

**Avrapportering av Svenska
Byggbranschens Utvecklingsfond
(SBUF) projekt dnr 12111
”Utveckling av mätsystem för
hand-arm vibrationer”**

Kjell-Åke Lifhjelm
Sveriges Byggindustrier Region: Norra Norrland
Brogatan 4,
903 25 Umeå



Förord

Inom bygg- och anläggningssektorn är det många som dagligen utsätts för vibrationer från olika former av handhållna vibrerande maskiner. Dessa vibrationer drabbar många anställda i form av livslånga skador som exempelvis vita fingrar, domningar och känselnedsättning.

För att minska uppkomsten av besvär hos anställda inom bygg- och anläggningssektorn är det av största betydelse att det finns tillgång till lättanvänd mätutrustning som ökar förståelse kring vibrationsexponering. Den aktuella vibrationsbelastningen bör vidare återkopplas till användaren för att denna både ska kunna påverka och åtgärda orsaker till höga exponeringar. Dessutom är det av viktigt att aktuell vibrationsexponering relateras till de insats- och gränsvärden som Arbetsmiljöverket framtagit. Något sådant mätsystem finns inte idag.

I projektet har deltagit;
Peter Jönsson och Timmy Kristoffersson från Center for Vibration Comfort AB (CVK), Luleå, för utveckling av nytt mätsystem.

Peab Sverige AB, som ställt upp med arbetsplatser för fältstudier. Kontaktperson har varit Göran Söderlund.

Lage Burström, Yrkes- och miljömedicin, Umeå Universitet, som ställt upp med vetenskapliga fakta och bedömningar.

Ett stort tack riktas till SBUF och alla arbetsledare, skyddsombud och byggnadsarbetare som deltagit i projektet.

Kjell-Åke Lihjelm
Projektledare

Innehållsförteckning

Förord.....	2
Sammanfattning.....	4
Bakgrund.....	5
Genomförande.....	8
Resultat	9
Fortsatt utvecklingsarbete	14
Referenser	15

Sammanfattning

Hundratusentals arbetstagare i Sverige utsätts dagligen för skadliga vibrationer i arbetet. Behov av enkla mätsystem och skyddsutrustning har växt i takt med ökad kunskap och nya direktiv.

I detta projekt har ett nytt innovativt system för att registrera och påvisa om riskerna med hand arm vibrationer testats i fält tillsammans med CVK AB, Umeå Universitet, Peab samt SBUF.

Genomförandet av projektet har delats upp två olika steg, produktutveckling och fältmässig provning, som delvis genomförts parallellt. I denna rapport beskrivs främst resultat från den fältmässiga provning av prototyperna.

Fyra olika tester, A-D har genomförts på Peabs byggarbetsplatser under december 2008 till februari 2009.

Resultaten visade att systemet är enkelt och användbart vid byggarbeten, väldigt liten eller ingen inverkan på arbetet från användande av mäthandskarna. En annan viktig slutsats var att placering av sensorn i handsken var tillfredsställande. Produkten skall utvecklas till ett färdigt koncept av CVK.

Bakgrund

Vibrationer påverkar oss på olika sätt beroende på deras egenskaper. Därför är det lämpligt att dela in vibrationer i två olika områden, nämligen helkroppsvibrationer och hand- och arm vibrationer. *Helkroppsvibrationer* förekommer när någon sitter, står eller ligger på ett vibrerande underlag. Denna typ av vibrationer utsätts man för i t.ex. skogsmaskiner, bussar, tåg, flygplan och fartyg, men även i arbetslokaler där golvet satts i rörelse av någon vibrationskälla. *Hand- och arm vibrationer* är mest vanliga i samband med arbete med vibrerande maskiner och verktyg som hålls eller stöds av handen. Det kan även förekomma hand- och arm vibrationer i rattar, styren och reglage.

Utsatta

I Sverige utsätts ungefär 300 000 anställda regelbundet för helkroppsvibrationer och cirka 350 000 personer arbetar regelbundet med vibrerande handhållna maskiner.

Av AFA:s statistik över arbetsjukdomar som medfört medicinsk invaliditet under åren 2004–2005, framgår att ca 21 % orsakats av effekter av vibrationer. Spridningen mellan olika yrkesgrupper är stor och för Bygg- och anläggningsarbete framgår att antalet som får godkända arbetsjukdomar uppgår till 0.9 arbetare per 1 000 sysselsatta. Detta är ca 5 gånger högre än medeltalet. Arbetsmiljöstatistik för 2007 visar att ca 60 % av männen inom bygg- och anläggningsverksamhet angav att de arbetar minst $\frac{1}{4}$ av tiden med vibrerande handverktyg. Dessutom framgår att ca en tredjedel av de anställda har ont minst en dag per vecka i rygg/nacke/axlar eller armar.

Besvär

Vår påverkan av vibrationer kan delas in i övergående och bestående effekter. De övergående effekterna är tillfälliga och uppkommer direkt när vi utsätts för vibrationer och försvinner efter att de upphör. De bestående effekterna kan uppkomma såväl efter kort som långvarig exponering och kvarstår efter avslutad exponering.

Det går inte att förutsäga vem som kommer att få bestående skador av vibrationer. Vissa drabbas redan efter kort tids arbete, för andra kan det ta många år och ibland uppstår ingen skada alls. Känsligheten varierar alltså mycket mellan oss människor.

Handhållna vibrerande maskiner, exempelvis tigersågar, skruvdragare, slagborrmaskiner, slipmaskiner och bergborrmaskiner överför vibrationer till händer och armar. De kan därmed ge upphov till tillfälliga besvär som köldkänsla, domningar och nedsatt känsel i händerna, vilket kan öka risken för olycksfall. Även bestående skador som vita fingrar, nerv- och muskelpåverkan kan uppkomma. Vita fingrar yttrar sig som anfall av blekhet och i samband med detta minskad känsel i framförallt fingrarna. Symtomen uppstår ofta vid nedkylning och kan framträda vid tillfällen då ingen vibrationsexponering förekommer, exempelvis i samband med bad, fiske eller andra tillfällen då händerna eller hela kroppen kyls ned. Vibrationer i kombination med handintensivt arbete kan också bidra till så kallade ”belastningsskador”.

Regler om vibrationer

Arbetsmiljöverket har gett ut föreskrifter som berör vibrationsexponering. Dels föreskrifterna ”Vibrationer (AFS 2005:15)”, dels ”Medicinska kontroller i arbetslivet (AFS 2005:6)”

Kraven i föreskrifterna om vibrationer är baserade på Europeiska unionens (EU:s) direktiv 2002/44/EG om arbetstagares exponering för risker i samband med vibrationer i arbetet. Direktivet beskriver minimikraven för arbetstagarnas säkerhet och hälsa, som gäller i EU:s medlemsländer.

Enligt arbetsmiljölagen är det arbetsgivaren som har huvudansvaret för arbetsmiljön. Arbetsmiljölagen beskriver övergripande hur ansvaret ska uppfyllas och föreskrifterna beskriver mer i detalj arbetsgivarens ansvar. Föreskrifterna om vibrationer kompletterar föreskrifterna om systematiskt arbetsmiljöarbete när det gäller rutiner, kunskaper och riskbedömning i samband med exponering för vibrationer i arbetet.

Föreskrifterna om vibrationer riktar sig till arbetsgivare inom verksamheter där de anställda utsätts eller kan komma att utsättas för risker på grund av vibrationer. Föreskrifterna omfattar både exponering för hand- och arm vibrationer och helkroppsvibrationer. För att uppfylla de krav som beskrivs i föreskrifterna ska arbetsgivaren planera och bedriva arbetet på ett sådant sätt att arbetstagarnas vibrationsexponering minskas till lägsta möjliga nivå.

I de fall man inte lyckas planera bort arbetsuppgifter som innebär att man utsätts för vibrationer, är man tvungen att göra en riskbedömning. Arbetsgivaren måste regelbundet bedöma de risker som arbetstagarna utsätts för, på grund av exponering för vibrationer. Riskbedömningen ska dokumenteras och kunna visas upp för Arbetsmiljöverket. En riskbedömning väger samman information om hur troligt det är att en skada ska uppkomma, hur ”farlig” skadan är samt om risken kan accepteras. En riskbedömning ska bl.a. innehålla en uppskattning av arbetstagarnas vibrationsexponering. Uppskattningen kan göras på två sätt, antingen genom mätning eller genom hänvisning till relevant information om de använda arbetsutrustningarnas vibrationspåverkan under de aktuella förhållandena.

Om det i riskbedömningen framkommer att en arbetstagares dagliga vibrationsexponering överstiger insatsvärdena i föreskrifterna, ska orsaken till detta utredas. Och om åtgärder inte genomförs omedelbart ska en tidsbestämd handlingsplan utarbetas och genomföras. Arbetsgivaren ska erbjuda medicinska kontroller när arbetstagare utsätts för vibrationer över insatsvärdet. Likaså när de exponerats på ett sådant sätt att det kan finnas skäl att misstänka ett samband mellan exponeringen och skadliga hälsoeffekter, även om insatsvärdet inte överskridits.

Vibrationsexponeringen får inte överskrida gränsvärdet. Om gränsvärdet överskrids ska arbetsgivaren vidta omedelbara åtgärder för att minska vibrationsexponeringen.

För hand- och arm vibrationer är insatsvärdet 2.5 m/s^2 och gränsvärdet 5.0 m/s^2 .

Behov av utveckling

Det finns ett behov av smarta och kostnadseffektiva lösningar för att minska de vibrationsrelaterade arbetsmiljöproblemen inom Bygg- och anläggningssektorn.

En möjlighet är att medvetandegöra maskinoperatören om den aktuella vibrationsexponeringsnivån. På så vis kan denne både påverka och åtgärda orsaker till höga exponeringar. System för att mäta och minska helkroppsvibrationer har tidigare utvecklats och används främst i arbetsfordon. Systemet ger en återkoppling av den aktuella vibrationsdosen som arbetstagaren är utsatt för.

Syfte

Syftet med projektet har varit att utvärdera prototyp av ett mätsystem för hand-arm vibrationer som ökar förståelse kring vibrationsexponering samt att utveckla en lättförståelig och användarvänlig produkt. Produkten skall ge en återkoppling till maskinoperatör om aktuell exponeringsnivå av vibrationer vilket ökar möjligheten för att utbilda användaren i sambandet mellan hanteringen av maskinen och den resulterande vibrationsexponeringen.

Ett viktigt syfte med projektet var att utvärdera i vilken grad man kan arbeta med mäthandskarna på samt hur störande mäthandskarna kan upplevas.

Genomförande

Genomförandet av projektet har delats upp två olika steg- produktutveckling och fältmässig provning, som delvis genomförts parallellt.

Produktutveckling inom projektet har genomförts av Center for Vibration Comfort AB (CVK). Företaget startades av Peter Jönsson år 2001 som ett avknopningsföretag från Luleå Tekniska Universitet. Företaget har specialiserats sig på att utveckla smarta produkter för riskbedömning, identifiering och minimering av vibrationer. Tidigare har företaget utvecklat en vibrationsmätare (HealthVib WBV Standard) som mäter helkroppsvibrationer. Mätaren kan kopplas till en displayenhet (Vibindicator) för att visa uppmätt vibrationsbelastning i förhållande till insats – och gränsvärdet i EU-direktivet. Displayen placeras synligt, t.ex. i fönstret på ett fordon för att kontinuerligt ge återkoppling till föraren i form av olika färger, grönt, gult och rött. Föraren kan även närhelst se hur mycket av den dagliga tillåtna vibrationsdosen som är förbrukad. Rött motsvarar överskridande av gränsvärde, gult motsvarar överskridande av insatsvärde och grönt är under både insats- och gränsvärdet.

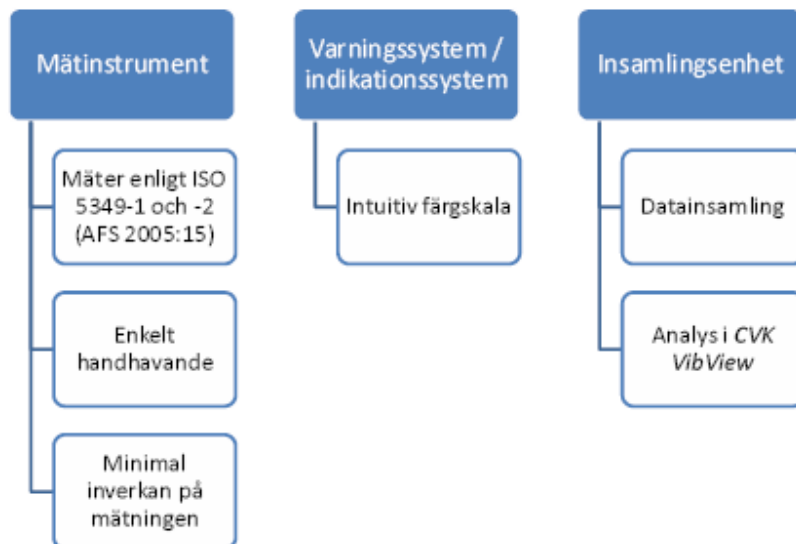
Under 2007 genomfördes ett examensarbete vid CVK för att utveckla en ny produkt för mätning av hand- och arm vibrationer vid arbete. Examensarbetet resulterade i ett antal konceptförslag. I detta projekt har dessa förslag testats och utvärderats för att sedan kunna utvecklas till en färdig produkt.

CVK påbörjade arbetet under hösten 2008 genom att ta fram olika tekniska lösningar. Dessa lösningar har sedan testats i samarbete Peabs Byggarbetsplatser. Lösningarna har därefter modifierats och förnyade fältmässig provning har genomförts.

Testerna med på Peabs arbetsplatser har varit fyra till antal, Test A, B, C och D. Test A genomfördes i Umeå (december 2008), test B också i Umeå (januari 2009), test C i Skellefteå (februari 2009) och sista testet D i Luleå (februari 2009).

Resultat

Testerna på Peabs byggarbetsplatser har givit klarhet i hur en färdigprodukt skall utformas för att enkelt mäta och samtidigt informera om skadliga vibrationsexponeringar. Projektet gav tydlig indikation på att mäthandskarna inte påverkar arbetet nämnvärt, oftast inte alls. Placeringa av sensorn i handsken visade sig vara tillfredsställande. Grundkonceptet bygger på att mätinstrument, indikatornhet och insamlingsenhet, figur 1. Kravet är att mätinstrumentet uppfyller ställda krav på instrumentering inom området och att det fyller de krav som ställs i de internationella standarderna ISO 5349 (del 1 och del 2). Indikatornheten ska redovisa uppmätta nivåer på ett överskådligt och intuitivt sätt. Insamlingsenheten ska kunna användas för att mer noggrant i efterhand kunna utvärdera uppmätta vibrationer.



Figur 1. Koncept för utrustningens uppbyggnad.

För att klara dessa krav utvecklade CVK en lösning enligt Figur2.



HealthVib HAV Konzept

HealthVib® HAV

Mäter, analyserar i enlighet med standard och direktiv.



Vibindicator™ HAV

återkopplar vibrationsdosen på en färgskala.

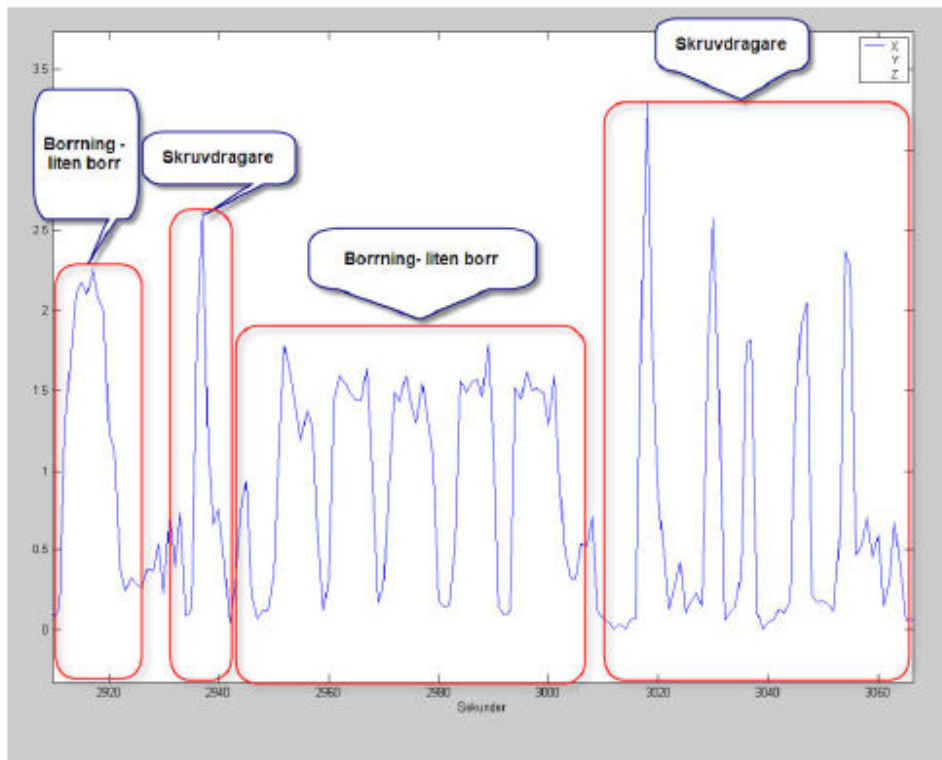
Data kan också exporteras till annan lagringsenhet, ex. hårddisk, mobiltelefon för ytterligare/senare analyser.

Figur 2. Lösning för hand och arm vibrations produkt.

Den sk. HealthVib HAV konceptet bygger på att en mätsensor (accelerometer) utvecklas och monteras i en handske, i kontaktytan mot det vibrerande objektet. På handsken monteras en analysenhet. Från analysenheten kan sedan trådlöst skickas signaler till en indikator enhet som visar den aktuella vibrationsbelastningen. Uppmätta vibrationer ska kunna tas över från analysenheten för efterföljande analys i dator.

Prototyp alfa

Den fältmässiga provningen, test A startade under december 2008 med prov på fem olika vibrerande maskiner; skruvdragare, popnitare, stor och liten betonghammare samt tigersåg. Resultaten visade att handskmodellen med fingrar fungerade bra och påverkade inte hanterbarheten av maskinerna. Nedan visas exempel från mätningarna där byggnadsarbetaren använt två olika maskiner, en bormaskin och en skruvdragare. Dessa analyser har utförts i nyutvecklad programvara.



Figur 3: Borrning med liten borrh i tak följt av skruvning med skruvdragare.

Några slutsatser runt nivåerna kunde dock inte dras eftersom arbetet med kalibrering ännu inte slutförts.

Däremot upplevdes inga hinder i arbetet från handsken eller den inbyggda sensorn.

Prototyp beta

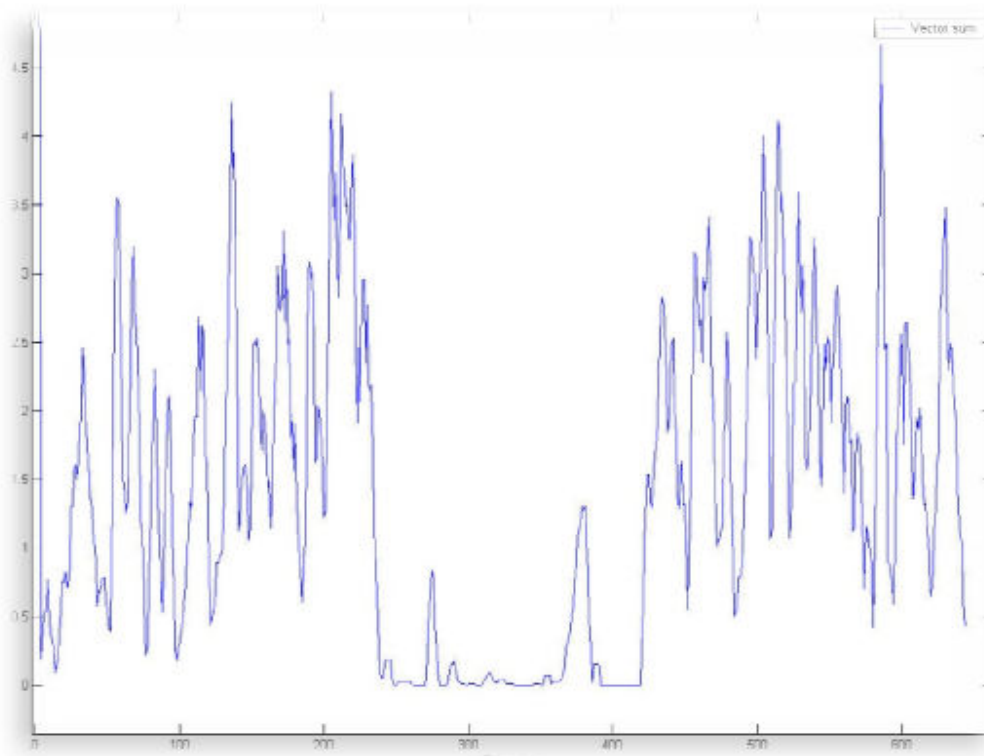
Samma modell av handske från prototyp A användes i test B.

På byggarbetsplatsen utdelades tre stycken mät- och indikatorenheter till olika arbetare som jobbade med diverse vibrerande maskiner. Den förste arbetade med håltagning i gips för kablar samt ventilation och använde tigersåg och figursåg. De övriga två arbetade med gipsuppsättning och använde lim- samt skruvpistoler.



Figur 4. Bilder från arbete med håltagning och gipsuppsättning.

De som jobbade med mät- och indikatorerheterna ansåg att de kunde arbeta obehindrat med handsken på. Gipsuppsättarna kände av sensorn i handen när det utförde andra moment än skruvning och limning. Den arbetare som utförde håltagning märkte inte av mätutrustningen. Nedan visas exempel på mer noggrann analys av vibrationsnivåerna vid gipsmontage med skruvpistol.



Figur 5 Visar vibrationsnivåer vid gipsmontage med en skruvpistol.

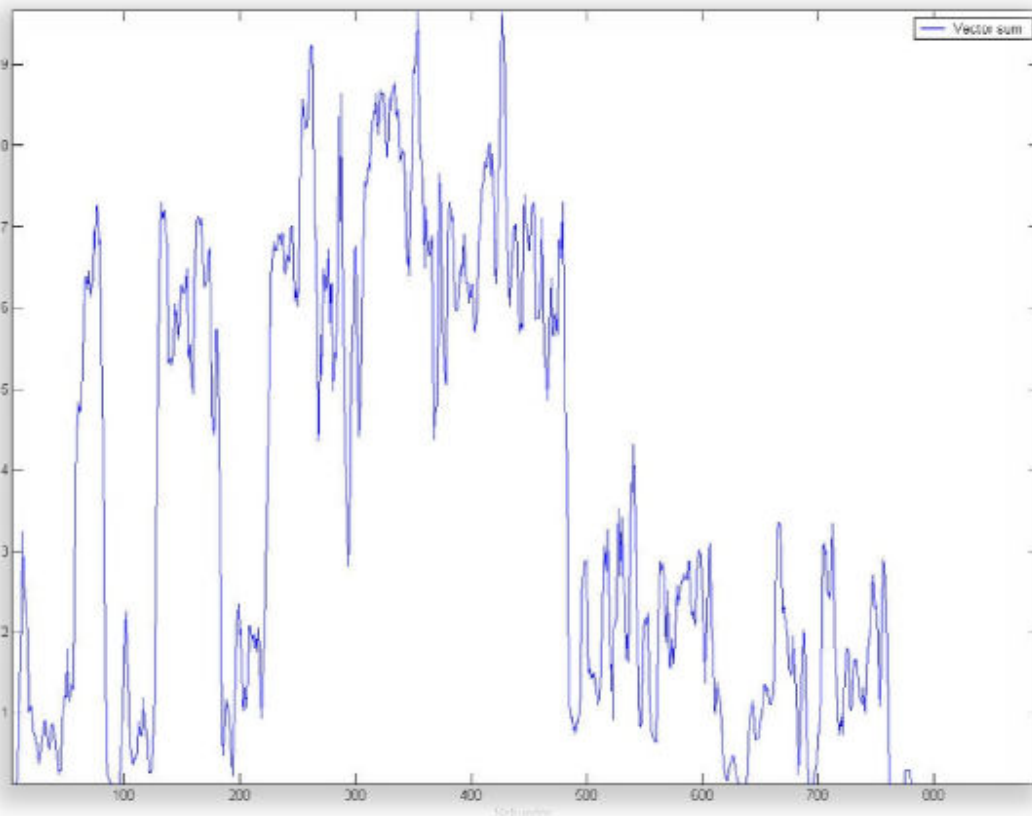
Prototyp delta

Under februari 2009 genomfördes mätningar, test C, när tre byggnadsarbetare använde tigersåg och borrhammare, figur 6.



Figur 6. Bilder från arbete med tigersåg och borrhammare.

Inför fältstudie hade rutinerna för överföringen av data mellan mät- och indikatorerhet blivit uppdaterade för att fungera bättre. Nedan (figur 7) visas en detaljstudie av vibrationerna vid användning av borrhammare.



Figur 7. Vibrationer som uppmättes med mätutrustningen vid användning av borrhammare.

Även vid detta tillfälle tillfrågades användarna om upplevelsen av utrustningen och ingen stördes nämnvärt av denna. Tyngden på självaste analysenheten kunde dock vara något som störde.

Prototyp epsilon

Under projektets sista fältstudie, test D, deltog tre byggnadsarbetare som använde olika typer av handhållna maskiner (cirkelsåg, stativborr, skruvpistol).



Figur 8. Bilder från sista fältstudien.

Byggnadsarbetarna använde utrustningen upptill ca 1 timme under arbete. Deras erfarenhet var att den inte störde arbetet och eftersom överföringen av data till indikatornheten fungerade perfekt gav den tänkt återföringsupplevelse.

Fortsatt utvecklingsarbete

Syftet med projektet har varit att utveckla ett mätsystem för hand-arm vibrationer som ökar förståelse kring vibrationsexponering samt att utveckla en lättförståelig och användarvänlig produkt. Under projektets genomförande har den använda utrustningen varit av olika prototyp versioner varför inte för stor vikt kan läggas vid resultatet och inte för stora slutsatser bör dras utifrån dessa. Framtagna prototyper för handske, sensor, analysenhet samt indikatornhet klara de olika arbetsmoment som byggnadsarbetare utför.

Resultatet av analysen av vibrationsmätningarna visar att avsnitt där byggnadsarbetaren enbart hanterar olika föremål (icke vibrationsrelaterade) också registreras som vibrationer. Åtgärder för att minska denna inverkan måste åtgärdas i den fortsatta produktutvecklingen. Vidare är vikten på analysenheten något som bör kunna minskas i det fortsatta arbetet. Enheterna klarar den bitvis tuffa miljön som arbetet sker i fastän vid vissa arbetsmoment bör analysenheten ges möjlighet att övertäckas exempelvis för att undvika stänk vid betongarbete. Handskarna kommer att slitas varför nya bör finnas tillgängliga för byte.

De framtagna prototyperna med en sensor i kontaktytan mellan hand och maskin har visat sig vara en framkomlig väg som även fungerar vid praktisk användning. Användarvänligheten har också visat vara stor där just undvikande av sladdar och lösa givare är viktig. Dessutom betonar de som använt utrustningen att återkopplingen av resultaten via indikatornheten är en mycket positiv erfarenhet.

I en färdig lösning kommer även en förenklad enhet för registrering av data från den andra handen att utvecklas och som sänder data till indikator och den andra handens enhet.

Konceptet kommer nu att utvecklas av CVK till en färdig produkt.

Referenser

Jansson M, Larsson T, Normark M, Oldertz C, Tezic K. Allvarliga arbetsskador och långvarig sjukfrånvaro, Stockholm AFA, 2008

Arbetsmiljön 2007, Arbetsmiljöstatistik Rapport 2008:4. Stockholm, Sveriges officiella statistik, Arbetsmiljöverket, 2008.

Edbladh, Jens Utformning av mätutrustning för hand- och armvibrationer Luleå tekniska universitet, examensarbete NR 2008:160 ISSN 1402-1617 / ISRN LTU-EX--08/160—SE

Arbetsmiljöverkets föreskrifter om vibrationer, 2005: AFS 2005:15
Arbetsmiljöverket

EU, Directive 2002/44/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration). 2002.

ISO 5349-1. Mechanical vibration - Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration - part 1: General guidelines.

ISO 5349-2. Mechanical vibration - Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration - part 2: Practical guidance for measurement at the workplace (ISO 5349-2:2001).