



NASTA[®]

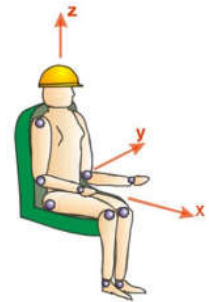
VIBRASJONER I ANLEGGSMASKINER

Vibrasjoner i anleggsmaskiner

Det er svært viktig ovenfor brukere av maskinelt utstyr at man er oppmerksom på virkningene vibrasjoner kan ha på kropp og helse. Ved eksponering av vibrasjoner kan man pådra seg alvorlige skader som i mange tilfeller ikke lar seg helbrede.

Forskjellig utstyr vil gi forskjellige belastninger, noe som gjør at man skiller mellom "hånd- og armvibrasjoner" og "helkroppsvibrasjoner". Helkroppsvibrasjoner kan gi ryggmerter, skiveutglidning o.l. Hånd- og armvibrasjoner kan føre til nerveskader eller "hvite fingre" (Raynaud's fenomen), slitasjegikt i håndledd og albue etc. Lavfrekvent vibrasjon (0,1 – 0,5 Hz) kan føre til bevegelsesyke/reisesyke.

I tilfellet med anleggsmaskiner er det hovedsakelig helkroppsvibrasjoner som er gjeldende. Man måler dette i x, y og z-retning og vibrasjonsverdien oppgis i m/s^2 . Det vil være den største verdien av x, y eller z som vil bli oppgitt som maskinens vibrasjonsverdi, og de måles i området mellom 0,5 og 80Hz. I noen tilfeller vil beskrivelsen være *Vibrasjonsverdi (3D)* eller *Vibrasjonsnivå (3 akser)*, noe som kun er en bekreftelse på at samtlige akser er ivaretatt.



Vibrasjonsnivå beskriver altså størrelsen på vibrasjonen over tid uttrykt som akselerasjon i meter per sekund i annen (m/s^2)

Videre benyttes "Daglig eksponeringsverdi" $A(8)$ som også er uttrykt i m/s^2 og angir mengden vibrasjoner en operatør kan utsettes for i løpet av en arbeidsdag, normalisert til en åtte (8) timers periode. Ved lavere vibrasjonsverdi kan antall arbeidstimer per døgn økes før man når Arbeidstilsynets grense for $A(8)$, likeledes som at høyere vibrasjoner vil gjøre at operatøren må begrense tiden som benyttes med den aktuelle maskinen. Benytter man forskjellig utstyr med forskjellige vibrasjonsverdier skal disse legges sammen til en samlet $A(8)$ verdi.

Arbeidstilsynet: Forskrift om tiltaks- og grenseverdier

§ 3-1. Tiltaksverdier

Tiltaksverdiene for den daglige eksponeringen ($A(8)$):

a) for hånd- og armvibrasjoner: $2,5 m/s^2$

b) for helkroppsvibrasjoner: $0,5 m/s^2$

§ 3-2. Grenseverdier

Grenseverdiene for den daglige eksponeringen ($A(8)$):

a) for hånd- og armvibrasjoner: $5,0 m/s^2$

b) for helkroppsvibrasjoner: $1,1 m/s^2$

Maskinforskriften har korresponderende verdier som arbeidstilsynets forskrift. Den sier at utstyr med vibrasjoner opp til $2,5 \text{ m/s}^2$ (håndholdt, tiltaksverdi) eller $0,5 \text{ m/s}^2$ (helkropp, tiltaksverdi) kan benyttes i 8 timer per døgn. Ved bruk utover dette, eller ved høyere verdier, må tiltak innføres.

Det vil altså være mulig å benytte f.eks. en anleggsmaskin utover disse tidsrammene, da grenseverdi for helkroppsvibrasjoner er $1,1 \text{ m/s}^2$. Ved å benytte ett utstyr med $A(8) = 0,5 \text{ m/s}^2$ vil man først oppnå grenseverdi $1,1 \text{ m/s}^2$ etter bruk over 24 timer.


Det er således mulighet for å arbeide utover 8 timer per døgn, men tiltak må innføres. Tiltak kan f.eks. være oppfordring til å benytte myke og rolige bevegelser, velge rett maskin til arbeidet som skal utføres og ikke overbelaste maskinen, etterse at fører sete er optimalt innstilt eller etterstrebe at sjåførens eksponeringstid blir redusert. Det siste punktet vil være det mest reelle, da arbeid utover 8 timer normalt sett er ett unntak.

Anleggsmaskiner fra Hitachi og Bell tilfredsstill Maskinforskriftens krav i henhold til vibrasjoner m.m. Dette er bekreftet i maskinens brukerhåndbok.

Vibrasjonsnivå

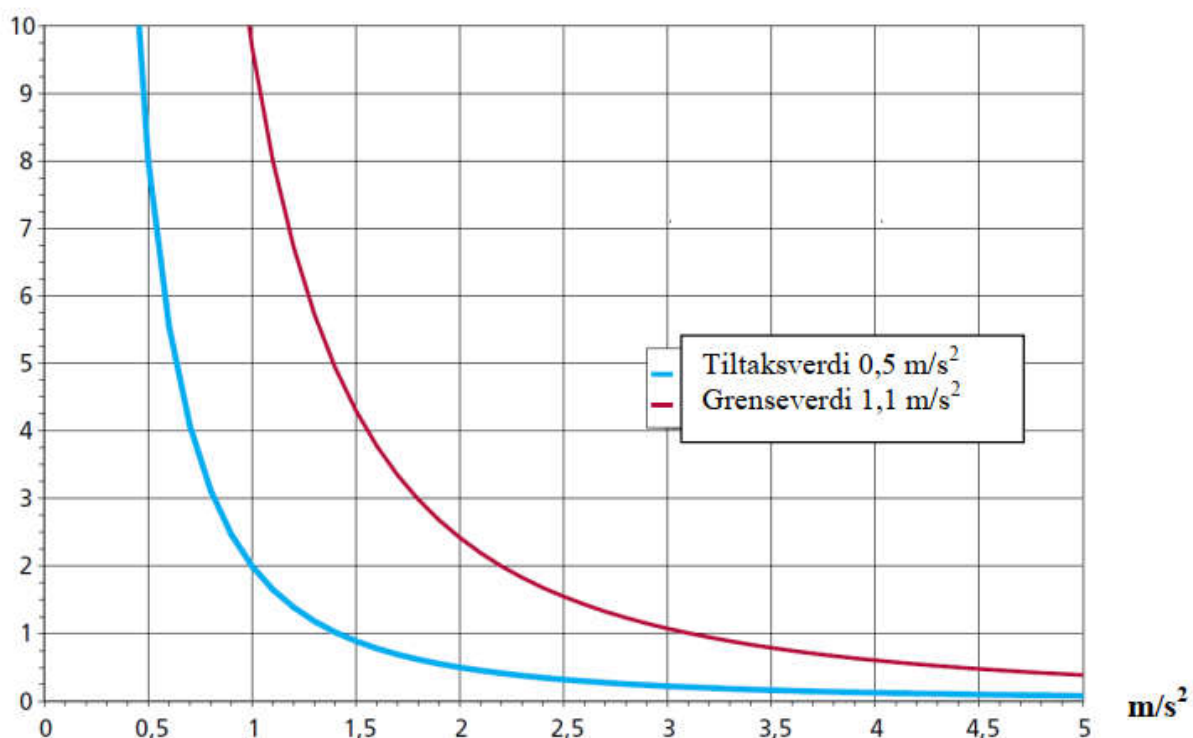
Hender/
armer: Akselerasjonen operatørens armer og hender utsettes for er under $2,5 \text{ m/s}^2$.

Hele
kroppen: Akselerasjonen hele operatørens kropp utsettes for er under $0,5 \text{ m/s}^2$.

 **MERK:** Akselerasjonen måles i samsvar med ISO 2631/1; ISO 5349 og SAE J1166.

Bilde 1. Informasjon fra Hitachi brukerhåndbok

Timer



Bilde 2. Maksimal eksponeringstid for helkroppsvibrasjoner før tiltaks- og grenseverdi oppnås.

Praktisk bruk av maskinelt utstyr kan gi svært forskjellige vibrasjoner avhengig av operatør, arbeidsoppgaver og underlag. Bransjeforeningen Norsk Bergindustri har tatt for seg reell bruk av slikt utstyr, og utarbeidet en rapport kalt *"Helkroppsvibrasjoner i bergindustrien"*. Der viser målinger at gravemaskiner i hovedsak ligger under 0,5 m/s², og altså vibrerer mindre enn det kravet tilsier.

"måleresultater viser at vibrasjonsnivåene i tipptrucker, hjullastere, gravemaskiner med pigg og ledd-dumpere er over tiltaksverdien, mens vibrasjonsnivåene i gravemaskiner med skuff og i borrhuger er under tiltaksverdien. Om sjåførenes vibrasjonseksposering overskrider tiltaksverdien er avhengig av daglig kjøretid."

Arbeidsgivers oppgave vil være å kartlegge bruk av vibrasjonsutsatt utstyr. Så fremt en anleggsmaskin benyttes i hh.t. brukerhåndboken vil man ikke komme over grenseverdiene, men kun overtrede tiltaksverdiene etter 8 timer. Blir det derimot benyttet utstyr som for stor skuffe, for stor hammer, hammer brukt på feil måte etc. så bør arbeidsgiver utføre målinger slik at man har kontroll på de reelle vibrasjonene og der igjen kontroll over hvor lang tid operatøren kan være utsatt for disse.

Tiltak for å redusere eksponeringen av vibrasjoner i tipptrucker, rammestyrte dumpere eller hjullastere kan være valg av dekk, vedlikehold av kjøreveier, redusert hastighet, defensiv kjørestil og annet.

Kartlegging av bruk

Tiltaksgrensene skal kun unntaksvis overskrides, og den normale driften skal holdes innenfor disse grensene. Ved vedvarende bruk av belastende utstyr montert på anleggsmaskin anbefales det å utføre målinger på maskinen. En pute under sjåføren tilkoblet ett måleapparat benyttes til måling av helkroppsvibrasjoner. Verdiene vil normalt sett bli oppgitt som RMS (Root Mean Square = middelværdi), da Arbeidstilsynet benytter RMS-verdier.

Nedenfor følger regneeksempler hentet fra rapporten *"Helkroppsvibrasjoner i bergindustrien"*

Beregning av sjåførens daglige, 8 timers, vibrasjonseksposering (A8) ved kjøring med ett kjøretøy.

Hva blir sjåførens daglige vibrasjonseksposering dersom kjøretiden er 2 timer, og vibrasjonsnivået (a) sjåføren i hjullasteren eksponeres for er som følger:

x-retning: 0,49 m/s², y-retning: 0,59 m/s², z-retning: 0,62 m/s²

De ovennevnte vibrasjonsnivåer har inkludert vektingsfaktor. Ved vurdering av helseisiko fra helkroppsvibrasjoner, må en vektingsfaktor, k-faktor, tillegges de frekvensveide vibrasjonsnivåene. Ofte blir dette automatisk utført i måleinstrumentet, men hvis ikke må man multiplisere vibrasjonsnivået i x- og y-retningen med 1,4, og z-retningen med 1,0.

Ved vurdering av sjåførens vibrasjonseksposering brukes den høyeste av vibrasjonsverdiene i x-, y- eller z-retningen. I dette tilfellet er det z-retningen som er den høyeste med 0,62 m/s²

$$A(8) = a_z \times \sqrt{T(\text{eksponeringstiden}) / 8} = 0,62 \text{ m/s}^2 \times \sqrt{2/8} = \mathbf{0,31 \text{ m/s}^2}$$

Ved å benytte en kalkulator fra internett, f.eks *"Whole body vibration calculator"* som lastes ned i excel, kan man enkelt foreta samme kalkulasjon:

Whole-Body Vibration Calculator

Health & Safety Executive

Daily Vibration Exposure A(8)

K-factor included in input values

Operation description	Measured or estimated vibration magnitude			Exposure time		Partial Daily Vibration Exposures		
	a _w x-axis m/s ²	a _w y-axis m/s ²	a _w z-axis m/s ²	hours	mins	A(8) x-axis m/s ² A(8)	A(8) y-axis m/s ² A(8)	A(8) z-axis m/s ² A(8)
1	0,49	0,59	0,62	2		0,25	0,30	0,31
2								
3								
4								
5								
6								

Copy descriptions from VDV calculator

Reset calculator
Go to VDV calculator
Print
HELP
Re-size screen

Daily exposures, A(8)
Daily exposures, points
Time to EAV/ELV
Points per hour

Total A(8) exposures		
0,25	0,30	0,31

Daily Vibration exposure, m/s² A(8)

0,31

Colour key

Less than EAV (0.5 m/s ² A(8)):	Green
EAV (0.5 m/s ² A(8)) or higher:	Yellow
ELV (1.15 m/s ² A(8)) or higher:	Red

Version 1.06 March 2006
© Crown copyright 2006

Bilde 3. Kalkulator fra britiske HSE, Health and Safety Executive

Beregning av maks kjøretid (T) før tiltaksverdi overskrides

Hva blir den maksimale kjøretiden (T) før tiltaksgrensen på 0,5 m/s² nåes, dersom vibrasjonsnivået sjåføren i hjullasteren eksponeres for er som følger:

x-retning: 0,49 m/s², y-retning: 0,59 m/s², z-retning: 0,62 m/s²

Ved vurdering av sjåførens vibrasjonseksponering brukes den høyeste av verdiene i x-, y- eller z-retningen. I dette tilfellet er det z-retningen som er den høyeste med 0,62 m/s²

$$T = 8 \times (\text{tiltaksverdi} / \text{vibrasjonsnivå})^2$$

$$T = 8 \times (0,5/0,62)^2 = 5,2 = 5 \text{ timer og } 12 \text{ minutter.}$$

Maks kjøretid (T) før tiltaksverdien overskrides = **5 timer og 12 minutter**

Ved å velge "Time to EAV/ELV" * i kalkulatoren vil man få opp hvor lenge utstyret kan benyttes før man når henholdsvis tiltaksverdi og grenseverdi:

Whole-Body Vibration Calculator

Daily Vibration Exposure A(8)

K-factor included in input values

Operation description	Measured or estimated vibration magnitude		
	a _w x-axis m/s ²	a _w y-axis m/s ²	a _w z-axis m/s ²
1	0,49	0,59	0,62
2			
3			
4			
5			
6			

Highest Axis	Time (hh:mm) to reach	
	EAV 0.5 m/s ² A(8)	ELV 1.15 m/s ² A(8)
z	5:12	>24hrs

Copy descriptions from VDV calculator

Reset calculator
Go to VDV calculator
Print
HELP
Re-size screen

Version 1.06 March 2006
© Crown copyright 2006

Bilde 4. Kalkulator fra britiske HSE, Health and Safety Executive

* EAV=exposure action value (tiltaksverdi), ELV=exposure limit value (grenseverdi)

Beregning av sjåførens daglige, 8 timers, vibrasjonseksposering (A8) ved kjøring med flere kjøretøy

Kjøring med hjullaster i 2 timer.

Vibrasjonsnivåer: x-retning: 0,49 m/s², y-retning: 0,59 m/s², z-retning: 0,62 m/s²

Graving med gravemaskin i 2 timer.

Vibrasjonsnivåer: x-retning: 0,45 m/s², y-retning: 0,40 m/s², z-retning: 0,70 m/s²

Eksposering i hjullaster

$$A_x(8) = 0,49 \text{ m/s}^2 \times \sqrt{T(\text{eksposeringstiden}) / 8} = 0,49 \text{ m/s}^2 \times 0,5 = 0,25 \text{ m/s}^2$$

$$A_y(8) = 0,59 \text{ m/s}^2 \times \sqrt{T(\text{eksposeringstiden}) / 8} = 0,59 \text{ m/s}^2 \times 0,5 = 0,30 \text{ m/s}^2$$

$$A_z(8) = 0,62 \text{ m/s}^2 \times \sqrt{T(\text{eksposeringstiden}) / 8} = 0,62 \text{ m/s}^2 \times 0,5 = 0,31 \text{ m/s}^2$$

Eksposering i gravemaskin

$$A_x(8) = 0,45 \text{ m/s}^2 \times \sqrt{T(\text{eksposeringstiden}) / 8} = 0,45 \text{ m/s}^2 \times 0,5 = 0,23 \text{ m/s}^2$$

$$A_y(8) = 0,40 \text{ m/s}^2 \times \sqrt{T(\text{eksposeringstiden}) / 8} = 0,40 \text{ m/s}^2 \times 0,5 = 0,20 \text{ m/s}^2$$

$$A_z(8) = 0,70 \text{ m/s}^2 \times \sqrt{T(\text{eksposeringstiden}) / 8} = 0,70 \text{ m/s}^2 \times 0,5 = 0,35 \text{ m/s}^2$$


Daglig vibrasjonseksposering A(8) i x-, y- og z-aksen blir:

$$A_x(8) = \sqrt{0,25^2 + 0,23^2} = 0,34 \text{ m/s}^2$$

$$A_y(8) = \sqrt{0,30^2 + 0,20^2} = 0,36 \text{ m/s}^2$$

$$A_z(8) = \sqrt{0,31^2 + 0,35^2} = 0,47 \text{ m/s}^2$$

Ved vurdering av sjåførens vibrasjonseksposering brukes den høyeste av vibrasjonsverdiene i x-, y- eller z-retningen. Sjåførens daglige vibrasjonseksposering **A(8) = 0,47 m/s²**



Whole-Body Vibration Calculator

Daily Vibration Exposure A(8)

Daily exposures, A(8)

Daily exposures, points

Time to EAV/ELV

Points per hour

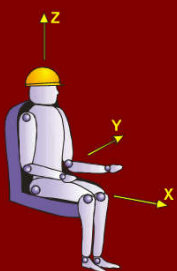
K-factor included in input values

Operation description	Measured or estimated vibration magnitude		
	a _w x-axis m/s ²	a _w y-axis m/s ²	a _w z-axis m/s ²
1	0,49	0,59	0,62
2	0,45	0,4	0,7
3			
4			
5			
6			

Exposure time	
hours	mins
2	
2	

Partial Daily Vibration Exposures		
A(8) x-axis m/s ² A(8)	A(8) y-axis m/s ² A(8)	A(8) z-axis m/s ² A(8)
0,25	0,30	0,31
0,23	0,20	0,35
Total A(8) exposures		
0,34	0,36	0,47
Daily Vibration exposure, m/s ² A(8)		
0,47		

Copy descriptions from VDV calculator



Reset calculator

Go to VDV calculator

Print

HELP

Re-size screen

Colour key

Less than EAV (0.5 m/s ² A(8)):	
EAV (0.5 m/s ² A(8)) or higher:	
ELV (1.15 m/s ² A(8)) or higher:	

Version 1.06 March 2006

© Crown copyright 2006

Bilde 5. Kalkulator fra britiske HSE, Health and Safety Executive

Konklusjon

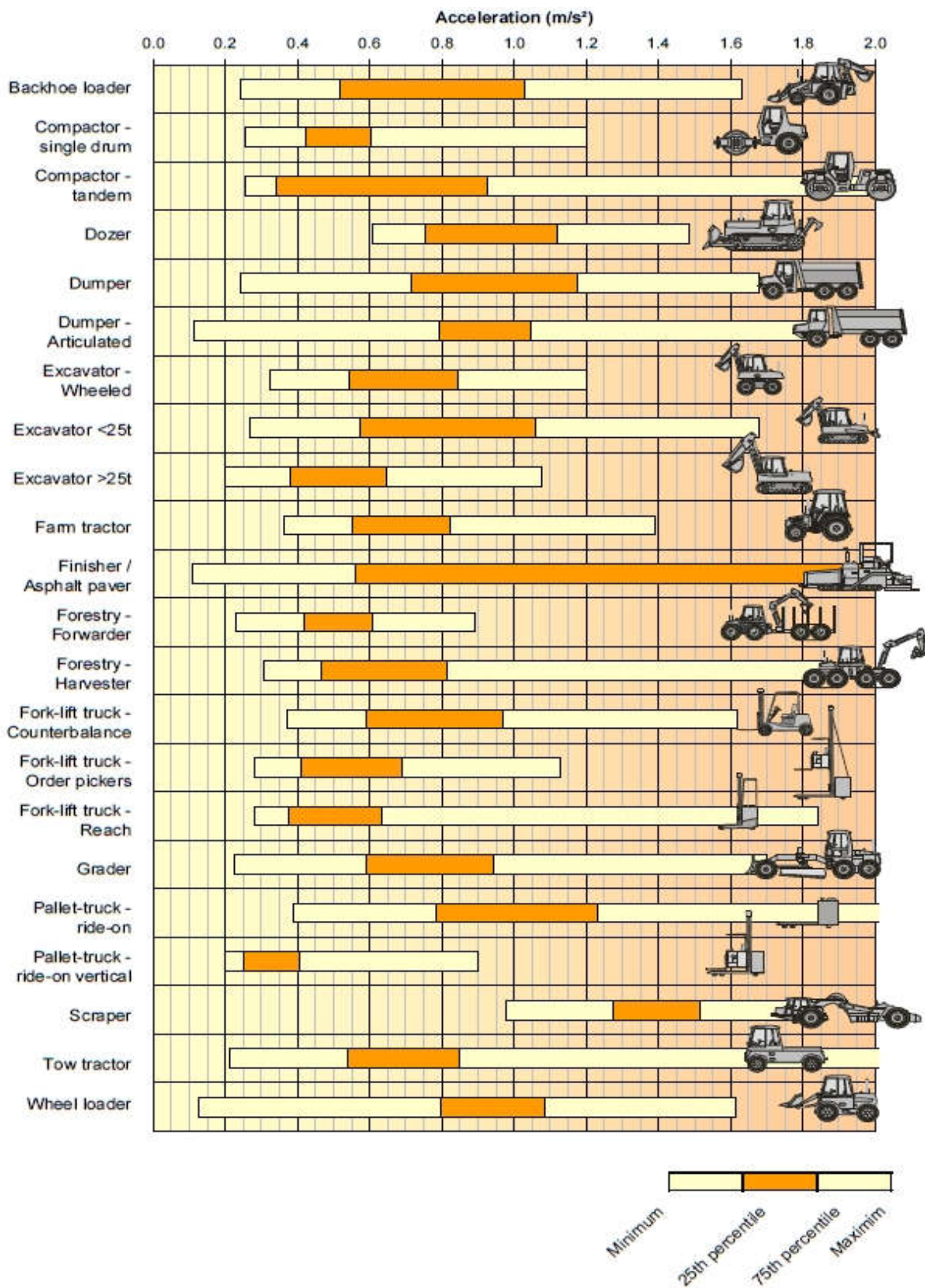
En normal arbeidsdag skal ikke påføre operatøren mer enn $A(8)=0,5 \text{ m/s}^2$. Ved utvidet arbeidstid/utstyr med høyere vibrasjoner skal totalverdien $A(8)$ kartlegges. Dette vil også gjelde ved kombinert bruk, dvs. bruk av forskjellig utstyr med forskjellige verdier. Både tidligere viste kalkulatorer, kalkulator fra Norsk Bergindustri eller lignende kan benyttes. Arbeidstilsynet viser til Eksponeeringskalkulator fra Umeå universitet: www.vibration.db.umu.se/

Eksempel under er vist med 6 timer normal bruk av gravemaskin og 0,5 time med hammer. Det gir totalt $A(8)= 0,5 \text{ m/s}^2$, noe som tilsier at operatøren ikke skal utføre flere vibrasjonsutsatte oppgaver i løpet av arbeidsdagen.

Gravemaskiner ligger normalt under $0,5 \text{ m/s}^2$ og kan benyttes 8 timer per dag. Normal bruk av disse vil ikke nå grenseverdien på $1,1 \text{ m/s}^2$ i løpet av ett døgn. Man kan derfor unntaksvis tillate arbeid utover 8 time, såfremt det foreligger planer/tiltak om at dette skal begrenses når mulig.

Bedrift: Teststein AS		Sted/Avd.: Drammen		Sjåførgruppe/Sjåførnavn: Pukkverk / Ole Olsen			Dato: 28/4-2014	
Kalkulator for beregning av helkroppsvibrasjoner								
Maskintype	Arbeidsoppgave	Vibrasjonsnivå m/s^2	Tillatt eksponeringstid		Sjåførens kjøretid per arbeidsdag timer	Sjåførens vibrasjonseksponering m/s^2	Risikovurdering	
			Tid før tiltaksverdi $0,5 \text{ m/s}^2$ timer	Tid før grenseverdi $1,1 \text{ m/s}^2$ timer				
Tipstruck	Laste masse, frakte fra A-B, losse masse, kjøre tilbake til A	0,72	3,9	18,7	0	0,00	Under tiltaksverdien. Ingen tiltak nødvendig.	
Ledd-dumper	Laste masse, frakte fra A-B, losse masse, kjøre tilbake til A	0,49	8,3	40,3	0	0,00		
Hjullaster med skuff	Kjøring og lasting/lossing	0,50	8,0	38,7	0	0,00		
Hjullaster med gaffer	Kjøring og lasting/lossing	0,44	10,3	50,0	0	0,00		
Hjullaster med rake	Arbeid med rake	0,55	6,6	32,0	0	0,00		
Gravemaskin med skuff	Graving	0,50	8,0	38,7	6	0,43		
Gravemaskin med pigg	Pigging	1,00	2,0	9,7	0,5	0,25		
Borrigg	Belting	0,69	4,2	20,3	0	0,00		
Borrigg	Boring	0,09	246,9	1195,1	0	0,00		
Sjåførens totale daglige vibrasjonseksponering m/s^2						0,50		

Bilde 6. Kalkulator fra Norsk Bergindustri (Excel)



Bilde 7. Eksempel på forventede verdier. (European Union's Guide to good practice on Whole-Body Vibration (2006)).