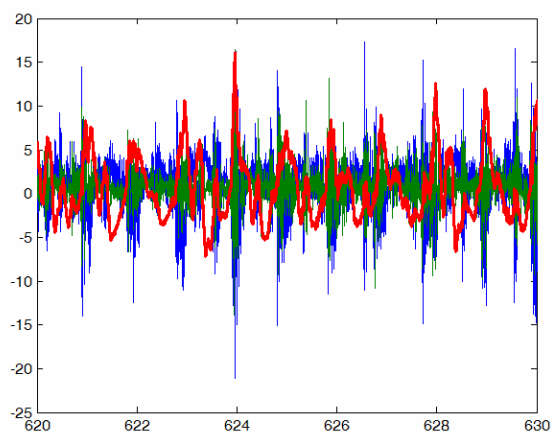


## UNDERSÖKNING AV ARBETSMILJÖN PÅ KBV 452

av

Karl Garne<sup>1</sup>, Jakob Kutteneuler<sup>1</sup> och Lage Burström<sup>2</sup>



<sup>1</sup> KTH Marina system, Inst. Farkost och flyg vid Skolan för teknikvetenskap.

<sup>2</sup> Folkhälsa och klinisk medicin, Umeå universitet.



## UNDERSÖKNING AV ARBETSMILJÖN PÅ KBV 452

Vid kustbevakningen i Oxelösund har KBV 452 Cobra använts under flera år. Man har av arbetsmiljöskäl bytt förar- och navigatörsstolarna vilket förbättrat situationen men tjänstgöring i båten upplevs ändå som tröttande och huvudvärk är vanligt. Att åka stående eller sittande på toften bakom stolarna är, enligt uppgift, i princip omöjligt (Lindgren 2009).

Mot denna bakgrund genomfördes på Kustbevakningens uppdrag vibrationsmätningar på KBV452 för att dokumentera och värdera de belastningar som förare och båt utsätts för under realistiska operationsförhållanden. Under en dag (2009-10-09) genomfördes 12 löp om 10-15 minuter där båten framfördes med fart nära maxfart (ca 50 kn), med olika relativ kurs mot vågorna och under några sekvenser med frekvent inslag av girmanövrer. Mätningarna utfördes i vattnen utanför Oxelösund som är båtens hemmahamn.

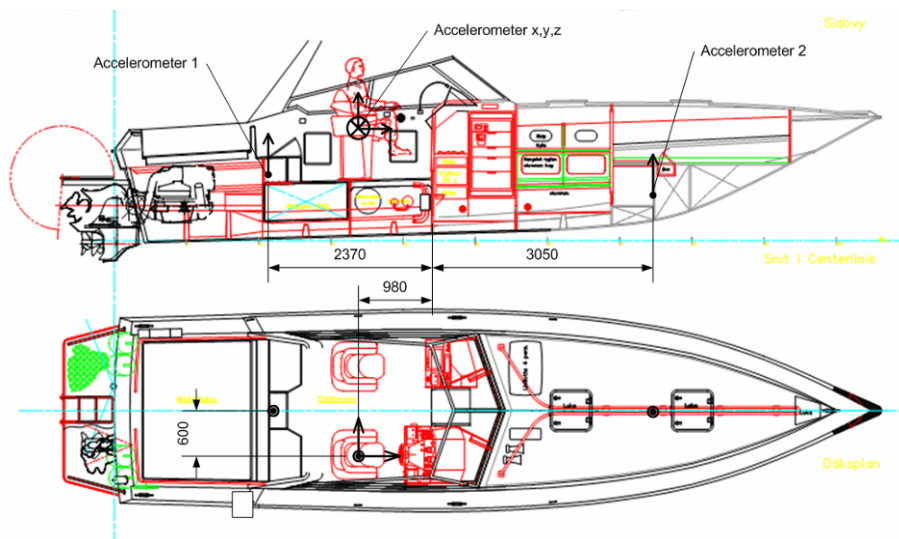
Båten kördes av en erfaren KBV-tjänsteman som efter varje löp bedömde förhållandena (enligt ett formulär), bl.a. hur hårt båten belastats, hur vanligt förekommande liknande belastningssituation är i den vanliga tjänsteutövningen och under hur långa perioder båten framförs på liknande sätt. Svaren och samtal med tjänstemannen tolkas som att förhållandena var lätta till hårda (1-3 på en femgradigskala där 1 karakteriseras som lätta, 3 som hårda och 5 som extrema), det faktum att båten kunde drivas i maxfart och att det var lugnt väder förstärker den bilden. Förhållandena bedöms som vanliga och förekommer under i princip varje arbetspass.

Båten var utrustad med fem accelerometrar, av vilka två var placerade på styva skott i båten i syfte att registrera accelerationerna i skrovet. Tre accelerometrar, monterade i en sittplatta, var placerade på förarstolens sits för att registrera accelerationen i tre ortogonala riktningar, i fartygets längsled ( $x$ ), i båtens tvärsled ( $y$ ) och uppåt-nedåt ( $z$ ). Båtens fart och position registrerades med GPS och vågförhållandena mättes med vågboj. Signifikant våghöjd ( $H_{1/3}$ ) uppskattades till ca 0.4 m mitt på dagen och sjönk med avtagande vind för att mätas till 0.2 m ca kl. 17.

I det följande redovisas mätuppställning, analys och resultat av mätningarna där förarmiljön bedöms med utgångspunkt från riktlinjerna i ISO2631-1 och Sjöfartverkets föreskrift (SJÖFS 2005:23).

## MÄTUPPSTÄLLNING

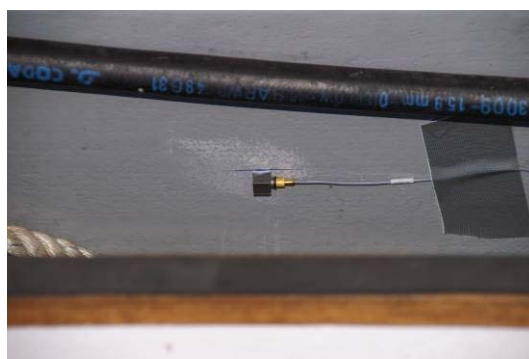
Accelerometrarnas placering och mätriktningar relativt båten framgår av Figur 1, Figur 2, Figur 3 och Figur 4. Tabell 1 specificerar bla typ av givare. Accelerometrarna 1 & 2 limmades stumt mot styva skott och sittedynan med den treaxliga givaren tejpades fast på stolsitsen (se Figur 4).



Figur 1. Givarplacering, relativt tvärskeppskottet mellan sittbrunnen och ruffen.

Tabell 1. Givarinformation.

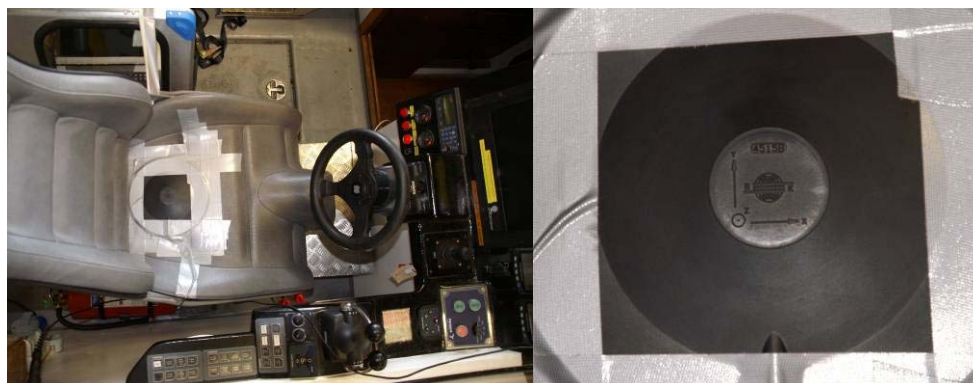
| Mätkanal | Placering i Figur 1 | Mäter:            | Sampl. frekv | Givartyp                      |
|----------|---------------------|-------------------|--------------|-------------------------------|
| 1        | Accelerometer 1     | båtens z-acc      | 800 Hz       | Brül & Kjeear Delta Tron,     |
| 2        | Accelerometer 2     | båtens z-acc      | ”            | Type 4507                     |
| 3        | Accelerometer x,y,z | förarsätets x-acc | ”            | Brül & Kjeear Tiraxial IEPE   |
| 4        | “                   | förarsätets y-acc | ”            | Seat-Accelerometer,           |
| 5        | ”                   | förarsätets z-acc | ”            | Type 4515-B                   |
| Övrigt:  |                     |                   |              |                               |
| GPS      |                     |                   |              |                               |
| Vågboj   |                     | Vågkaraktäristik  |              | se. Kutteneuler et al. (2005) |



Figur 2. Den aktra accelerometern, Accelerometer 1, limmad mot förliga motorrumskottet i utrymmet under bänken i sittbrunnen.



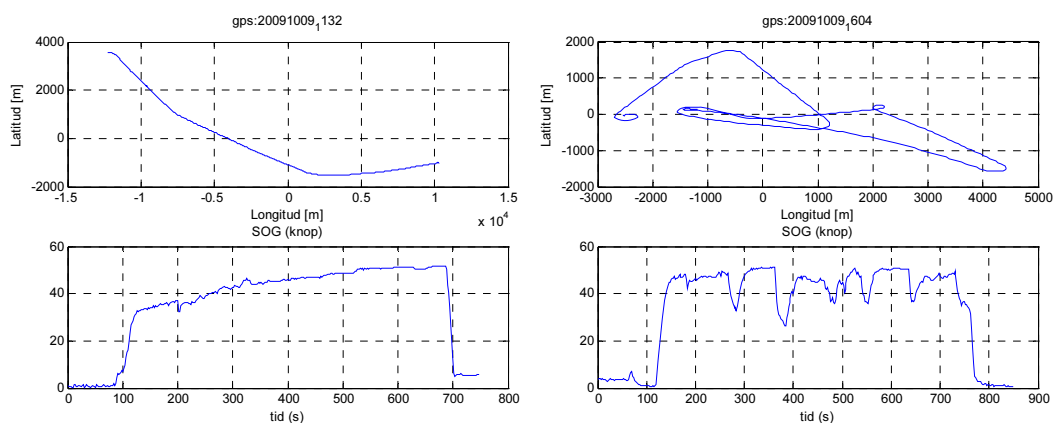
Figur 3. Den förliga accelerometern, Accelerometer 2, fastlimmad på förligaste tankskottet i ruffen.



Figur 4. Placering av triaxial givare i förarstolen och definition av positiv accelerationsriktning för  $x$ ,  $y$  och  $z$ .

## GENOMFÖRANDE

Den instrumenterade båten framfördes av en erfaren tjänsteman från Kustbevakningen. Tjänstemannen ombads driva båten hårt och sjömannamässigt som under tjänsteövning. Mätsekvenserna representerar gång med båten i hög fart. Eftersom våghöjden var låg (ca 0.4 m) kunde farten i samtliga sekvenser hållas nära maxfart ca 50 kn. Under vissa löp gick båten med ungefär rak kurs relativt vågriktningen under andra genomfördes manövrar och därmed varierade den relativa kursriktningen under sekvensen, se exempel i Figur 5. Under dagen genomfördes 12 löp om ca 10-15 minuters mättid (Bilaga 1). Efter varje löp fyllde tjänstemannen i ett kort formulär (Bilaga 2) där han uppskattade hur ofta, i tjänsteövningen, som båten drevs som i löpet, hur länge och hur hårda förhållandena var (på en femgradigskala där 1 karakteriseras som lätta, 3 som hårda och 5 som extrema). Dessutom karakteriserades ”känslan” av löpet.



Figur 5. Exempel på ”spår” och fartkurvor under två löp.

## ANALYS

För att utvärdera arbetsmiljön analyseras signalerna från förarsätet. Dessutom används signalerna från de två i skrovet placerade accelerometrarna för att beräkna  $\varepsilon$ -accelerationen vid stolsfundamentet. Denna signal analyseras sedan på samma sätt som stolens z-signal. Jämförelsen mellan dessa fångar effekten av stolen.

Med hänvisning till ISO 2631-1 (ISO 1997) används här framförallt två mått för att utvärdera vibrationernas påverkan på människan, dels *frekvensvägt rms* och dels dosmättet *VDV*. Det senare rekommenderas i standarden när toppfaktorn, *crestfactor*, som är kvoten mellan *max*-värdet och *rms*-värdet för den frekvensvägda accelerationstidserien, är större än 9. Dessutom beräknas *running-rms* och *MTTV* enligt standardens rekommendation. Beräkningsresultaten för frekvensvägt-rms och *VDV* utvärderas i jämförelse med vägledningen i standardens bilagor och EU-direktivet 2002/44/EG (EU 2002).

För att få en bild av maximal  $\varepsilon$ -acceleration i stolen, stolsfundamentet och vid toften akterst i sittbrunnen (där man skulle kunna tro att en passagerare skulle kunna sitta) har dessa signaler också extremvärdes analyserats (utan frekvensvägning). Det har gjorts genom att signalernas toppvärden anpassas till en Weibullfördelning följt av beräkning av det *most sannolika största* värde under en timme.

För varje sekvens beräknas också samtliga signalers *max*- och *rms*-värde. Beräkningsresultaten är sammanställda i Tabell 2.

## Beräkningsgång

Innan den egentliga analysen påbörjas klipps, med hjälp av information om farten från lagrad GPS-signal, tid med låg fart bort från mätsekvenserna (i samband med gång in och ut ur hamn). Därefter lågpasfiltreras samtliga kanaler med gränshfrekvensen 200 Hz. Detta påverkar inte signalerna från givaren placerad på förarsätet (kanalerna 3-5) då stolen i sig filtrerar bort höga frekvenser. För givarna 1 och 2 däremot innebär filtreringen att strukturvibrationer tas bort ur signalen. Tidigare studier, t.ex. Rosen & Garne (2004), visar att acceleration som kopplas till skrovbelastning vid bottenlag återges väl med frekvenser upp till ca 100 Hz.

Kanalerna 3-5 som mäter accelerationen i förarsätets sits och den beräknade stolsfundamentssignalen, frekvensvägs med vägningsfiltren angivna i ISO2631-1 ( $w_d$  för  $x$  &  $y$ ,  $w_k$  för  $\varepsilon$ -riktningen). Beräkningsstegen är transformation av mätsignalen till frekvensplanet genom FFT, det komplexa spektrumet multipliceras med vägningsfiltret varpå resultatet transformeras tillbaka till tidsplanet genom IFFT. Från den frekvensvägda accelerationssignalen,  $a_w$ , beräknas *rms*, *crest factor*, *running rms* ( $\tau=1s$  enligt rekommendation i standarden) ur vilket *Maximum transient vibration value MTTV* beräknas för sekvensen. Detta värde bedöms vara ett värde som ger en bättre bild av accelerationsnivån än sekvensens *rms* där stötarna får en underordnad betydelse. Dos-mättet *VDV* beräknas också för kanalerna. Dessutom extrapoleras *VDV* till längre tid, upp till 8-timmars exponering ( $VDV_{8h}$ ) vilket är referensmättet enligt EU-direktivet 2002/44/EG.

Då det visar sig att  $VDV_{8h}$  för stolens  $\varepsilon$ -riktning alltid överskrider 21 m/s<sup>1.75</sup> som är gränsvärdet i direktivet beräknas också den tid, vid förhållanden som under mätningen, då *VDV* når gränsvärdet. I direktivet står det i och för sig att gränsvärdena inte alltid är tillämpbara för sjöfart men här väljer vi ändå att använda det som ett jämförelsemått.

Det frekvensvägda *running rms* definieras (se. t.ex. ISO 2631-1):

$$rms_{\varepsilon}(a_w(t_0)) = \left\{ \frac{1}{\tau} \int_{t_0-\tau}^{t_0} [a_w(t)]^2 dt \right\}^{1/2} \quad (1)$$

där  $a_w$  är den frekvensvägda tidsignalen. Måttet innebär en tidsmedelvärdesbildning av signalens standardavvikelse vid tiden  $t_0$  för den senaste tidsrymden  $\tau$ . Om detta görs med jämna mellanrum kan vi se hur måttet varierar över tid,

$$rms_{\tau}(t) = [rms_{\tau}(a_w(t_0)) \quad rms_{\tau}(a_w(t_1)) \quad rms_{\tau}(a_w(t_2)) \quad \dots] \quad (2)$$

Genom vår samlade mängd  $rms_{\tau}(a_w)$ -värden vi kan titta på valfri längre tidsperiod  $T$  och plocka fram maxvärdet *Maximum transient vibration value*  $MTVV(T)$  som det största värdet av (2). Här har  $\tau$  valts till 1s enligt standardens rekommendation och  $MTVV$  beräknas för hela mätsekvensen.

Analogt med  $rms$  definieras  $rmq$  som fjärdegradens medelvärde över tiden  $\tau$ ,

$$rmq_{\tau}(a_w(t_0)) = \left\{ \frac{1}{\tau} \int_{t_0-\tau}^{t_0} [a_w(t)]^4 dt \right\}^{1/4} \quad (3)$$

$rmq$  används för att bestämma *the fourth power vibration dose value*  $VDV$  som enligt definitionen (ISO 2631-1) är,

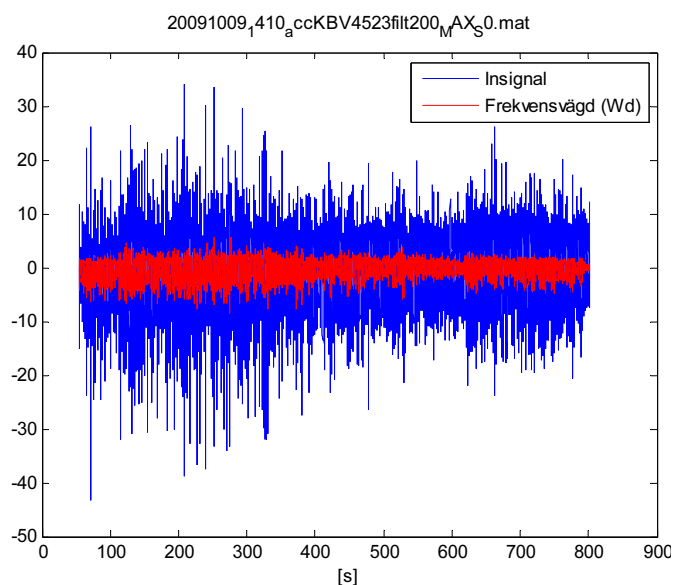
$$VDV = \left\{ \int_0^T [a_w(t)]^4 dt \right\}^{1/4} \quad (4)$$

Vilket helt enkelt är  $rmq$  beräknat över tiden  $T$  och multiplicerat med  $T$ . Det är alltså ett värde som ökar med exponeringstiden.

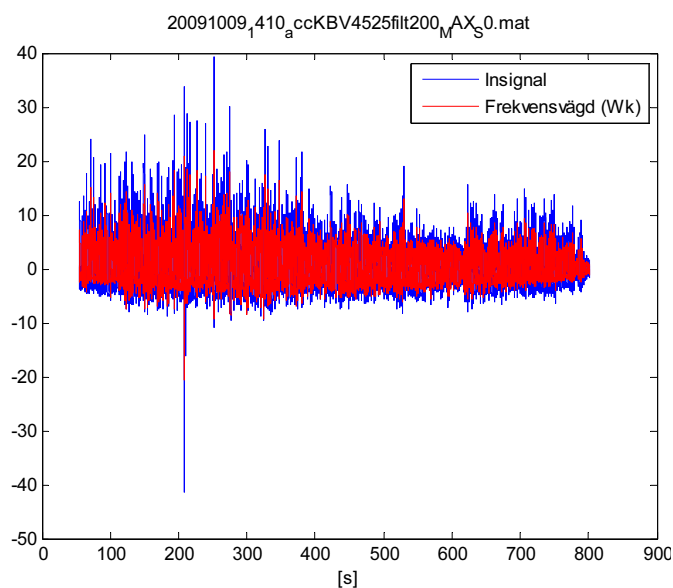
## RESULTAT

Enkäten visade att förhållandena under de 12 sekvenserna var representativa för ”I stort sett varje arbetspass” (endast med undantag av löp 9 där inslaget av manövrar var påtagligt, då var svaret ”Ungefär vartannat arbetspass”). Situationerna uppfattades som lätta-hårda på den 5-gradiga skalan där 1 benämndes lätta, 3 hårda och 5 extrema (1-1.5 5 ggr, 2 4 ggr & 2.5-3 2 ggr). För lättare belastning (5 ggr) bedömdes vanlig exponeringstid till ”En till flera timmar” och för de 6 fallen av högre belastning var motsvarande tid ”10-30 min”. Förarens karaktärisering av känslan var i samtliga fall positiv (”Glädje” & ”Flyt”) med tillägget ”Koncentration” i några av de hårdare löpen.

Signalerna från givaren visar riktningens karaktäristika där  $x$ -riktningen har störst utslag i negativ riktning, se Figur 6, och  $z$ -riktningen är påtagligt asymmetrisk med värden ned mot  $-g$  i negativ riktning och flera gånger högre pika i positiv riktning, se Figur 7. Notera också i figurerna att vägningsfiltren för de olika riktningarna påverkar signalen i mycket olika grad.



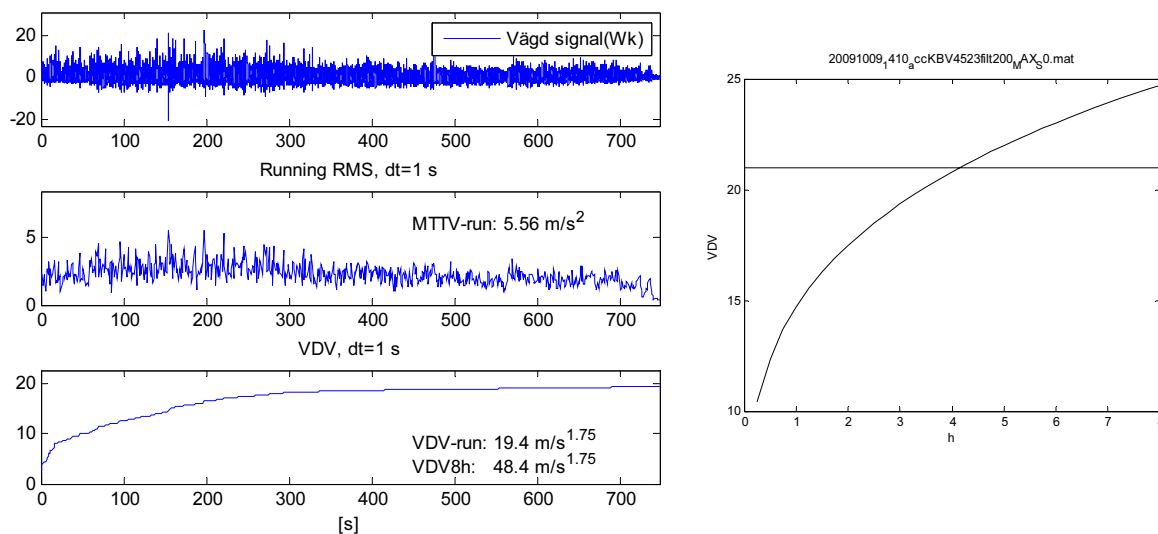
Figur 6. Råsignal och frekvensvägd signal i  $x$ -riktning från givaren i stolssitsen.



Figur 7. Råsignal och frekvensvägd signal i  $z$ -riktning från givaren i stolssitsen.



Beäkningen av *running rms* och *VDV* illustreras i Figur 8. Från den frekvensvägda signalen beräknas ett rms för varje sekund av signalen. Denna sekvens av rms-värden återges i mitten grafen. Det högsta av dessa mätningens rms definieras som *MTTV*. I den nedersta grafen återges hur *VDV*-värdet växer med tiden. I exemplet har EU-direktivets gränsvärde nästan nåtts under själva mätningen.



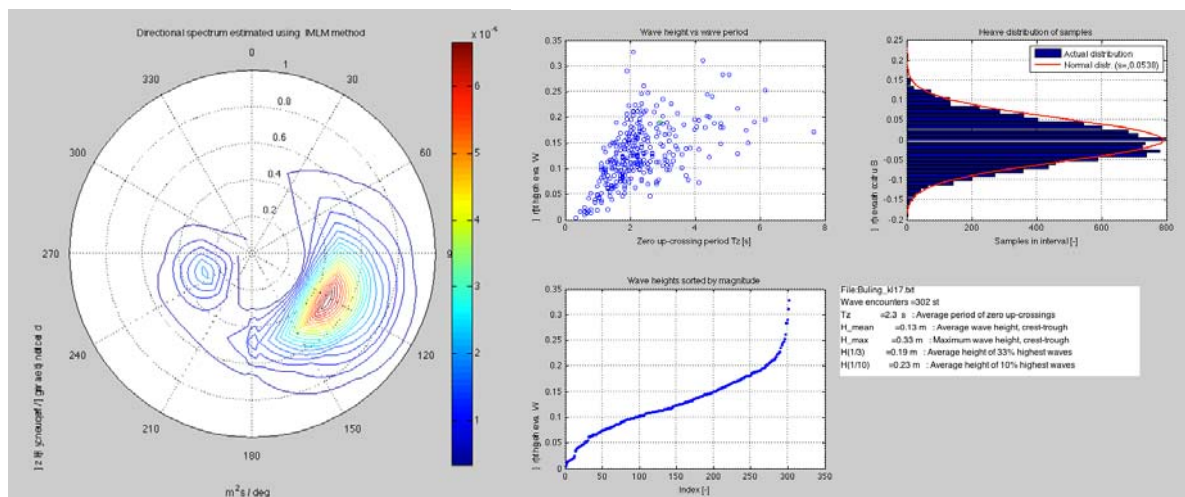
Figur 8. T.v. exempel på *running rms* och *VDV*-beräkning för en mätsekvens (löp 6, stol  $\zeta$ ). T.h. exempel på *VDV*-kurvan till 8 timmars exponering (löp 6, stol  $\chi$ ).

Tabell 2 sammanfattar alla beräknade storheter löp för löp. Det är tydligt att det är vertikal acceleration ( $\zeta$ -riktning) som är mest påtaglig och som inducerar vibrationsbelastning på besättning och utgör den stora belastningen på båten. *Crest factor* är ofta nära eller över 9 vilket motiverar *VDV* och *MTTV* måtten för den här typen av undersökningar. Man kan också direkt konstatera att EU-direktivets gränsvärde (21  $\text{m/s}^{1.75}$ ) överskrids efter ganska kort tid (10-30 min) och direktivets insatsvärde (9.1  $\text{m/s}^{1.75}$ ) överskrids i princip omedelbart. Intressant att notera är dock att stolen ungefär fördubblar den tillåtna exponeringstiden jämfört med om man suttit på en stum stol. När det gäller acceleration i  $\chi$  nås gränsvärdet efter flera timmar och i  $y$ -led nås inte gränsvärdet under en 8 timmars period.

Om man följer Sjöfartsverkets författningssamling (SJÖFS 2005:23) där den frekvensvägda signalens rms-värde används som mått på vibrationernas hälsorisk framgår att det finns två exponeringsvärden, ett insatsvärde och ett gränsvärde. Värdena gäller daglig exponering under en period av 8 timmar. Om insatsvärdet överskrids kommer arbetsgivaren att vara tvungen att utarbeta och genomföra ett program för tekniska och/eller organisatoriska åtgärder. Syftet med programmet skall vara att minska exponeringen för vibration till ett minimum. Arbetstagare får inte utsättas för värden som ligger över gränsvärdet om inte vibrationerna är orsakade eller överförda av fartygsskrovet och om det med hänsyn till den aktuella tekniska utvecklingen och arbetsplatsens särskilda karaktär inte är möjligt att uppfylla dessa skyldigheter. För helkroppsvibrationer är gränsvärdet 1.1  $\text{m/s}^2$  och insatsvärde 0.5  $\text{m/s}^2$ . Vid beräkningen av arbetstagarens dagliga exponeringsvärde utgår man från det högsta av de uppmätta effektivvärdena för den frekvensvägda accelerationen i tre huvudriktningar i enlighet med ISO 2631-1. Av mätningarna framgår att effekterna av acceleration i  $\chi$  &  $y$ -led är väsentligt lägre än i  $\zeta$ -led. För lättare belastning (enligt KBV-tjänstemannens bedömning) framgår att den medelvärdiga accelerationen är ungefär 1.9  $\text{m/s}^2$ . Det motsvarar att insatsvärdet skulle nås efter drygt 30 min och gränsvärdet efter knappt 3 timmar. För högre belastning nås insatsvärdet efter drygt 20 min och gränsvärdet efter knappt 2 timmar.

Standarden använder det *frekvensvägda rms* också för bedömning av komfort (ISO 2631-1 Annex B). Resultaten vid mätningarna med KBV452 visar *frekvensvägda rms* i  $\zeta$ -riktningen strax under 2  $\text{m/s}^2$  för löpen där belastningen bedömdes som "lätta" och 2-2.5 för de som bedömdes "hårda" (2-3). I ISO 2631-1 C.2.3 *Comfort reactions to vibration environments* karaktäriseras dessa nivåer som "very uncomfortable" respektive "extremely uncomfortable". Accelerationsnivåerna i  $\chi$  &  $y$  riktningen som kan sammanfattas på nivån 0.8-1.6  $\text{m/s}^2$  beskrivs som "uncomfortable".

Våghöjdsmätning genomfördes i slutet av dagen, se Figur 9. Den gemensamma uppfattningen är att sjön la sig under eftermiddagen. Tidigare under dagen hade våghöjden uppskattats till "mindre än 0.5 m". Bedömningen är att den signifikanta våghöjden ( $H_{1/3}$ ) var ca 0.4 m och avtog till 0.2 m. Perioden har sannolikt inte ändrats så mycket under dagen vilket ger uppskattningen att mätvärdet  $T_z=2.3$  s är representativt för dagen ( $T_z$  är medelperiod för vågornas nollgenomgångar).



Figur 9. Resultat från våghöjdsmätning. T.v. vågsystemets riktningsspektrum. T.h. Vågsspektrum och beräknade signifikantvärden och medelperiod.

Tabell 2. Resultatsammanställning. I kolumn 2 är "Belastn" den bedömning av förhållandena som föraren gjorde. Resultaten är ordnade löpvis. Tiden under löpnummret är den analyserade sekvensens längd. De tre första raderna för varje löp är data från den lågpasfilterade mätsignalen (gränsfrekvens 200 Hz). Resultat i raderna efter "Vägn. filter" (som hänvisar till frekvensvägningsfilter enl. ISO 2631-1) är från beräkningar gjorda på frekvensvägda signaler. Enheter: *Max*, *rms*, *MSS<sub>1b</sub>* & *MTTV* är uttryckta i m/s<sup>2</sup> och *VDV* i m/s<sup>1.75</sup>.

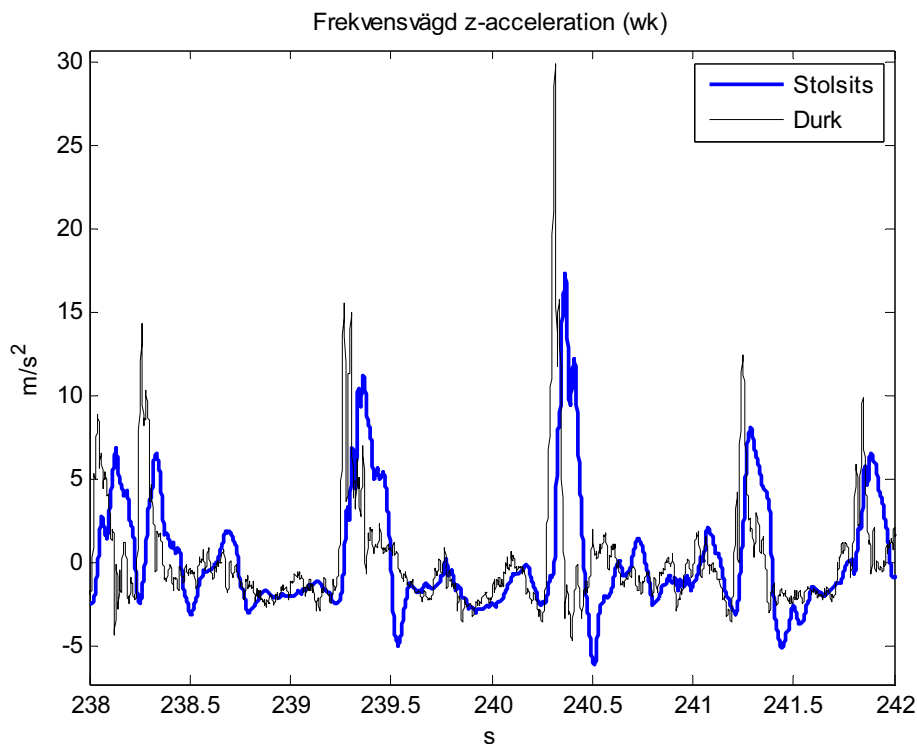
|                         |            | Acc1 | Acc2  | stol x   | stol y | stol z   | stol/durk |
|-------------------------|------------|------|-------|----------|--------|----------|-----------|
| Löp nr. 1               | Belastn: 2 |      |       |          |        |          |           |
| 574 s                   |            |      |       |          |        |          |           |
| <i>Max</i>              |            | 119  | 281   | -75.2    | 53.4   | 41.2     | 102.2     |
| <i>rms</i>              |            | 3.6  | 7.4   | 2.4      | 1.7    | 3.4      | 3.7       |
| <i>MSS<sub>1b</sub></i> |            | 144  |       |          |        | 46       | 120       |
| Vägn. filter            |            |      |       | $w_d$    | $w_d$  | $w_k$    | $w_k$     |
| <i>Crest factor</i>     |            |      |       | 8.3      | 9.6    | 13.2     | 26.6      |
| <i>rms</i>              |            |      |       | 1.2      | 0.7    | 2.0      | 1.9       |
| <i>MTTV-run</i>         |            |      |       | 3.2      | 2.1    | 7.1      | 7.6       |
| <i>VDV-run</i>          |            |      |       | 9.6      | 5.4    | 19.3     | 24.5      |
| <i>VDV<sub>8h</sub></i> |            |      |       | 25.4     | 14.3   | 51.3     | 65.2      |
| <i>T(VDV&gt;21)</i>     |            |      |       | 221 min  | >8 tim | 13.6 min | 5.2 min   |
| Löp nr. 2               | Belastn: 2 |      |       |          |        |          |           |
| 603 s                   |            |      |       |          |        |          |           |
| <i>Max</i>              |            | 66.1 | 325   | -44.7    | 43.8   | 42.2     | 93.9      |
| <i>rms</i>              |            | 3.6  | 8.8   | 2.8      | 2.0    | 3.9      | 4.1       |
| <i>MSS<sub>1b</sub></i> |            | 83   |       |          |        | 46       | 87        |
| Vägn. filter            |            |      |       | $w_d$    | $w_d$  | $w_k$    | $w_k$     |
| <i>Crest factor</i>     |            |      |       | 6.4      | 7.6    | 11.4     | 13.6      |
| <i>rms</i>              |            |      |       | 1.4      | 0.8    | 2.4      | 2.2       |
| <i>MTTV-run</i>         |            |      |       | 3.1      | 2.2    | 6.7      | 6.2       |
| <i>VDV-run</i>          |            |      |       | 10.5     | 6.2    | 20.5     | 24.0      |
| <i>VDV<sub>8h</sub></i> |            |      |       | 27.5     | 16.3   | 53.9     | 63.1      |
| <i>T(VDV&gt;21)</i>     |            |      |       | 160 min  | >8 tim | 11.2 min | 6.0 min   |
| Löp nr. 3               | Belastn: 1 |      |       |          |        |          |           |
| 558 s                   |            |      |       |          |        |          |           |
| <i>Max</i>              |            | 56.9 | 246.9 | -35.8    | 28.0   | 31.2     | 63.3      |
| <i>rms</i>              |            | 3.5  | 7.5   | 2.8      | 1.9    | 3.1      | 3.6       |
| <i>MSS<sub>1b</sub></i> |            | 68   |       |          |        | 32       | 98        |
| Vägn. filter            |            |      |       | $w_d$    | $w_d$  | $w_k$    | $w_k$     |
| <i>Crest factor</i>     |            |      |       | 6.9      | 9.0    | 9.6      | 19.8      |
| <i>rms</i>              |            |      |       | 1.0      | 0.5    | 2.1      | 1.9       |
| <i>MTTV-run</i>         |            |      |       | 2.4      | 1.5    | 5.3      | 5.3       |
| <i>VDV-run</i>          |            |      |       | 7.6      | 4.2    | 15.4     | 18.5      |
| <i>VDV<sub>8h</sub></i> |            |      |       | 20.5     | 11.3   | 41.3     | 49.5      |
| <i>T(VDV&gt;21)</i>     |            |      |       | >8 tim   | >8 tim | 31.6 min | 5.8 min   |
| Löp nr. 4               | Belastn: 1 |      |       |          |        |          |           |
| 741 s                   |            |      |       |          |        |          |           |
| <i>Max</i>              |            | 125  | 285   | -63.9    | 43.7   | 70.4     | 106.7     |
| <i>rms</i>              |            | 4.9  | 9.9   | 3.5      | 2.6    | 4.7      | 5.1       |
| <i>MSS<sub>1b</sub></i> |            | 154  | 330   |          |        | 63       | 127       |
| Vägn. filter            |            |      |       | $w_d$    | $w_d$  | $w_k$    | $w_k$     |
| <i>Crest factor</i>     |            |      |       | 7.2      | 8.4    | 11.5     | 17.8      |
| <i>rms</i>              |            |      |       | 1.6      | 0.9    | 2.8      | 2.8       |
| <i>MTTV-run</i>         |            |      |       | 3.3      | 2.9    | 8.0      | 7.4       |
| <i>VDV-run</i>          |            |      |       | 12.4     | 7.9    | 25.7     | 31.6      |
| <i>VDV<sub>8h</sub></i> |            |      |       | 31.1     | 19.8   | 64.1     | 79.0      |
| <i>T(VDV&gt;21)</i>     |            |      |       | 98.4 min | >8 tim | 5.6 min  | 2.4 min   |





## DISKUSSION OCH SLUTSATSER

Exponering ombord på KBV 452 karaktäriseras av att helkroppsvibrationerna innehåller ett stort inslag av stötar (slag). Storleken på dessa speglas av toppfaktorn som på skrovet varierar mellan 10-30. Stolen har en positiv inverkan och halverar i princip uppmätt toppfaktor. Mätningarna visar också tydligt att stolen minskar  $VDV$ -värdena. Figur 10 illustrerar hur stolen gör accelerationstopparna lägre men bredare vilket ökar signalens  $rms$ -värde. Här blir det alltså tydligt att  $rms$ -värdet inte är ett bra vibrationsmått när inslaget av stötar är stort (precis som standarden säger ISO (1997)).



Figur 10. Illustration till den karaktäristiska skillnaden mellan frekvensvägd ( $w_k$ )  $z$ -signal från givaren i stolen och den beräknade signalen som representerar  $z$ -acceleration vid stolsfundamentet.

Uppmätta  $VDV$ -värden och  $rms$ -värden under studerade förhållanden ombord på KBV 452 visar att dessa i förhållande till rådande föreskrift samt EU-direktiv efter en kort daglig exponeringstid överskrider. Även om undantag görs för gränsvärdet gäller insatsvärdet vilket innebär att arbetsgivaren är skyldig att utarbeta och genomföra ett program för tekniska och/eller organisatoriska åtgärder i enlighet med aktuell föreskrift. Vidare bör de anställda erbjudas möjlighet till medicinsk kontroll.

KBV-tjänstemannen som körde båten under mätningarna konstaterade att förar-/navigatorplatserna hade blivit bättre efter att man bytt stolar och bekräftade uppgiften (Lindgren 2009) att det är direkt olämpligt att åka i båten annat än sittande i stolarna. Denna bild bekräftas av mätningarna. Accelerationen (i z-led) vid stolsfundamentet är representativ för hela sittbrunnen och man kan konstatera att exponeringstiden till gränsvärdet för  $VDV$  är ca hälften så lång om man sitter på en stel stol (eller på aktra bänken) någonstans i sittbrunnen jämfört om man sitter i förar-/navigatorstolarna och att toppfaktorn är ungefär den dubbla. Än mer konkret uttryckt blir det i termer av det *mest sannolika största* accelerationsvärde som statistiskt är att förvänta under en timmes exponering,  $MSS_{1h}$ . Vid stolsfundamentet är detta maxmått runt 10 g -ett värde som stolen reducerar till ca 4 g.

Vid exponering av helkroppsvibrationer underskattas riskerna för skada om innehållet av stötar är stort. Detta beror på att metoden i standarden SS-ISO 2631-1 ursprungligen är framtagen för vibrationer med ett jämnt förlopp utan stötar. Det är därför viktigt att göra en specifik utvärdering vid stötar och rekommendationen är att en utökad analys bör göras om toppfaktorn är större än 6. Detta är fallet för KBV 452 varför fördjupade mätningar och analyser rekommenderas.

## REFERENSER

EU, *Europaparlamentets och rådets direktiv 2002/44/EG*, Europeiska gemenskapernas officiella tidning L 177, 2002.

ISO, ISO2631-1, *Mechanical vibration and shock –Evaluation of human exposure to whole-body vibration*, Second edition, 1997.

Kuttenkeuler J., Rosén A., Garne K., *Buling - portabelt vågmätsystem för bestämning av havsvågors höjd, period och propageringsriktning*, KTH Marina system, 2005.

Lindquist E, *Begäran om G-kraftsmätning på Kbv 452*, Kustbevakningen Oxelösund, Brev daterat 2009-07-16, 2009.

Rosén A., Garne K., *Model Experiment Addressing the Impact Pressure Distribution on Planing Craft in Waves*, International Journal of Small Craft Technology, Vol.146, (RINA Transactions Part B), 2004.

SJÖFS, *Sjöfartsverkets föreskrifter och allmänna råd om arbetsmiljö på fartyg Sjöfartsverkets författningssamling*, SJÖFS 2005:23, 2005.

## BILAGA 1 ÖVERSIKT

| Löp nr. | Filnamn           | Uppskattad belastningsnivå (antecknad tid vid mätn. slut) | Kommentar                             |
|---------|-------------------|---|---------------------------------------|
| 1       | 20091009_1101_acc | <b>2</b> (11.12)  |                                       |
|         | 20091009_1101_gps |   |                                       |
| 2       | 20091009_1118_acc | <b>2</b> (11.32)  |                                       |
|         | 20091009_1118_gps |   |                                       |
| 3       | 20091009_1132_acc | <b>1</b> (11.49)  |                                       |
|         | 20091009_1132_gps |   |                                       |
| 4       | 20091009_1250_acc | <b>1</b> (13.50)  | LUNCH                                 |
|         | 20091009_1250_gps |   | loggar för länge, använder 738-1480 s |
| 5       | 20091009_1355_acc |   |                                       |
|         | 20091009_1355_gps |   | ofullst.                              |
| 6       | 20091009_1410_acc | <b>3</b> (14.30)  |                                       |
|         | 20091009_1410_gps |   |                                       |
| 7       | 20091009_1514_acc | <b>1</b> (15.32)  |                                       |
|         | 20091009_1514_gps |   |                                       |
| 8       | 20091009_1551_acc | <b>2</b> (16.06)  |                                       |
|         | 20091009_1551_gps |   |                                       |
| 9       | 20091009_1604_acc | <b>2.5</b> (16.17)  |                                       |
|         | 20091009_1604_gps |   |                                       |
| 10      | 20091009_1619_acc | <b>2</b> (?)  |                                       |
|         | 20091009_1619_gps |   |                                       |
| 11      | 20091009_1646_acc | <b>1.5</b> (17.00)  |                                       |
|         | 20091009_1646_gps |   |                                       |
| 12      | 20091009_1715_acc | <b>1</b> (17.25)  | vågbojsmätning                        |
|         | 20091009_1715_gps |   | $H_{1/3}=0.2$                         |



## BILAGA 2. FRÅGEFORMULÄR

KBV452 Oxelösund 2009-10-09

Tid:1. Hur ofta drivs båten så här?I stort sett varje arbetspass. Ungefär vartannat arbetspass. Mer sällan. 2. Under hur långa perioder drivs båten så här?Några minuter i taget. 10-30 min. En till flera timmar. 3. Hur bedömer du belastningsförhållandena?

|                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Lätta                    |                          | Hårda                    |                          | Extrema                  |

4. Vilket ord passar bäst in på känslan?Frihet. Pust. Koncentration. Trötthet. Slit. Flyt. ..... Glädje.