsmetoder, underhållsprogram för utrustningen, tekniska hjälpmedel och begränsning av exponeringstiden). Värdena gäller daglig exponering normaliserat till 8 timmar (RMS) enligt ISO 2631-1 (1997). EU-direktivet möjliggör en längre övergångsperiod för att underlätta övergång och utfasning av äldre maskiner. Övergångsperioden är angiven till 5 år från juli 2005, med möjlighet till ytterligare förlängning i fyra år för skogs- och jordbruket. Preliminära uppgifter tyder på att t.ex. Finland, Danmark och Tyskland utnyttjar övergångsutrymmet maximalt, medan man i Sverige beslutat att direktivet skall träda i kraft med omedelbar verkan 2005.

När maskinerna inte utförde enbart transportarbete (mätning 1) låg vibrationernas nivå under eller precis runt insatsvärdet på $0,5 \text{ m/s}^2$. Men under rent transportarbete överstegs insatsvärdet vid en hastighet av ca 35 m/min. Värden där direktivet säger att det behövs omedelbara åtgärder har inte överstigits vid någon av våra mätningar.

Vibrationsnivån för en maskinoperatör avgörs av förarens körsätt, terrängens beskaffenhet och den utrustning som används (t.ex. maskin, däck och stol). De mätningar som gjorts på skogsmaskiner pekar på att man i de flesta fall ligger under, men inte så långt ifrån insatsvärdet. Trots detta bedöms så mycket som 30 % av skotarna ligga över nivån (Burstrom, pers. komm.). Denna bedömning grundas dock inte på särskilt stort underlag i form av vibrationsmätningar. Likaså är mätningarna mycket svåra att standardisera på ett relevant sätt, vilket adresserats i tidigare SLO-anknutna projekt (Spång, 2005). Det är t.ex. i dag omöjligt att på ett objektivt (d.v.s. utan att föraren kan påverka) och relevant (med avseende på arbetsinnehåll och terräng) sätt fastställa vilken vibrationsnivå en maskin i ett visst arbete ger upphov till. En genomgång behövs av vilka medel som står till buds för skogs- och jordbruket inför ikraftträdandet av EU-direktivet 2005 dels i form av åtgärder som kan sättas in direkt, dels i form av att identifiera utvecklingsbehov. Delar av detta problem adresseras i det pågående projektet SLO-886.

Litteratur

- Granlund, P., Nordén, B. & Burstrom, L. 2002. Accelerationer vid kransänkning med engreppsskördare. Skogforsk Resultat nr 3.
- Granlund, P. 2004. Med CTI minskar vibrationerna på rundvirkesbilar. Skogforsk Arbetsrapport nr 582.
- Granlund, P. 2004. Lugnare körning och mindre vibrationer med CTI på virkesfordon. Skogforsk Resultat nr 22.
- Spång, K. 2005. Influence of artefacts in calculation of whole-body vibration values from results of field measurements. Reference No SLO-858.

Bilaga 1

Drivaren olastad

Körning	x	y	z	q	Hastighet m/min
1	0,53	0,78	0,67	1,48	47,7
2	0,52	0,76	0,68	1,46	46,2
3	0,54	0,89	0,72	1,62	49,3
4	0,59	0,81	0,72	1,57	50,4
5	0,61	0,84	0,73	1,63	50,4

Drivaren lastad

Körning	x	y	z	q	Hastighet m/min
1	0,50	0,73	0,63	1,39	47,1
2	0,47	0,81	0,70	1,49	49,3
3	0,51	0,83	0,67	1,52	42,6
4	0,44	0,73	0,71	1,39	49,0
5	0,50	0,69	0,78	1,43	49,3

Skotaren olastad

Körning	x	y	z	q	Hastighet m/min
1	0,61	0,91	0,92	1,79	57,6
2	0,53	0,89	0,87	1,69	53,7
3	0,58	0,87	0,89	1,72	52,9
4	0,58	0,91	0,85	1,73	54,6
5	0,60	0,87	0,89	1,72	52,2

Skotaren lastad

Körning	x	y	z	q	Hastighet m/min
1	0,43	0,74	0,68	1,37	46,2
2	0,47	0,68	0,64	1,33	44,4
3	0,45	0,69	0,65	1,33	43,6
4	0,59	0,82	0,75	1,6	50,0
5	0,64	0,86	0,85	1,72	52,6

