

**BEEREN
BERG**

AS
SINUS



**VIBRASJONSDEMPENDE
HANSKER**

RAPPORT : 108000-0-R01
Revisjon : 0
Dato : 30.01.2017
Antall sider : 31
Antall vedlegg : 1

Vibrasjonsdempende hansker

Oppdragsgiver: NHO arbeidsmiljøfond
Forfattet av: Tønnes A. Ognedal og Roar Høydal
Kontrollert av: Linda Aumo og Øistein Volline Nessler

SAMMENDRAG

Arbeid med vibrerende verktøy kan gi yrkesskader som har fått betegnelsen Hånd-arm vibrasjonssyndrom, forkortet til HAVS. Vibrasjonsdempende hansker har til nå ikke vært ansett som en barriere som kan redusere risikoen for HAVS.

I denne studien er det gjennomført et stort antall målinger på ulike kombinasjoner av verktøy og hansker. En av intensjonene var å undersøke om det fantes grunnleggende egenskaper ved dempingen til hanskene som var uavhengig av hvilket verktøy de ble brukt sammen med. Det viste seg imidlertid svært vanskelig å si noe eksakt om effekten av hansker på et verktøy ut fra målte dempeverdier til et annet. Dette skyldes bl.a. at verktøyene vibrerer forskjellig både i frekvens, nivå og retning. I tillegg brukes det forskjellig kraft i ulike retninger under arbeid med ulike typer verktøy. Tidlig i prosjektet ble det derfor konkludert med at det ville være størst nytteverdi i å utføre et stort antall målinger på forskjellige grupper av verktøy som bajonettsag, vinkelsliper, rettsliper, nålebanker, muttertrekker osv.

Måleresultatene er presentert i en database hvor man kan finne detaljerte verdier fra hver enkelt måleserie, dvs; for hver enkel hanske på hvert enkelt verktøy i hver spesifikk innstilling (som i hovedsak relateres til turtall/frekvens). I tillegg kan databasen fremstille oversiktstabeller for dempingen i de forskjellige situasjonene og usikkerhet i målingene med mere. Tabellene stiller opp verktøyet med stigende turtall (frekvens) langs den ene aksene og hanskene langs den andre. Ved å ta hensyn til usikkerhet i målingene etableres en såkalt akseptert dempeverdi, ADV. Denne er valgt slik at den angir dempingen for en gitt kombinasjon av verktøy og hanske med 90 % sikkerhet.

Av oversiktene kan man trekke følgende viktige konklusjoner:

Gjennomsnittlige dempeverdier viser at de fleste vibrasjonsdempende hanskene i snitt gir et positivt bidrag til å redusere hånd-armvibrasjoner. ADV-verdiene viser at man kan forlenge tillatt arbeidstid for mange kombinasjoner av hansker og verktøy. Dette gjelder spesielt verktøy med høye turtall.

Vi er av den formening at prosjektet har gitt oss gode svar på de mål vi hadde satt, med hovedgevinst øket kunnskap om mulige effekter av vibrasjonsdempende hansker og i tillegg fått utarbeidet en brukervennlig database med tilgjengelige resultater. Databasen kan brukes både til å se på effekt av hansker opp mot spesifikt utstyr og til å beregne økt brukstid på samme kombinasjoner. Prosjekt og resultater vil være tilgjengelig på internett og distribueres gjennom fagmiljøer, organisasjoner og øvrige interessenter.

Innhold

Innhold	3
Forord	5
1. Bakgrunn.....	6
1.1 Generelt om hånd/arm vibrasjoner.	6
1.2 Forekomst av symptomer på HAVS i Beerenberg	6
1.3 Målsetting med hanskestudien - Prosjektbeskrivelse	7
2 Vibrasjonsgrenser og målestandarder	8
2.1 Forskriftskrav, grense- og tiltaksverdi	8
2.2 Bruk av tiltaks- og grenseverdi med tilhørende usikkerhet	9
2.3 Målestandarder for vibrasjoner.....	10
2.3.1 Måling av hånd-arm vibrasjoner:	10
2.3.2 Målestandard for vibrasjonsdempende hansker	10
3 Relevant litteratur.....	12
4 Feltmålinger og erfaringer	13
4.1 Gjennomføringsmodell opp imot standardene	13
4.1.1 Kriteriene i NS-EN ISO 10819:2013	13
4.1.2 Dempeverdier for mer nyanserte vurderinger	13
4.1.3 1- akset versus 3-aksede feltmålinger	15
4.1.4 Vibrasjonsspekter i feltmålinger	15
4.1.5 Antall målinger som grunnlag for resultatet.....	15
4.1.6 Forskjeller i vibrasjonsnivå og kraft mellom felt og laboratoriemålinger	15
4.2 Erfaringer med dempeverdier knyttet til bruk av verktøy	16
4.3 Andre forhold	16
4.3.1 Forhold knyttet til brukerne:	16
4.3.2 Forhold knyttet til hanskene	16
4.3.3 Bruk av verktøyet	17
4.3.4 Håndflate eller finger-vibrasjoner	17
4.3.5 Andre observasjoner	17
4.4 Verktøyspesifikk dempeverdi	18
5 Målemetode.....	19
5.1 Mål med studien	19
5.2 Måleutstyr	19
5.3 Valg av hansker og verktøy	19
5.4 Måleprosedyre	20

6	Måleresultater	21
6.1	Organisering i database	21
6.2	Beregningsstørrelser	21
6.3	Grafer.....	22
6.4	Tabeller.....	22
6.5	Bruk av databasen.....	23
6.6	Gjennomsnittlig demping av kombinasjoner for verktøy/hanske.....	23
6.7	Akseptert dempeverdi (ADV)	24
6.8	Forlenget arbeidstid	25
6.8.1	Eksempler for beregning av arbeidstid:	26
6.8.2	Forbehold	26
6.9	Videre oppfølging.....	26
7	Konklusjon og anbefalinger.....	27
7.1	Observasjoner	27
7.2	Anbefalinger	28
7.2.1	Hanskebruk generelt.....	28
7.2.2	Forlenget arbeidstid.....	28
8	Referanser	29
	Vedlegg 1: Bilder av måleutstyr.....	30

Forord

Hånd- og arm vibrasjons syndrom (HAVS) er en fellesbetegnelse for skader på vev, blodkar, nerver eller muskel- og skjelettsystem forårsaket av vibrasjoner overført fra arbeidsutstyr.

HAVS kan forebygges, men når skaden er skjedd vil den i de fleste tilfeller regnes som permanent. Vibrasjonsdempende hansker kan være et nyttig bidrag med tanke på å forebygge forekomsten av HAVS, men effekten til disse har vært høyst usikker.

Beerenberg og Sinus har med finansiering fra NHOs Arbeidsmiljøfond gjort en større studie hvor en har sett på den reelle vibrasjonsdempingen til ulike hansker. Resultatene av studiene presenteres i en database hvor en kan studere resultater for ulike kombinasjoner av hansker og verktøy. Verktøyene som er brukt er typisk for ISO-bransjen og offshorebransjen, men disse blir også benyttet i landbasert industri. For databasen gå til: <http://hansker.sinusas.no>
I tillegg til databasen foreligger en kortrapport og denne rapporten med vedlegg.

Arbeidsgruppen har bestått av:

Fra Sinus AS: Tønnes Ognedal (faglig ansvarlig), Jon Eiane Brandal, Øistein Volline Nessler, Anders Torsteinbø og Magnus Ognedal, som har programmert databasen.

Fra Beerenberg Corp. AS: Linda Aumo og Roar Høydal (prosjektleder).

Referansegruppen har bestått av:

Trond M. Schei (ConocoPhillips), Kari Svendsbø (Aibel), Arne Haugan (Statoil), Ken Milne (BP) og Reidulf Klovning (Norsk Olje og Gass).

Roar Høydal

Prosjektleder, Beerenberg

1. Bakgrunn

1.1 Generelt om hånd/arm vibrasjoner.

Hånd- og arm vibrasjoner er mekaniske vibrasjoner som overføres fra arbeidsutstyr til hånd og/eller arm. Regelmessig og hyppig eksponering for hånd- og arm vibrasjoner kan føre til en rekke negative helseeffekter som skader på blodkar, nerver, muskler og ledd. Mest kjent er symptomet hvite fingre. Et samlebegrep for skader forårsaket av vibrasjoner er HAVS (hånd-arm vibrasjonssyndrom).

Andelen yrkesaktive som er utsatt for hånd- og arm vibrasjon har de siste tjue årene vist en moderat nedgang og i 2013 var 9 prosent av alle yrkesaktive menn (i overkant 135 000 menn) utsatt for vibrasjoner på jobb en fjerdedel av tiden eller mer. Det er de yngste mennene som er mest utsatt. Tilsvarende tall for kvinner er 1 prosent (i overkant av 10 000) [1].

Det finnes imidlertid, per i dag, ingen gode tall på omfanget av HAVS. En indikasjon kan være innrapportert arbeidsrelatert sykdom fra leger til Arbeidstilsynet. Ser en på de meldinger som Arbeidstilsynet mottok i 2013 er vibrasjoner den 7. mest innrapporterte arbeidsrelaterte sykdommen med 44 registrerte meldinger på HAVS. Det er sannsynlig at vi har en stor grad av underrapportering i Norge. I Sverige er tilsvarende tall 600-1100 [2].

HAVS kan forebygges, men når skaden er skjedd, vil den oftest være permanent og vil kunne være invalidiserende for den som er affisert med konsekvenser både for fremtidig yrkesliv og privatliv.

1.2 Forekomst av symptomer på HAVS i Beerenberg

Hånd- og arm vibrasjoner fra håndholdt verktøy har vært og er en utfordring innen ISO-bransjen og oljebransjen for øvrig. Beerenberg har siden 2002 hatt fokus på negative helseeffekter forårsaket av vibrasjoner og utarbeidet allerede i 2010 et støy-, vibrasjon- og ergonomiregime, som regulerer og begrenser arbeidstiden ved bruk av håndholdt verktøy.

Selv om det har vært et stort fokus i Beerenberg på vibrasjoner og forebygging av helseskader, manglet en samlet oversikt over eksponeringsbildet for de enkelte arbeidstakergruppene. Videre gav ikke det individuelle helseovervåkingsprogrammet en god nok oversikt over symptomer på HAVS blant våre arbeidstakere. Som et ledd i å styrke kunnskapsgrunnlaget for videre HMS-arbeid internt i Beerenberg, ble det i 2014 gjennomført en omfattende spørreskjemaundersøkelse blant selskapets ansatte for å kartlegge eksponering og forekomst av symptomer på HAVS. Totalt svarte 886 ansatte av et utvalg på vel 1100 ansatte. Nedenfor følger en kort oppsummering av hovedfunnene.

- Det er i første rekke overflatebehandlerne som er utsatt for høy vibrasjonseksponering, men også innen de andre disiplinene som isolasjon og stillas finner man operatører som gir uttrykk for å være ofte eksponert for vibrasjoner. I hovedsak skyldes dette at det finnes flere operatører som er multidisiplin.
- Andelen av respondenter som uttrykker at de har ulike symptomer på HAVS ligger mellom 10 og 30 %. Ser en derimot på andelen som gir uttrykk for at de kjenner disse symptomene "ganske mye" ligger andelen mellom 1 % til 5 %.

- Forekomst av symptomer på HAVS øker betydelig med antall år en har arbeidet med vibrerende verktøy. Undersøkelsen tyder på at de ulike symptomene inntreffer noe ulikt med hensyn på eksponeringstid for vibrasjoner.
- Overflatebehandlerne har gjennomgående en mye høyere tendens til å rapportere forekomst av symptomer enn fagene stillas og isolering. Grovt regnet ser det ut til at overflatebehandlerne har 2-3 ganger høyere forekomst enn de andre disiplinene.
- Overflatebehandlere som har vært eksponert mer enn 15 år, ser ut til å skille seg ut som gruppe når det gjelder å uttrykke forekomst av symptomer. Hele 40 % uttrykker at hånd eller fingre dovner bort om natten, 32 % at de har smerte i håndleddet/fingrene og 24 % at de får hvite fingre ved kontakt med kulde eller fuktighet

Undersøkelsen er gjort tilgjengelig i sin helhet på <https://www.norskoljeoggass.no/no/Stoy/>

1.3 Målsetting med hanskestudien - Prosjektbeskrivelse

Mål for prosjektet var å avklare om vibrasjonsdempende hansker kan bidra til å redusere vibrasjonseksponering fra ulike håndholdte vibrerende verktøy. Ved å identifisere hvilke hansker som har effekt til hvilke typer verktøy, kan man oppnå både en HMS-gevinst og en effektivitetsgevinst. Dette betyr at man får:

- 1) En kvalitetssikret oversikt over effekten ved hanskebruk og dermed redusert risiko for vibrasjonsskader for personell.
- 2) Forlenget tillatt brukstid av håndholdt utstyr der vibrasjonseksponering er den begrensende faktor.

Til sammen vil dette kunne gi en synergieffekt gjennom en mer effektiv bruk av ressurser samtidig som en reduserer usikkerheten for å utsette arbeidstakerne for helseskadelige vibrasjonsnivåer.

I støyprosjektet til Norsk olje og gass utviklet Sinus en støy- og vibrasjonsdatabase i samarbeid med bransjen. Denne databasen har også eksponeringskalkulatorer for støy og vibrasjoner. Inntil nå har det vært mulig å legge inn dempeeffekter av hørselvern. Ut fra resultater i dette prosjektet er det ønskelig at det vil bli gjort mulig å legge inn dempeeffekter for spesifikke kombinasjoner av verktøy og hansker. <http://stoydata.sinusas.no>

2 Vibrasjonsgrenser og målestandarder

2.1 Forskriftskrav, grense- og tiltaksverdi

Lovverket stiller klare begrensinger i forhold til hvilken vibrasjonsdose den enkelte kan utsettes for i form av tiltaks- og grenseverdier. Grenseverdien angir grensen for daglig eksponering som ikke må overskrides. Tiltaksverdien angir grensen for daglig eksponering som krever at du setter i verk tiltak for å redusere risikoen for helseskader. Etablerte grenseverdier for hånd-armvibrasjoner for 8 timer eksponering er:

- Grenseverdi: $5,0 \text{ m/s}^2$
- Tiltaksverdi: $2,5 \text{ m/s}^2$

Tilsvarende eksponeringsgrenser for 12 timers arbeidsdag er:

- Grenseverdi: $4,1 \text{ m/s}^2$
- Tiltaksverdi: $2,0 \text{ m/s}^2$

Man regner om vibrasjons-eksponeringen fra en bestemt aktivitet til en gjennomsnittsverdi for en arbeidsdag med denne formelen.

$$A(T_0) = a_{w,n} \sqrt{\frac{T_n}{T_0}}$$

hvor

$A(T_0)$ = vibrasjonseksponering

$a_{w,n}$ = målt og vektet vibrasjonsnivå for operasjon n

T_n = tid for operasjon n

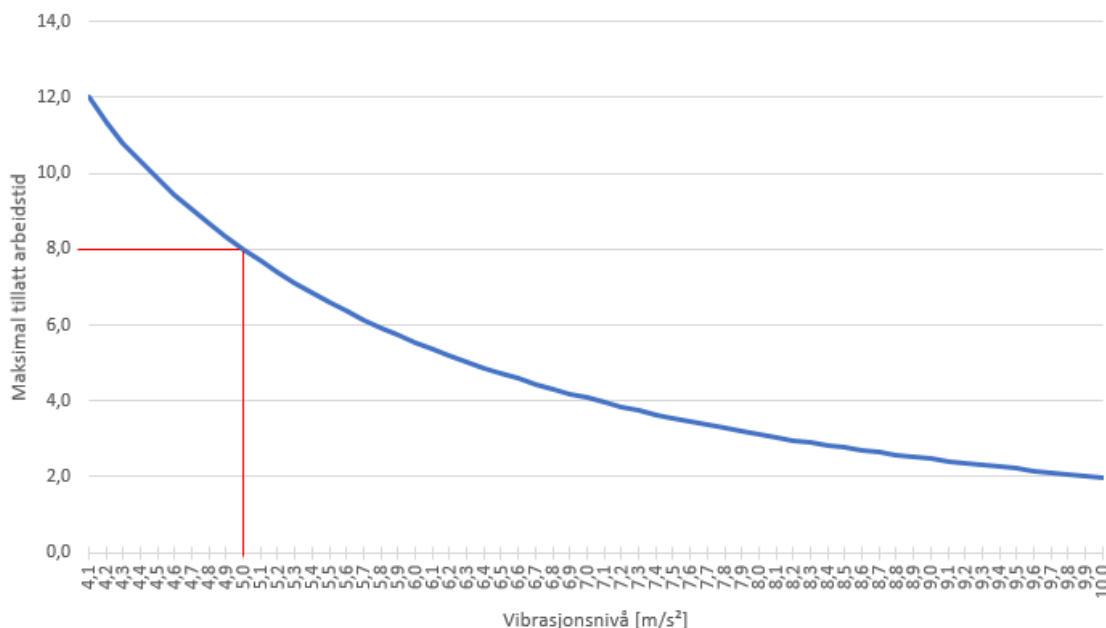
T_0 = arbeidsdagens lengde, vanligvis 8 eller 12 timer

Sammenhengen tilsier at en dobling i vibrasjonsnivået vil medføre en reduksjon i tillatt arbeidstid til en fjerdedel. Små endringer i vibrasjonsnivå vil derfor gi vesentlig endringer i tillatt brukstid.

Når formelen løses med hensyn på T_n kan man finne man hvor lange man kan jobbe ved ulike vibrasjonsnivåer uten å overskride tillatt dagsdose. Kurven på neste side viser denne sammenhengen mellom akselerasjon på horisontalaksen og arbeidstid på vertikalaksen.

Alle punkter på kurven tilsvarer tillatt dose når man tar hensyn til usikkerhet ved å bruke $a + U$ som verdi langs horisontalaksen (se avsnitt 2.2 om bruk av usikkerhet i vurderingen).

Det er verdt å legge merke til at kurven går gjennom punktene $4,1 \text{ m/s}^2$ ved 12 timer og 5 m/s^2 ved 8 timer. Området over kurven utgjør kombinasjoner av tid og akselerasjon som gir for høy dose. Ligger man under kurven, har man en eksponering på sikker side.



2.2 Bruk av tiltaks- og grenseverdi med tilhørende usikkerhet

Man finner noe ulik praksis i bruk av tiltaks- og grenseverdi. Noen vurderer gjennomsnittlig målt vibrasjonsnivå (akselerasjon) mot grenseverdien, mens andre velger å ta hensyn til usikkerhet ved å bruke tiltaksgrensen som maksimalverdi for tillatte vibrasjoner.

I forskrift om organisering, ledelse og medvirkning § 7-2. Måling som grunnlag for risikovurdering, kan man lese følgende (vår understrekning):

«Når det gjennomføres måling som grunnlag for risikovurdering, skal målemetoder og måleinstrumenter være tilpasset miljøet, den type eksponering som forekommer og eksponeringens varighet. Målemetodene som brukes skal være representative for den enkelte arbeidstakers personlige eksponering, og det skal tas hensyn til måleusikkerhet ved vurdering av risiko» [3]

En akseptert tolkning av dette innebærer at usikkerheten skal legges til måleresultatet før en sammenligner måleresultatet med grenseverdien. Man får da følgende kriterium for eksponering ved 8 timers arbeidsdag:

$$a + U \leq 5,0 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

hvor

a = målt vibrasjonsnivå

U = måleusikkerhet, f.eks. tilsvarende 90 eller 95-persentilen

Ved både å legge til usikkerhet ved eksponeringsmålingen og til målingen av hanskens dempeeffekt, før en relaterer til grenseverdi, vil en ha god beskyttelse mot overeksponering. Man kan derfor med stor trygghet bruke kriteriet basert på $a + U$ mot grenseverdien til vurdering av den daglige eksponeringen.

Tiltaksgrensen er etter arbeidsgruppen vurdering naturlig å strebe mot i mer overordnede vurderinger; F.eks. når man skal kjøpe nytt utstyr, velge arbeidsmetode, vurdere substitusjon e.l.

2.3 Målestandarder for vibrasjoner

I dette prosjektet hvor en måler hvor mye vibrasjoner som blir overført fra verktøy til hånd igjennom hanske har en tatt utgangspunktet i tre målestandarder. I de to påfølgende underkapitlene blir det redegjort kort for disse målestandardene.

2.3.1 Måling av hånd-arm vibrasjoner:

Følgende Standarder brukes i dag ved måling av hånd-arm vibrasjoner:

- NS-EN ISO 5349-1:2001 Mekaniske vibrasjoner - Måling og bedømmelse av hvordan håndoverførte vibrasjoner virker inn på mennesker - Del 1: Generelle krav (ISO 5349-1:2001) [4]
- NS-EN ISO 5349-2:2001 Endringsblad A1 - Mekaniske vibrasjoner - Måling og bedømmelse av hvordan håndoverførte vibrasjoner virker inn på mennesker - Del 2: Praktisk veiledning for måling på arbeidsplassen (ISO 5349-2:2001/Amd 1:2015) [5]

Målinger i felt utføres med et akselerometer som festes til eller holdes mot håndtaket på verktøyet. Akselerometeret kan f.eks. festes på en adapter som er egnet til å ha mellom fingrene eller en annen type adapter som er tilpasset å ligge i håndflaten. Det forutsettes at akselerometeret ligger så fast mot håndtaket at det er håndtakets vibrasjoner som måles uavhengig av målested.

Et bilde av adapter med akselerometer er presentert i kapittel 5.2.

Bilder av måleutstyret er vist i vedlegg 1.

Akselerometeret måler vibrasjoner i tre akseretninger. Plasseringen av akselerometeret, eller brukerens vinkel på håndtaket vil påvirke hvilken akse som vil være dominerende. Dette er av mindre betydning da det er summen av aksene som vil gi det totale vibrasjonsnivået.

2.3.2 Målestandard for vibrasjonsdempende hansker

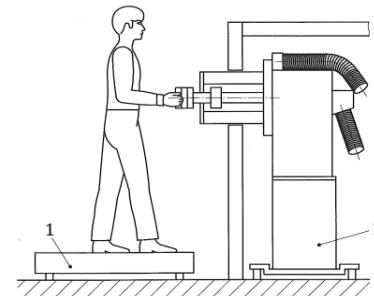
Følgende standard er utviklet for måling av vibrasjonsdempende hansker:

- NS-EN ISO 10819:2013 Mechanical vibration and shock - Hand-arm vibration -- Measurement and evaluation of the vibration transmissibility of gloves at the palm of the hand [6]

Denne standarden beskriver en metode for målinger av *transmisjonsfaktoren* til hansker under forhold som kan kontrolleres i laboratoriet. Kort oppsummert er prosedyren slik: Testene gjennomføres ved hjelp av vertikalt fastmonterte vibrerende håndtak. Man kan velge å måle kun i en akseretning, men denne skal i tilfellet sammenfalle med akseretningen av underarmen når en testperson holder i håndtaket innenfor angitte grenser for avvik.

Til høyre vises figurer hentet fra standarden.

Testpersonen står på en liten plattform med en sensor slik at man også kan kontrollere at horisontal skyvekraft er innenfor angitte grenser. Alternativt kan man måle skyvekraften på fundamentet til den elektromagnetiske "shakeren". Håndtakene har en kraftsensor som medfører at man kan kontrollere at gripekraften er innenfor angitte grenser.



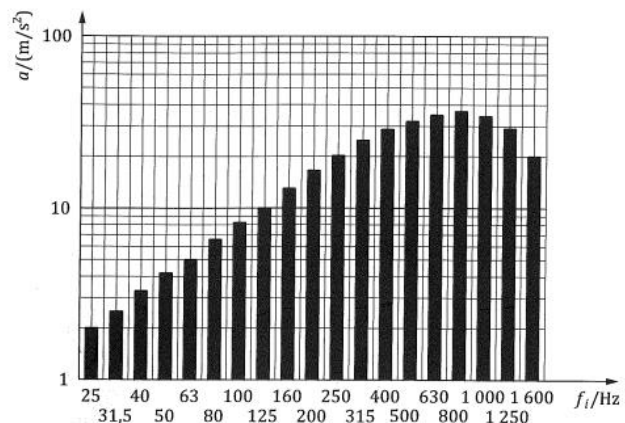
Key
1 adjustable platform
2 vibration excitation system
NOTE Feed force can be measured at the platform or the electromechanical shaker.

Figur 1 NS-EN ISO 10819:2013, figur 4

Målestandarden setter også krav til vibrasjonsnivå på håndtakene.

Figur 2 viser 1/3 oktavbånd for det frekvensspekteret den elektromagnetiske "shakeren" skal ha på håndtakene.

Til forskjell fra feltmålinger har man et bredbåndet frekvensspekter som tilsvarer jevnt stigende akselerasjon opp til ca. 500 Hz og så noe avtagende over dette. Dette gir muligheter for å registrere overføring for "alle aktuelle" frekvenser.



Figur 2 NS-EN ISO 10819:2013, figur 9

Hanskens effekt testes ved at det måles inne i håndflaten på 5 testpersoner med hanske. For hver testperson måles en gang uten og tre ganger med hanske. Dette gir til sammen 15 transmisjonsfaktorer. Disse midles og presenteres som hanskens demping.

Transmisjonsfaktoren, $T_{(s)}$, er definert som forholdet mellom akselerasjon med hanske, a_{med} (inni hansken) og akselerasjon uten hanske, a_{uten} (direkte på håndtaket). Denne uttrykkes ved:

$$T_{(s)} = \frac{a_{med}}{a_{uten}}$$

Når transmisjonsfaktoren er 1,0 betyr det at vibrasjonen går rett igjennom hansken, som innebærer at hansken ikke gir noen demping. Lavere verdi enn 1,0 innebærer redusert vibrasjoner og høyere betyr forsterkning av vibrasjonene.

Hanskene kan i henhold til NS-EN ISO 10819:2013 klassifiseres som vibrasjonsdempende når transmisjonen ved mellomfrekvenser, T_{RM} , og høye frekvenser, T_{RH} , er:

- $T_{RM} < 0,9$ fra 25 til 200 Hz
- $T_{RH} < 0,6$ fra 200 til 1250 Hz.

3 Relevant litteratur

Det finnes flere artikler som omhandler effekten av vibrasjonsdempende hansker og om ulike problemstillinger knyttet til måling av dempingen. Resultatene er langt fra entydige og de bygger hovedsakelig på beregninger fra laboratoriemålinger og ikke målinger utført i felt. Felles for alle artiklene er resultater som viser at vibrasjonsdempende hansker har en effekt på vibrasjonseksposeringen, men nivået, frekvensområdet, vibrasjonsretning o.l er det stor uenighet om.

I det neste avsnittet gjengis informasjon fra noen utvalgte studier som er funnet relevant å referere til i denne sammenheng.

I en studie fra 2001 viser Griffin et al., at laboratoriemålinger kan undervurdere effekten til hansken ved bruk av enkelte typer verktøy [7]. En nyere studie fra McConville et al., viser at vibrasjonsdempende hansker kan redusere vibrasjonsnivået opp til 85,6 % ved en frekvens på 57 Hz [8].

Andre studier velger å fokusere på dempingeffekt ved ulike frekvenser. To studier fra 2014 viser at hanskens effekt bl.a. er svært avhengig av frekvensområdet. McDowell et al., gjennomførte målinger ved fingrene ved hjelp av et 3D laser vibrometer og to ulike typer hansker. Resultatene viser at ved frekvenser under 80 Hz reduseres vibrasjonene i gjennomsnitt kun med 3 %. Ved frekvenser mellom 80 og 400 Hz øker dempeeffekten. Dette gjelder uansett hvilket dempemateriale man har i fingrene på hanskene. Fingerdesignet bør derfor være tilpasset andre forhold som godt grep, varmeisolasjon og beskyttelse fra hansken [9].

I den andre studien har Brammer et al., sett på vibrasjonsreduksjon i håndflaten ved bruk av to ulike vibrasjonsdempende hansker. Vibrasjonsspekter fra ulike verktøy ble brukt til å estimere dempeeffekten til de ulike hanskene. Resultatene viser at hanskene i liten grad demper (<5 %), og kan i tilfeller forsterke (<10 %) vibrasjonseksposering ved lave frekvenser (<25 Hz). Ved høyere frekvenser så man en demping på 5-58 %, avhengig av den dominante vibrasjonsaksen til verktøyet. Disse resultatene underbygger at det vil være svært vanskelig å estimere hanskens effekt ut fra laboratoriemålinger som kun bygger på målinger i en akse. [10]

McDowell et al., publiserte i 2015 en artikkel der de går gjennom og vurderer tilgjengelig informasjon rundt vibrasjonsdempende hansker sin evne til å redusere vibrasjonseksposeringen [11]. Den generelle tolkningen av tidligere resultater er at vibrasjonsdempende hansker er et dårlig alternativ for å redusere vibrasjonseksposeringen. Dette bygger de på all usikkerheten som foreligger i tilgjengelige artikler samt svakheter i NS-EN ISO 10819:2013.

Det vises til at målinger utført med reelt verktøy med arbeidsfrekvens 160 Hz viste variasjon fra 36 % demping til 79 % forsterkning i y-aksen mellom to ulike operatører. Dette indikerer at en hanske med et gitt verktøy kan gi demping for en operatør og forsterkning for en annen operatør. Vurderingen av effekten til hanskene er meget kompleks fordi vibrasjoner i verktøy er både frekvens- og retningsspesifikt, det samme er effekten av hanskene.

Det diskuteres også utfordringer rundt forbedring av vibrasjonsdempende hansker. Å øke tykkelsen eller stivheten på putene vil redusere grepet rundt håndtaket og da kreve en mye større kraft for å kontrollere verktøyet.

Det påpekes også flere svakheter ved NS-EN ISO 10819:2013. Antallet testpersoner er for lite (variasjoner mellom testpersoner er vist å være over 20 %) slik at en kan risikere at en hanske vil bestå dempekriteriene i et laboratorium, men stryke i et annet. Det er kun krav om å måle i en retning og dette er ikke overførbart til bruk av verktøy som vibrerer i ulike retninger. Ved at adapteren plasseres i håndflaten underestimeres vibrasjonene i fingrene. Samtidig vil adapteren kunne påvirke kraftvariasjon og angrepsvinkel på håndtaket og da videre måleresultatet, slik at det kan avvike fra demping i reelle arbeidssituasjoner. Vibrasjonsnivå (inni hansken) er sterkt avhengig av arbeidstrykket.

4 Feltmålinger og erfaringer

Det finnes ingen standardisert metode for feltmåling av dempeeffekten til hansker. Vi har derfor valgt å legge mange av prinsippene som er beskrevet i NS-EN ISO 10819:2013 til grunn for målingene som er utført i dette prosjektet. Det har likevel vært nødvendig å gjøre tilpasninger for feltmålinger. Nedenfor følger en kort oppsummering med begrunnelse for de tilpasninger som er gjort.

4.1 Gjennomføringsmodell opp imot standardene

4.1.1 Kriteriene i NS-EN ISO 10819:2013

I henhold til NS-EN ISO 10819:2013 kan hansker klassifiseres som vibrasjonsdempende dersom:

$$T_{RM} < 0,9 \text{ og } T_{RH} < 0,6$$

Dette betyr at for at hansken skal oppfylle kravet må den reduserer overføringen (transmisjonen) av vibrasjoner i frekvensområde 25 - 200 Hz med minst 10 % og tilsvarende med minst 40 % ved høyere frekvenser.

De fleste håndholdte verktøy som er testet i dette prosjektet arbeider med turtall som innebærer at den dominerende vibrasjonsfrekvensen er under 200 Hz og som vibrerer i alle tre akseretninger.

4.1.2 Dempeverdier for mer nyanserte vurderinger

Vi har ønsket å gi mer nyanserte resultater enn det NS-EN ISO 10819:2013 legger opp til. Dette er mulig fordi vi har målt på konkrete verktøy og registrert arbeidsfrekvensene. Dermed har vi funnet samlet vibrasjonsdemping for den aktuelle situasjonen. Dette innebærer at vi kan angi demping i en mer detaljert skala.

For å vise dempeeffekten av hanskene mer direkte har vi valgt å presentere dempefaktor, D , i stedet for transformasjonsfaktor, T . Sammenheng mellom de ulike uttrykkene kan vises med følgende formel:

$$D = 1 - T$$

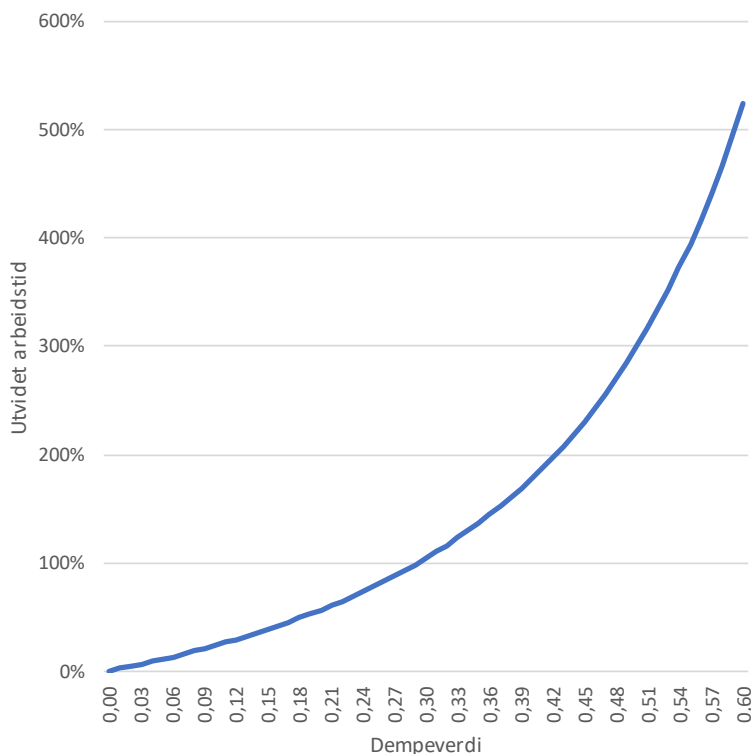
Når D er positiv, verdier mellom 0,0 og 1,0, betyr dette at hansken demper mellom 0 % og 100 % av vibrasjonene. Negative verdier av D innebærer at hansken gir forsterkning av vibrasjonene.¹

Samlet ser man f.eks. at:

- $D < 0.0$ betyr forsterkning
- $D = 0,0$ innebærer ingen demping
- $D = 0,1$ betyr ca. 20 % lenger arbeidstid ($1,2 \cdot t_{max}$)
- $D = 0,2$ betyr ca. 50 % lenger arbeidstid ($1,5 \cdot t_{max}$)
- $D = 0,3$ betyr ca. 100 % lenger arbeidstid ($2,0 \cdot t_{max}$)
- $D = 0,4$ betyr ca. 180 % lenger arbeidstid ($2,8 \cdot t_{max}$)

hvor t_{max} er tillatt arbeidstid uten hansker.

Formelen for denne sammenhengen (se fotnote¹) kan løses med hensyn på tid for å finne hvor lenge man kan jobbe med et visst vibrasjonsnivå fra verktøyet og en viss demping i hansken. Figuren under viser prosentvis økning i tillat arbeidstid langs vertikalaksen ved ulike dempeverdier for hansken langs horisontalaksen forutsatt at man ligger på grensen av dosen. (Senere beskrives hvordan vi i denne studien tar hensyn til usikkerhet ved å bruke akseptert dempeverdi, ADV, i stedet for middelveiden for demping.)



1

$$1) (T_0) = (1 - D) a_{w,n} \sqrt{\frac{T_n}{T_0}}$$

4.1.3 1-akset versus 3-aksede feltmålinger

I våre målinger har vi benyttet 3-aksede feltmålinger i motsetning til 1-aksede som beskrives i NS-EN ISO 10819:2013. Vi omgår dermed problemstillingen rundt bidraget fra de ulike aksene. Vi har observert at selv om akseverdiene endres som følge av at verktøyet vibrerer ulikt i de forskjellige aksene eller av små forskyvninger av akselerometeret, blir totalverdien (vektorsummen av de tre aksene) tilnærmet lik. Dette gir større sikkerhet i de målte totalverdiene mot slike feil enn om målingene var utført bare i en akse.

4.1.4 Vibrasjonsspekter i feltmålinger

Vibrasjonene til et bestemt verktøy er dominert av et smalt frekvensområde. Dette innebærer at man får tydelig vibrasjonssignaler og gode måleforhold i dette frekvensområdet. Utenfor de dominerende frekvensene blir vibrasjonsnivåene ofte så svake at ømfintligheten for andre påvirkninger blir stor. Dermed øker usikkerheten og målte dempeverdier utenfor hoved frekvensene for verktøyet vil ha liten overføringsverdi til andre verktøy.

4.1.5 Antall målinger som grunnlag for resultatet

Under laboratoriemålinger måles vibrasjonene først direkte på håndtaket og deretter 3 ganger inni håndflaten til hver testperson.

I vår måleprosedyre er det også målt tre ganger for hver hanske, men siden referansemålingen uten hanske inneholder større usikkerhet, da vi måler på reelle verktøy, gjentas også målingen uten hanske tre ganger *mellom* hver serie med hansker. Måleserien er forklart mer detaljert i avsnitt 5.4. Hvordan data er behandlet beskrives i kapittel 6.

4.1.6 Forskjeller i vibrasjonsnivå og kraft mellom felt og laboratoriemålinger

Når det gjennomføres målinger i laboratoriet etter standarden, blir vibrasjoner kun målt i håndflaten i den ene akseretningen som håndtaket på testmaskinen vibrerer. I våre målinger vibrerer utstyret i alle akseretninger og vibrasjonsnivået blir også målt i alle tre akseretninger, både med og uten hanske. Dette betyr at vi måler de reelle bevegelsene i håndflaten og dermed også den totale dempingen i håndflaten for hvert verktøy.

Målestadarden antyder ingenting om sammenheng mellom gripekraft og skyvekraft som kan relatere verdiene til praktiske forhold ved arbeid i felt. Hensikten med kontroll av disse faktorene anses hovedsakelig å være at man skal ha god repeterbarhet på målingene i laboratoriet.

Vi måler *ikke* gripekraft og skyvekraft. I våre målinger har vi den aktuelle og reelle kraften som testpersonene holder verktøyet med, uten å vite hva den faktisk er.

4.2 Erfaringer med dempeverdier knyttet til bruk av verktøy

Mange av målingene i vårt arbeid er utført med verktøyet i bruk, men en del er også målt med verktøyet i gang på ulike turtall uten arbeidsstykke. Tanken med målinger uten arbeidsstykke har vært å redusere variasjonene som oppstår som følge av kraftforskjeller under selve bearbeidelsen, og på den måten skape mer repeterbare målinger. Intensjonen var å redusere usikkerheten i målingene på en tilsvarende måte som de meget kontrollerte forholdene under laboratoriemålinger reduserer variasjon i laboratoriemålinger.

Etter å ha erfart at variasjonene i vibrasjonene i verktøyet også betyr mye for dempingen som måles ble det valgt å utføre flere kontroller av demping med verktøy og hansker i reelle arbeidssituasjoner. Dette antas imidlertid å ha mer betydning for noen typer verktøy enn andre. Det ble f.eks. registrert større forskjeller mellom dempeverdier målt med belastet og ubelastet bajonett-sag enn tilsvarende for slipeverktøy.

På grunn av forhold som er nevnt over viser våre målinger mye større variasjon fra person til person og fra verktøy til verktøy enn laboratoriemålingene vi har fått tilgang til. Derfor er analyser av variasjonene like viktige som vurdering av middelveiden av målingene. Ved å utføre mange målinger får vi med naturlige variasjoner. Variasjonene blir regnet inn i usikkerheten som legges til og blir dermed dette ivaretatt i resultater presentert som 90-persentilen for måleresultatet.

4.3 Andre forhold

Ulike forhold som kan påvirke dempeeffekten har vært vurdert og diskutert gjennom prosjektet. Noen av disse er referert under.

4.3.1 Forhold knyttet til brukerne:

For å ta høyde for at brukerens erfaring har noe å si for dempeeffekten ble det brukt testpersoner med ulik erfaring på de aktuelle verktøyene. Analysene som er gjort i etterkant gir ingen entydig forskjell i dempeverdier mellom erfarne og uerfarne brukere. Variasjonene inngår i standardavviket og de angitte persentilverdiene for demping.

I denne forbindelse er det også relevant å nevne at flere av deltakerne i arbeidsgruppen har deltatt i deler av testene. Dette har gitt nyttig kunnskap og erfaringer i forhold til utarbeidelse av optimal måleprosedyre.

4.3.2 Forhold knyttet til hanskene

Målestandarden angir at det skal utføres tester på 5 forskjellige hanskepar i størrelsene 7-10. Vi har ikke hatt tilgang på dette antallet hansker og har derfor ikke fått undersøkt om det kan være forskjeller fra eksemplar til eksemplar av samme hansketype. Laboratoriemålingene vi har hatt tilgang til tyder imidlertid på at disse variasjonen er langt mindre enn de variasjonene vi har registrert knyttet til praktisk bruk av kombinasjon hanske og verktøy.

Etter hvert som prosjektet skred frem ble andelen testpersoner utvidet av praktiske hensyn. Dette førte til at i noen tilfeller var noen av hanskene for store for enkelte av testpersonene. Så langt vi har observert har dette liten betydning, annet enn at det noen ganger har vært

vanskelig å holde verktøyet skikkelig. Dette kan ha ført til økt usikkerhet og dermed potensielt noe lavere dempeverdier, når det tas hensyn til usikkerhet.

Arbeidsgruppen har valgt og ikke undersøke forskjellen i dempeeffekt på nye og slitte hansker. En rimelig antakelse er at selve hansken (overflaten) blir utslitt, og dermed blir byttet ut, før puter og dempematerialer har mistet sin effekt. Denne antakelsen er støttet av representantene for bransjen. Målingene er blitt utført i tilnærmet romtemperatur. Høyere og lavere temperaturer har det heller ikke vært anledning til å studere nærmere.

4.3.3 Bruk av verktøyet

Målestandarden sette krav til diameter på gripehåndtakene på eksitasjonsmaskinen. Vi har brukt de håndtakene som det aktuelle verktøyet har vært utstyrt med. Målingene er gjort på den hånden som er antatt utsatt for mest vibrasjoner.

Det har i noen tilfeller blitt registret store variasjoner i vibrasjonsnivå når samme verktøy er testet av ulike personer. Dette kan bl.a. skyldes varierende arbeidsmåter og vil inngå som en del av resultatene for middelvei og usikkerhet. De mest ekstreme utslagene som ikke har latt seg forklare med naturlige variasjoner og som kan skyldes feil i plassering av adapter, feil i bruk av verktøy eller lignende har imidlertid blitt sortert ut av en kvalifikasjonsprosedyre i databehandlingen.

4.3.4 Håndflate eller finger-vibrasjoner

Av litteraturen fremgår det at en av innvendingene mot ISO-standarder er at man bare måler vibrasjoner og demping i håndflaten. Det vises til at hansker ikke vil gi samme dempeeffekt ved fingrene som i håndflaten.

Målsettingen for studien har ikke vært å gå nærmere inn i problemstillingen om standarden fokuserer på de riktige delene av hånden. Vi har valgt å akseptere standardens utgangspunkt for vurdering av hansker, som er å måle i håndflaten. Vi mener også at vi har forbedret vurderingene ved å måle i tre akseretninger på reelt verktøy.

4.3.5 Andre observasjoner

Det ble utført testmålinger for å avgjøre om det utgjorde noen forskjell hvorvidt verktøyet ble holdt over hodet (slik at håndtaket ble presset mot håndflaten), rett ned langs kroppen (slik at håndtaket presset mot fingrene) eller rett ut fra kroppen (slik at verktøyet presset både mot fingre og håndflate). Disse målingene viste at det var minimal forskjell mellom hvordan verktøyet ble holdt.

Noen av verktøyene som ble målt har justerbart turtall. De fleste av disse er da målt på forskjellige turtall. Dette gir utslag i hvilken frekvens som dominerer i vibrasjonsmålingene. Det er observert at samme verktøy med samme turtall kan få forskjellige dominerende frekvens. Dette skyldes sannsynligvis at det er en trinnløs justering av turtallet og at justeringen ikke har blitt helt den samme. Det samme ble også observert under målinger med luftdrevet verktøy. For luftdrevne verktøy er det ikke gjort justeringer på turtall på selve verktøyet, men det er sannsynligvis endringer i lufttilførselen som har medført at turtallet er endret. Dette medfører variasjon fra måling til måling, som gjenspeiler naturlig usikkerhet i faktiske verdier.

4.4 Verktøyspesifikk dempeverdi

Alle verktøy har unike frekvensspektre som avviker mye fra det idealiserte frekvensspekteret som brukes i NS-EN ISO 10819:2013. Dempeverdiene fra laboratoriemålinger kan dermed ikke overføres direkte til noen typer verktøy.

I litteraturen refereres det ofte til at ulike typer verktøy vibrerer forskjellig i de tre akseretningene, x, y og z. Det er også påvist i tidligere studier at dempingen til hanskene er forskjellig i de ulike akseretningene [10].



Situasjonen kan, etter våre observasjoner, faktisk være enda mer kompleks:

I tillegg til 3 lineære vibrasjonsakser finnes det også muligheter for vibrasjoner rundt tre rotasjonsakser. Rotasjonene innebærer i praksis at et verktøy vibrerer forskjellig på ulike steder langs samme akse.

Vibrasjonsnivået vil være forskjellig om man måler framme på verktøyet, bak på verktøyet eller i gripeflaten (under håndflaten på håndtaket).

Vi har utført alle målinger inne i hånden, som tilsvarer området omkring selve gripeflaten på verktøyet. Denne plasseringen anses i hovedsak å være i tråd med anvisningene gitt i NS-EN ISO 5349 -2.

I arbeidet med analysen av hovedresultatene har vi derfor lagt følgende viktige forståelse av dempeeffekten til grunn:

Vibrasjonsmønsteret for verktøyet og dempingen til hanskene er meget komplisert, men vurderingen kan bli forholdsvis enkel. Vibrasjonsdempingen til en hanske kan bestemmes av forholdet mellom det totale vibrasjonsnivået (3 akser) målt sentralt i håndflaten uten hanske og med hanske. Dette forholdet er spesifikt for hver kombinasjon av hanske og verktøy.

5 Målemetode

5.1 Mål med studien

Ulike problemstillinger omkring feltmålinger er kommentert i kapittel 4. Her beskrives litt mer konkret om de praktiske sidene av prosedyren.

Et av målene med studien var å undersøke om vi kunne finne noen grunnleggende forhold ved dempingen til hanskene som kunne generaliseres og brukes til forhåndsberegninger av dempingseffekt ved bruk av ulike verktøy. Etter hvert, som vi erfarte hvilke variasjoner som oppstod fra verktøy til verktøy, ble det klart at hanskene virker forskjellig for hver kombinasjon av hanske/verktøy og at dempingen også varierte med turtallet på verktøyet. En grunnleggende målsetting med målingene ble dermed å kontrollere et stort antall kombinasjoner av hanske/verktøy/turtall.

5.2 Måleutstyr

Innledende målinger ble utført med ulike adaptere testet på forskjellige måter til verktøy og hånd. Etter noen utprøvinger valgte vi å utføre alle målinger med adapteren som er beskrevet i NS-EN ISO 10819:2013. Akselerometeret ble koplet til et instrument av typen NOR 136 fra Norsonic. Alt måleutstyret utstyret var kalibrert i henhold til leverandør og interne rutiner. Bildet viser adapter og akselerometer lagt i håndflaten:



5.3 Valg av hansker og verktøy

Beerenberg sin verneutstørsleverandør, Redwing skaffet vibrasjonsdempende hansker fra hele Europa. Totalt ble 13 hansker levert og 12 av disse var markedsført som vibrasjonsdempende.

Verktøyet som ble målt på var valgt ut med tanke på å få representert forskjeller i forhold som vibrasjonsnivå, -turtall, -retning, vekt og påført arbeidstrykk. Det har også vært en grunnleggende forutsetning at vibrasjonsnivået til verktøyet måtte være så høye at de ga målbare signaler både med og uten hanske. Som en konsekvens av dette måtte vi forkaste GNV19, som er den meste brukte nålebankeren, og erstatte den med en nålebanker med høyere vibrasjonsnivå.

Flertallet av målingene ble utført ved verkstedlokalene til Beerenberg i Stavanger og hos Aibel i Haugesund. Det ble også utført målinger av bajonettsag hjemme hos en prosjektmedarbeider og ved Sinus AS sitt kontor. Målingene utført på kontor var hovedsakelig uten arbeidsstykke (bortsett fra sliping med Dremel).

5.4 Måleprosedyre

En måleserie omfatter alle hansker for et verktøy utført av en person.
En måleserie ble gjennomført etter følgende rutine:

- Vibrasjonsnivået måles først uten hanske
- Vibrasjonsnivået måles første gang med hver enkelt av hanskene
- Vibrasjonsnivået måles igjen uten hanske
- Vibrasjonsnivået måles andre gang med hver enkelt av hanskene
- Vibrasjonsnivået måles tredje gang uten hanske
- Vibrasjonsnivået måles tredje gang med hver enkelt av hanskene

Det gjøres til sammen tre uavhengige målinger for hver situasjon uten hanske og med de ulike hanskene.

Verdiene ble lest ut og notert i regneark som var tilpasset videre databehandling. Hvis standardavviket var mer enn 15 % av middelverdien for dempingen for hver hanske, ble det gjennomført supplerende målinger til standardavviket igjen kom under 15% av middelverdien.

Målet var å utføre minst tre måleserier (dvs. med tre personer) for hvert verktøy, men for enkelte verktøy ble det kun utført to målinger.



6 Måleresultater

6.1 Organisering i database

I databasen som er tilgjengelig på <http://hansker.sinusas.no> kan man finne detaljerte måleresultater for hvilken kombinasjon man måtte ønske av hanske og verktøy.

Det er foretatt flere tusen målinger. Hver av disse målingene inneholder verdier for 3 akser med 49 oktavbånd i hver akse. I databehandlingen er hver måling uten hanske kombinert med hver måling med hanske. Dette gir 9 kombinasjoner for hver person og verktøy. Gjennomsnittlig dempeverdi beregnes ut fra disse kombinasjonene, totalt 7339.

Noen kombinasjoner er filtrert ut fordi det har forekommet uforklarlige avvik ved enkeltfrekvenser. For en person med et verktøy og en bestemt hanske beregnes det gjennomsnittlige dempeverdier pr. oktavbånd. *Akseptkriteriet* angir hvor mye en enkelt kombinasjon kan avvike fra gjennomsnittet. Vurderingen gjøres pr. oktavbånd. Vi har vurdert at 1,0 kan være en fornuftig verdi for akseptkriteriet. Det betyr at dempeverdien kan avvike med inntil 100 % fra gjennomsnittsdempingen. Dempeverdier med større avvik blir utelatt da dette tolkes som at adapteren har kommet ut av posisjon. Etter eksklusjon har da databasen 6553 gyldige kombinasjoner.

Det anslås at hvis man trykker på "Oppdater"-knappen på Tabellsiden i databasen, så representerer tabellen en oppsummering av 1,8 millioner tall.

6.2 Beregningsstørrelser

I databasen vil man finne flere uttrykk som a_{uten} , a_{med} og ADV. Velger man avansert modus under innstillinger vil man få flere parameter som vises i tabellen under.

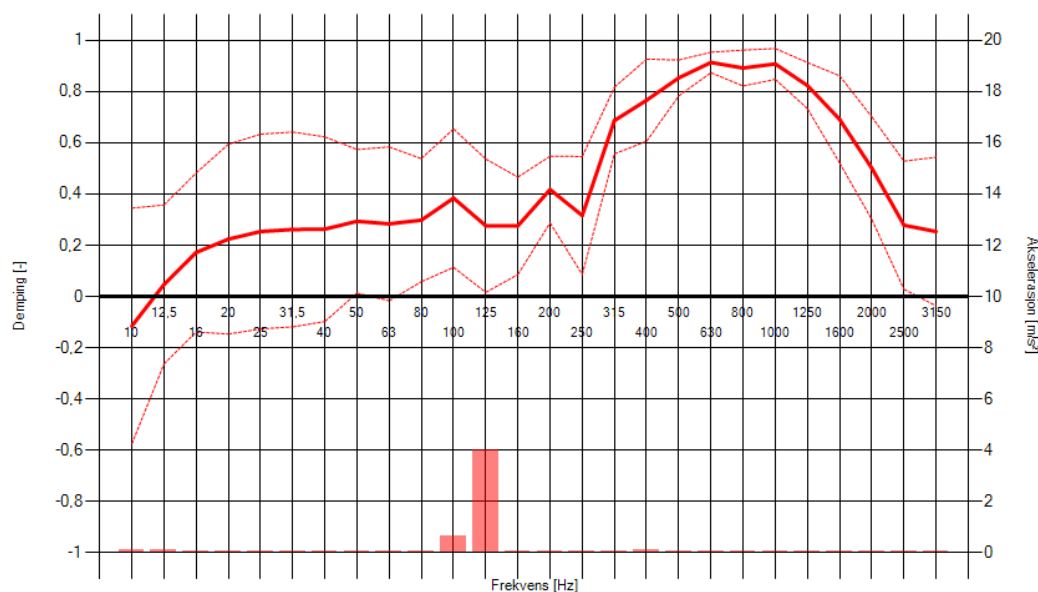
a_{uten}	a_{med}	ADV	Demping	$D_{ufiltrert}$	$D_M (> 0.1)$	$D_H (> 0.4)$	D_{max}	$a_{med max}$
------------	-----------	-----	---------	-----------------	---------------	---------------	-----------	---------------

Disse kan beskrives slik:

- a_{uten} er gjennomsnittsakselerasjon uten hanske (brukes ikke direkte i beregninger). Standardavvik, σ , er oppgitt.
- a_{med} er gjennomsnittsakselerasjon med hanske (brukes ikke direkte i beregninger). Standardavvik, σ , er oppgitt.
- **ADV**: Akseptabel DempeVerdi. Nedre ensidige 90-persentil for dempeverdier (basert på filtrerte verdier). 9/10 vil ha lik eller bedre demping enn dette.
- **Demping** (D). Gjennomsnittlig dempeverdier (basert på filtrerte verdier). Standardavvik, σ , er oppgitt.
- **$D_{ufiltrert}$** . Ufiltrerte dempeverdier av alle kombinasjoner.
- **D_M** . Dempeverdier (filtrert), men beregnet kun for et spekter fra 25 Hz til 200 Hz. (Kravet fra standarden er i parentes.)
- **D_H** . Dempeverdier (filtrert), men beregnet kun for et spekter fra 200 Hz til 1250 Hz. (Kravet fra standarden er i parentes.)
- **D_{max}** . Dempingen ved for oktavbåndet som har den høyeste akselerasjonen.
- **$a_{med max}$** . Akselerasjon målt med hanske ved det høyeste oktavbåndet.

6.3 Grafer

I databasen kan en få ut dempekurver og dempeverdier for ulike kombinasjoner av hansker og verktøy. Kurvene vil vise hvilke frekvensområder som gir bidrag til vibrasjonsnivået (vist ved stolpediagram). Videre kan man lese av linjediagrammet hvilken demping hansken gir for hvert av frekvensområdene, samt hvor store vibrasjonsnivå som slipper igjennom. Den midterste uthvedede linjen viser gjennomsnitt, mens øvre og nedre linje viser $\pm 1,28 \times$ standardavvik. Den nedre kurven representerer 90 persentilen for dempingen, det vil si den dempingen som blir oppnådd i 9 av 10 tilfeller.



6.4 Tabeller

Følgende verdier kan finnes i tabeller:

- ADV: akseptert dempeverdi, dvs. 90 persentilen for dempingen
- D: Gjennomsnittlig dempeverdi for utvalget
- σ : Standardavvik for utvalget
- Antall kombinasjoner i utvalget
- Antall operatører
- Kombinasjoner/operatører; dvs. antall kombinasjoner pr. operatør
- Utvidet arbeidstid i %

Noen av disse uttrykkene er nærmere forklart i forbindelse med presentasjon av resultater under.

Merk: I oversikten over valgbart verktøy står verktøyet oppført alfabetisk men i tabellene sorteres verktøyet med stigende turtall.

6.5 Bruk av databasen

Utvalget gjøres ved å velge "kurver", angi ønsket utvalg og presentere data ved å trykke "oppdater". Det naturlige utvalget vil være å se på et bestemt verktøy med en hanske og finne gjennomsnittet for alle operatører som har brukt verktøyet.

6.6 Gjennomsnittlig damping av kombinasjoner for verktøy/hanske

Nedenfor viser ulike kombinasjoner mellom hansker og verktøy og hvilken gjennomsnittlig damping disse hanskene gir. Når D er positiv med verdier mellom 0,0 og 1,0 betyr dette at hansken demper mellom 0 % og 100 % av vibrasjonene. Negative verdier av D innebærer forsterkning. En positiv tallverdi på 0,2 vil dermed bety at hansken demper 20 % av vibrasjonene. For å tydeliggjøre resultatene har vi valgt å gi dampingen fargekoder. De ulike grunnfargene indikerer klar vibrasjonsdamping, gul betyr noe damping og rød indikerer forsterkning av vibrasjonene.

Verktøy	Tegera 9182	Ansell Vibraguard	Wavebreaker	Tegera 9181	Tegera 9180	BlueEdge anti vibration	Proflex 9002	Prensio	Batex 525,80	Granberg Vibration	Eureka Sort	hanske uten navn	HexArmor Chrome
Muttertrekker luft [1] 12,5 Hz	0,28	0,20	0,39	0,20	0,15	0,17	0,35	0,24	0,17	0,17	0,25	0,14	0,13
Bajonettsgag luft [1] 20 Hz	0,18	0,13	0,17	0,13	0,17	0,16	0,14	0,18	0,32	0,14	0,15	0,13	0,18
Bajonettsgag PL 750W [4] 25 Hz	0,20	0,13	0,25	0,13	0,16	0,19	0,20	0,23	0,26	0,12	0,06	0,21	0,22
Bajonettsgag PL 750W + belastning [6] 31,5 Hz	0,05	0,07	0,01	-0,02	0,02	0,01	-	0,05	0,02	-	-0,07	0,15	-0,02
Luftmeisel Atlas Copco [1] 31,5 Hz		0,10	0,14	0,06	0,12	0,03	0,10	0,10	0,03	0,11	0,03	0,11	0,05
Bajonettsgag PL 750W [6] 40 Hz	0,36	0,48	0,40	0,44	0,42	0,44	0,45	0,49	0,41	0,43	0,33	0,32	0,38
Metallsag [1] 40 Hz		0,13	0,04	0,19	0,12	0,07	0,10	0,12	-0,04	0,18	0,10	0,14	-0,08
Nålehammer [1] 50 Hz	0,40	0,34	0,31	0,39	0,27	0,25	0,23	0,38	0,33	0,26	0,22	-0,02	-0,03
Nålebanker Fuji [1] 63 Hz	0,38	0,34	0,30	0,30	0,30	0,29	0,35	0,39	0,28	0,26	0,17	0,22	0,16
Vinkelsliper luft Sure [1] 100 Hz		0,26	0,08	0,04	-	-	0,18	0,21	0,35	0,08	0,11	-	0,11
Feinsag FMM250 [1] 125 Hz	0,50	0,29	0,44	0,34	0,33	0,34	0,30	0,23	0,27	0,25	0,09	0,04	0,02
Pussemaskin BD 190E [1] 125 Hz	0,12	0,06	0,14	0,03	0,02	0,00	0,20	0,10	0,12	0,08	0,08	0,05	0,08
Feinsag FMM250 [2] 160 Hz	0,35	0,37	0,33	0,19	0,17	0,27	0,20	0,30	0,25	0,14	0,03	0,00	-0,01
Pussemaskin BD 190E [3] 160 Hz	0,13	0,21	0,17				0,20		0,16	0,17	0,02		0,07
Pussemaskin BD 190E [6] 160 Hz	0,09	0,10	0,06	0,03	0,03	0,05	0,15	0,19	0,13	0,09	0,00	0,00	0,09
Vinkelsliper el Metabo [1] 160 Hz		0,52	0,50	0,34	0,34	0,36	0,26	0,21	0,38		0,12	0,06	0,32
Vinkelsliper el Metabo [2] 160 Hz	0,39	0,31	0,30	0,23	0,24	0,27	0,25	0,33	0,35	0,17	0,27	0,18	0,29
Feinsag FMM250 [3] 200 Hz	0,25	0,47	0,36	0,23	0,19	0,17	0,28	0,17	0,29	0,29	0,15	0,07	0,14
Feinsag FMM250 [4] 200 Hz	0,30	0,55	0,51	0,44	0,42	0,49	0,34	0,35	0,37	0,32	0,19	0,30	0,18
Feinsag FMM250 [5] 250 Hz	0,40	0,65	0,67	0,61	0,55	0,56	0,54	0,59	0,59	0,56	0,50	0,47	0,48
Dremel 3000 + polering [10] 400 Hz	0,62	0,63	0,68	0,68	0,59	0,68	0,64	0,33	0,67	0,62	0,53	0,21	0,23
Dremel 3000 [10] 500 Hz	0,63	0,62	0,64	0,65	0,68	0,65	0,55	0,45	0,66	0,73	0,52	0,14	0,05
Rettsliper [1] 500 Hz	0,79	0,76	0,74	0,73	0,76	0,77	0,68	0,70	0,68	0,73	0,68	0,48	0,15

Som tabellen ovenfor viser gir de fleste kombinasjoner av hansker og verktøy damping. Selv hansken Hex Armor Chrome, som ikke er en vibrasjonshanske, gir en gjennomsnittlig positiv damping under bruk av de fleste verktøy. I noen få tilfeller kan en likevel se at bruk av visse hansker vil kunne gi en forsterkning av vibrasjonene.

6.7 Akseptert dempeverdi (ADV)

Ved å se på gjennomsnittet tas det ikke hensyn til spredningen i resultatene. For å ta høyde for denne usikkerheten har vi valgt å legge 90 persentilen til grunn. Dette betyr at i 9 av 10 tilfeller vil en oppnå lik eller bedre demping enn dette.

Tabellen under viser verdier for ADV:

Verktøy	Tegera 9182	Ansell Vibraguard	Wavebreaker	Tegera 9181	Tegera 9180	BlueEdge anti vibration	Proflex 9002	Prensio	Batex 525.80	Granberg Vibration	Eureka Sort	hanske uten navn	HexArmor Chrome
Muttertrekker luft [1] 12,5 Hz	0,09	0,06	-0,06	0,08	-0,10	-0,03	-0,10	0,13	-0,08	-0,04	0,01	-0,08	-0,10
Bajonettsag luft [1] 20 Hz	0,05	-0,15	-0,08	-0,09	-0,04	-0,07	-0,08	-0,02	-0,11	-0,04	-0,07	-0,09	-0,04
Bajonettsag PL 750W [4] 25 Hz	-0,01	-0,08	0,08	-0,08	-0,03	-0,21	-0,05	0,07	0,11	-0,06	-0,10	0,04	0,04
Bajonettsag PL 750W + belastning [6] 31,5 Hz	-0,07	-0,11	-0,25	-0,15	-0,07	-0,11	-	-0,06	-0,13	-	-0,28	-0,01	-0,24
Luftmeisel Atlas Copco [1] 31,5 Hz		-0,09	-0,09	-0,06	-0,13	-0,16	-0,05	-0,10	-0,22	-0,15	-0,16	-0,08	-0,15
Bajonettsag PL 750W [6] 40 Hz	0,19	0,34	0,26	0,33	0,28	0,33	0,34	0,40	0,25	0,30	0,16	0,14	0,27
Metallsag [1] 40 Hz		0,01	-0,21	0,01	-0,09	-0,20	-0,18	-0,07	-0,31	-0,04	-0,17	-0,06	-0,39
Nålehammer [1] 50 Hz	0,32	0,24	0,20	0,30	0,15	0,13	0,07	0,23	0,19	0,10	0,02	-0,10	-0,12
Nålebanker Fuji [1] 63 Hz	0,30	0,16	0,07	0,15	0,19	0,17	0,20	0,15	0,09	0,09	-0,02	-0,01	-0,09
Vinkelsliper luft Sure [1] 100 Hz		-0,03	-0,04	-0,17	-	-	0,10	0,08	-0,01	-0,28	-0,01	-	-0,26
Feinsag FMM250 [1] 125 Hz	0,40	0,06	0,39	0,16	0,20	0,14	0,08	0,10	0,13	-0,08	-0,09	-0,15	-0,08
Pussemaskin BD 190E [1] 125 Hz	-0,09	-0,09	0,02	-0,07	-0,13	-0,12	0,02	-0,01	-0,11	-0,16	-0,09	-0,03	-0,06
Feinsag FMM250 [2] 160 Hz	0,24	0,23	0,21	-0,06	0,02	0,03	-0,01	0,10	0,09	-0,09	-0,12	-0,11	-0,07
Pussemaskin BD 190E [3] 160 Hz	-0,02	0,09	0,08				0,08		0,07	0,08	-0,04		-0,03
Pussemaskin BD 190E [6] 160 Hz	0,01	0,00	-0,04	-0,12	-0,13	-0,07	0,05	0,13	0,02	-0,02	-0,10	-0,10	0,00
Vinkelsliper el Metabo [1] 160 Hz		0,40	0,39	0,22	0,13	0,08	0,04	0,07	0,22		-0,12	-0,23	0,06
Vinkelsliper el Metabo [2] 160 Hz	0,23	0,14	0,04	-0,01	0,00	0,05	0,00	0,16	0,11	-0,19	0,04	-0,01	0,06
Feinsag FMM250 [3] 200 Hz	0,15	0,37	0,27	-0,02	0,01	-0,03	0,15	-0,07	0,01	0,08	-0,13	-0,23	-0,10
Feinsag FMM250 [4] 200 Hz	0,20	0,42	0,42	0,30	0,27	0,38	0,16	0,09	0,19	0,12	-0,11	0,01	-0,13
Feinsag FMM250 [5] 250 Hz	0,30	0,53	0,59	0,46	0,43	0,50	0,36	0,55	0,46	0,39	0,24	0,17	0,13
Dremel 3000 + polering [10] 400 Hz	0,42	0,44	0,56	0,60	0,38	0,51	0,52	-0,12	0,46	0,43	0,26	-0,10	-0,09
Dremel 3000 [10] 500 Hz	0,52	0,49	0,52	0,58	0,59	0,52	0,39	0,23	0,58	0,72	0,44	-0,09	-0,18
Rettsliper [1] 500 Hz	0,74	0,69	0,67	0,63	0,70	0,71	0,55	0,63	0,54	0,67	0,58	0,32	-0,06

Som en kan se får en helt andre resultater når en legger til usikkerheten til resultatene og et tydelig mønster trer frem. En stor andel av hanskene kan gi forsterkning av vibrasjoner fra de ulike verktøyene. Spesielt gjelder dette verktøy som operer i lavere frekvensområder.

6.8 Forlenget arbeidstid

Med utgangspunkt i akseptert dempeverdi kan man beregne hvor mye arbeidstiden kan forlenges.

$$a + U \leq 5,0 \text{ m/s}^2 \text{ for 8 timer dag}$$

$$a + U \leq 4,1 \text{ m/s}^2 \text{ for 12 timer dag}$$

hvor

a = målt vibrasjonsnivå

U = måleusikkerhet (90 persentilen)

Tabellen ser da slik ut:

Verktøy	Tegera 9182	Ansell Vibraguard	Wavebreaker	Prensio	Tegera 9181	BlueEdge anti vibration	Tegera 9180	Proflex 9002	Batex 525.80	Granberg Vibration	Eureka Sort	hanske uten navn	HexArmor Chrome
Muttertrekker luft + belastning [1] 12,5 Hz	20%	13%	-12%	32%	17%	-5%	-18%	-17%	-15%	-7%	3%	-15%	-18%
Bajonettsg luft + belastning [1] 20 Hz	10%	-24%	-14%	-5%	-16%	-13%	-7%	-14%	-19%	-8%	-13%	-16%	-7%
Bajonettsg PL 750W + belastning [6] 31,5 Hz	-13%	-19%	-36%	-11%	-24%	-19%	-13%	-	-22%	-	-39%	-1%	-35%
Luftmeisel Atlas Copco + belastning [1] 31,5 Hz		-15%	-15%	-17%	-12%	-26%	-22%	-10%	-33%	-25%	-26%	-14%	-25%
Metallsag luft + belastning [1] 40 Hz		3%	-31%	-13%	2%	-31%	-15%	-28%	-42%	-8%	-27%	-11%	-48%
Nålehammer + belastning [1] 50 Hz	116%	74%	57%	67%	104%	31%	39%	16%	54%	23%	3%	-17%	-20%
Nålebanker Fuji + belastning [1] 83 Hz	107%	43%	16%	37%	38%	47%	52%	56%	22%	22%	-4%	-2%	-16%
Vinkelsliper luft Sure + belastning [1] 100 Hz		-7%	-8%	19%	-27%	-	-	24%	-2%	-39%	-1%	-	-37%
Feinsag FMM250 [1] 125 Hz	182%	14%	170%	24%	41%	35%	57%	17%	33%	-15%	-16%	-24%	-15%
Pussemaskin BD 190E [1] 125 Hz	-16%	-17%	4%	-2%	-12%	-20%	-21%	5%	-19%	-26%	-16%	-5%	-11%
Feinsag FMM250 [2] 160 Hz	75%	70%	60%	22%	-10%	7%	4%	-1%	22%	-15%	-20%	-20%	-12%
Pussemaskin BD 190E [3] 160 Hz	-4%	22%	17%					19%	15%	19%	-7%		-7%
Pussemaskin BD 190E [6] 160 Hz	1%	0%	-7%	32%	-20%	-13%	-22%	12%	5%	-4%	-17%	-17%	0%
Vinkelsliper el Metabo + belastning [1] 160 Hz		181%	170%	16%	63%	18%	33%	9%	63%		-20%	-34%	12%
Vinkelsliper el Metabo + belastning [2] 160 Hz	69%	36%	10%	42%	-2%	10%	0%	1%	26%	-29%	8%	-1%	13%
Feinsag FMM250 [3] 200 Hz	39%	152%	90%	-13%	-3%	-6%	2%	37%	3%	19%	-22%	-34%	-17%
Feinsag FMM250 [4] 200 Hz	54%	194%	193%	20%	104%	163%	85%	41%	54%	30%	-19%	2%	-22%
Feinsag FMM250 [5] 250 Hz	101%	358%	482%	398%	240%	298%	208%	145%	248%	173%	74%	44%	31%
Dremel 3000 + belastning [10] 400 Hz	538%	538%	528%	278%	525%	588%	162%	332%	568%	379%	241%	-17%	21%
Dremel 3000 [10] 500 Hz	334%	280%	336%	70%	464%	329%	491%	165%	480%	1199%	219%	-15%	-28%
Rettsliper + belastning [1] 500 Hz	1430%	942%	804%	612%	643%	1096%	1029%	392%	364%	809%	477%	117%	-10%

Man ser følgende:

- Ingen hansker kan forlenge arbeidstiden for alle typer verktøy
- Verktøy med høyt turtall gir større muligheter for forlenget arbeidstid
- Verktøy med lavt turtall kan gi forsterkning i noen situasjoner

Observasjoner vi har gjort tyder på at spredningen i resultatene er mer knyttet til kombinasjonen av hanske og verktøy i den aktuelle arbeidssituasjonen og mindre til person. Det er derfor ikke å forvente at de samme personene alltid får de dårlige dempeverdiene.

6.8.1 Eksempler for beregning av arbeidstid:

Et verktøy med et vibrasjonsnivået på 16 m/s^2 (90 persentilen) vil i henhold til <http://stoydata.sinusas.no> ha en effektiv arbeidstid på 47 minutter før man når grenseverdien.

Er verktøyet høyfrekvent vil en få en god effekt ved bruk av flere av hanskene. Eksempelvis kan en hanske øke brukstiden med 194 % noe som tilsvarer en økning i arbeidstid på hele 91 minutter. Beregningen ser slik ut:

$$T = 47 \text{ min} \cdot \left(1 + \frac{194}{100}\right) = 138 \text{ min} = 2\text{t } 18 \text{ min}$$

Dette utgjør en vesentlig økning i arbeidstid, samtidig som brukeren forblir beskyttet mot helseskadelige vibrasjoner fra et verktøy med forholdsvis høye vibrasjoner.

6.8.2 Forbehold

Selv om mange målinger danner grunnlag for de fleste verdiene som finnes i databasen, finnes det noen måleserier som er en del redusert i antall gyldige målinger etter kriteriene som tidligere er beskrevet. Siden databasen er helt transparent mht. usikkerhet og antall gyldige målinger, er det mulig å se hvilke tilfeller dette gjelder. Man får dermed mulighet og støtte til å bruke et visst skjønn ved valg av dempeverdier til økning av arbeidstiden. Med andre ord, man må vurdere hvilket grunnlag man har for å benytte dempeverdiene fullt ut.

6.9 Videre oppfølging

Selv om det er utført mange måleserier av verktøy og hansker, er det et begrenset antall verktøy som er representert i den medfølgende databasen til dette prosjektet. Da effekten av hanskene virker å være verktøyspesifikk, er det ønskelig å kontrollere effekten av hansker på flere typer verktøy.

Det kunne også være aktuelt å vurdere om det er noen karakteristiske trekk ved kombinasjonen verktøy / hanske som er knyttet til f.eks. lave / høye frekvenser, damping i ulike retninger, kraftbruk på verktøyet, høye / lave vibrasjonsnivåer osv. Kan f.eks. noen av vibrasjonene være så sterke at hanskens oppbygning / det elastiske området vil være en avgjørende faktor?

Vi har ikke hatt tilgang til detaljert opplysninger om hanskenes oppbygning. Det kunne imidlertid være ønskelig å forsøke å finne ut noe mer om hvilken type hanske som virker best mot ulike påvirkninger, som nevnt over. Hva skal til for å lage en god hanske? Vil det være mulig å lage bedre hansker dersom de ble utformet for bestemte formål / frekvensspektre og ikke for å tilfredsstille krav definert for et stort frekvensområde slik målestandarder legger opp til?

En annen ting vi ikke har hatt mulighet til å undersøke er om hanskens damping er temperaturavhengig. Mye av arbeidet med håndholdt vibrerende verktøy foregår utendørs og tidvis i temperaturer langt under romtemperatur vi har foretatt testingen i.

7 Konklusjon og anbefalinger

7.1 Observasjoner

Hanskens vibrasjonsdemping avhenger av en rekke faktorer. Disse synes å være spesifikke ikke bare for hver enkelt faktor, men også for kombinasjonen av disse og omfatter bl.a.:

- Akselerasjonsnivået til verktøyet i ulike retninger
- Gripekraft og skyvekraft under bruk av verktøyet i ulike retninger
- Dempingen til hansken i ulike akseretninger

Studien viser at en detaljert analyse av hver enkelt faktor vil være svært komplisert og trolig også mindre riktig enn en måling av hanskens totale demping for et aktuelt verktøy. Dette betyr:

- Man trenger ikke vite alle de ulike detaljene som kan påvirke dempingen for å finne hanskenes demping, men heller måle denne direkte som total demping.
- Det må derimot gjennomføres målinger av hver kombinasjon av hanske / verktøy for flere personer og det bør gjøres vurderinger av usikkerhet.

Måleresultatene kan en finne i databasen som ligger på nett.

Det antas at de målte verdiene for hver hanske kan ha overføringsverdi innenfor samme gruppe av verktøy.

Det er grunn til å anta at man kan bruke 90-persentilen som en «akseptert dempeverdi», ADV, for en bestemt hanske for en gruppe verktøy med tilsvarende vibrasjonsmønster. Med dette menes at dempeeffekten som er målt ved bruk av for eksempel bajonettsagen kan overføres til andre bajonettsager, effekten målt ved bruk av rettsliperen kan overføres til andre rettslipere osv. Det er her viktig å huske på at effekten til hansken kan variere med turtallet/frekvens.

7.2 anbefalinger

7.2.1 Hanskebruk generelt

Studien viser at om en bruker de gjennomsnittlige dempeverdiene vil man i de fleste tilfeller har en positiv effekt ved bruk av hansker. Kun i få tilfeller kan hanskene forsterke vibrasjonsnivået inne i håndflaten. Vibrasjonen og effekten av hanskene er spesifikke for verktøyet og måten det blir brukt på. Det er grunn til å anta at personlige karakteristika ved den enkelte bruker er av underordnet betydning. Dermed kan en anta at risikoen for at samme person skal oppnå forsterkning "om og om igjen" som mindre sannsynlig.

Når man skal vurdere effekten av hansker på lang sikt for en person som arbeider med varierende verktøy i ulike situasjoner, kan man dermed bruke gjennomsnittsverdiene hvor en ikke tar hensyn til usikkerhet. Dette betyr at det er stor sannsynlighet for at bruk av vibrasjonsdempende hansker vil gi en positiv effekt.

Det kan derfor anbefales å bruke vibrasjonsdempende hansker så lenge brukerne opplever å ha nytte av dem.

7.2.2 Forlenget arbeidstid

Vibrasjonsdempende hansker kan i noen tilfeller gir muligheter for å forlenge tillat arbeidstid med visse typer håndholdt verktøy.

Ved vurdering av forlenget arbeidstid anbefales det å ta hensyn til spredningen i resultatene og da usikkerheten. Denne usikkerheten uttrykkes som ADV, og viser dempeverdier innenfor 90 persentilen. Skal en bruke vibrasjonsdempende hansker for å forlenge arbeidstiden er det altså ADV-verdier man bør bruke.

8 Referanser

- [1] <http://noa.stami.no/arbeidsmiljoindikatorer/kjemiskfysiskbiologisk/fysiske-faktorer/vibrasjoner/>
- [2] <http://arbeidsmedisin.net/index.php/elbok-i-arbeidsmedisin/hand-arm-vibrasjonssyndrom>
- [3] Forskrift om organisering, ledelse og medvirkning §7-2
https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2011-12-06-1355#KAPITTEL_7
- [4] NS-EN ISO 5349-1:2001 "*Mekaniske vibrasjoner - Måling og bedømmelse av hvordan håndoverførte vibrasjoner virker inn på mennesker - Del 1: Generelle krav*"
- [5] NS-EN ISO 5349-2:2001 "*Endringsblad A1 - Mekaniske vibrasjoner - Måling og bedømmelse av hvordan håndoverførte vibrasjoner virker inn på mennesker - Del 2: Praktisk veiledning for måling på arbeidsplassen*"
- [6] NS-EN ISO 10819:2013 "*Mechanical vibration and shock -- Hand-arm vibration -- Measurement and evaluation of the vibration transmissibility of gloves at the palm of the hand*"
- [7] Pinto, Stacchini, Bovenzi, Paddan og Griffin: "*Protection effectiveness of anti-vibration gloves: field evaluation and laboratory performance assessment*" [2001]
- [8] Milosevic og McConville: "*Evaluations of Protective Gloves and Working Techniques for Reduction of Hand-arm Vibration" Exposure in the Workplace*" [2012]
- [9] Welcome, Dong, Xueyan, Waren og McDowell: "*The effects of vibration-reducing gloves on finger vibration*" [2014]
- [10] Dong, Welcome, Peterson, Xueyan, McDowell, Warren, Asaki, Kudernarsch og Bramer: "*Tool-specific performance of vibration-reducing gloves attenuating palm-transmitted vibrations in three orthogonal directions*" [2014]
- [11] Hewitt, Dong, Welcome og McDowel: "*Anti-Vibration Gloves?*" [2015]

Vedlegg 1: Bilder av måleutstyr

Måleinstrument og adapter med forlengerstykke til ledning:



Adapter med akselerometer plassert på Dremel:



