

VIBRACIJE KOJE SE PRENOSE NA CIJELO TIJELO, ŠAKE-RUKE

**METODE ISPITIVANJA I
PROCJENA RIZIKA**

ZAKONODAVNI OKVIR

- Direktivu 89/391/EEZ kojom se uvode mjere za poboljšanje sigurnosti i zdravlja radnika na radu.
- Direktiva 2002/44/EZ – minimalni zdravstveni i sigurnosni zahtjevi u odnosu na izloženost radnika rizicima uzrokovanim fizikalnim čimbenicima (vibracije) – kao dopuna
- Zakona o zaštiti na radu («Narodne novine» 71/14, 118/14, 154/14 , 94/18, 96/18)
- Pravilnik o zaštiti radnika od rizika zbog izloženosti vibracijama na radu («Narodne novine» 155/08)



ZAKONODAVNI OKVIR

- HRN EN ISO 5349-1:2008 - Mehaničke vibracije -- Mjerenje i ocjena izloženosti ljudi vibracijama koje se prenose preko ruku -- 1. dio: Opći zahtjevi (ISO 5349-1:2001; EN ISO 5349-1:2001)
- HRN EN ISO 5349-2:2008 - Mehaničke vibracije -- Mjerenje i ocjena izloženosti ljudi vibracijama koje se prenose preko ruku -- 2. dio: Praktične smjernice za mjerenje na radnome mjestu (ISO 5349-2:2001; EN ISO 5349-2:2001)
- HRN EN ISO 5349-2:2008/A1:2015 - Mehaničke vibracije -- Mjerenje i ocjena izloženosti ljudi vibracijama koje se prenose preko ruku -- 2. dio: Praktične smjernice za mjerenje na radnome mjestu (ISO 5349 2:2001/Amd 1:2015; EN ISO 5349-2:2001/A1:2015)
- HRN ISO 2631-1:1999 - Mehaničke vibracije i udari -- Ocjenjivanje izloženosti ljudi vibracijama cijeloga tijela -- 1. dio: Opći zahtjevi (ISO 2631-1:1997)
- HRN ISO 2631-1:1999/A1:2019 - Mehaničke vibracije i udari -- Ocjenjivanje izloženosti ljudi vibracijama cijeloga tijela -- 1. dio: Opći zahtjevi (ISO 2631-1:1997/Amd 1:2010)
- HRN ISO 2631-4:2010/A1:2018 - Mehaničke vibracije i udari -- Ocjenjivanje izloženosti ljudi vibracijama cijelog tijela -- 4. dio: Smjernice za procjenu utjecaja vibracija i rotacijskih gibanja na udobnost putnika i posade u transportnim sustavima s fiksnim vođenjem (ISO 2631-4:2001/Amd 1:2010)
- HRN ISO 2631-5:2011 - Mehaničke vibracije i udari -- Vrednovanje izloženosti ljudi vibracijama cijelog tijela -- 5. dio: Metode ocjenjivanja vibracija koje sadrže višestruke udare (ISO 2631-5:2004)



DEFINICIJE I PROPISANE VRIJEDNOSTI

- ŠTO JE VIBRACIJA?

- Vibracije nastaju kada tijelo oscilira uslijed vanjskih ili unutarnjih sila.
- U slučaju vibracija koje se prenose na šake i ruke, ručka stroja ili predmet koji se obrađuje, vibrira, a to se gibanje prenosi na šaku i ruku.
- U slučaju vibracija koje se prenose na cijelo tijelo, sjedalo vozila ili platforma na kojoj radnik stoji, vibrira, a to se gibanje prenosi na cijelo tijelo.
- Vibraciju definira njezina razina (intenzitet) i frekvencija. Razinu vibracija može se iskazati vibracijskim pomakom (u metrima), brzinom (u metrima po sekundi), odnosno ubrzanjem (akceleracijom) (u metrima po sekundi po sekundi, odnosno m/s^2).
- Frekvencija je broj pomaka naprijed-natrag, koje u sekundi ostvari tijelo koje vibrira. Izražava se u broju ciklusa po sekundi, poznatijem kao jedinica herc.
- Za vibracije koje se prenose na cijelo tijelo važnima se smatraju frekvencije u rasponu od 0,5 Hz do 80 Hz.
- Za vibracije koje se prenose na šake i ruke važnima se smatraju frekvencije u rasponu od oko 8 Hz do 1000 Hz.
- Budući da rizik od oštećenja zdravlja nije jednak pri svim frekvencijama, za procjenu vjerojatnosti oštećenja koje može nastati tijekom izlaganja vibracijama različitih frekvencija, koristi se ponderiranje s obzirom na frekvenciju.
- Slijedom navedenog, vrijednost ponderiranog ubrzanja opada s porastom frekvencije.



DEFINICIJE I PROPISANE VRIJEDNOSTI

- »vibracije šaka-ruka« : mehaničke vibracije, koje pri prenošenju na šaku i ruku predstavljaju rizik za sigurnost i zdravlje radnika, posebice rizik od nastanka poremećaja krvnih žila, živaca, kostiju, zglobova i mišića.

Granične vrijednosti i upozoravajuće vrijednosti izloženosti za vibracije šaka-ruka su sljedeće:

- granična vrijednost dnevne izloženosti, normirana na referentno razdoblje od osam sati, je 5 m/s^2 ;
 - upozoravajuća vrijednost dnevne izloženosti, normirana na referentno razdoblje od osam sati, je $2,5 \text{ m/s}^2$.
- »vibracije cijelog tijela«: mehaničke vibracije, koje se pri prenošenju na cijelo tijelo predstavljaju rizik za zdravlje i sigurnost radnika, posebice rizik od razvoja bolesti donjeg dijela kralježnice.

Granične vrijednosti i upozoravajuće vrijednosti izloženosti za vibracije cijelog tijela su sljedeće:

- granična vrijednost dnevne izloženosti, normirana na referentno razdoblje od osam sati, je $1,15 \text{ m/s}^2$;
- upozoravajuća vrijednost dnevne izloženosti, normirana na referentno razdoblje od osam sati, je $0,5 \text{ m/s}^2$.



OBVEZE POSLODAVCA

- Poslodavac mora ocijeniti i po potrebi osigurati mjerenja razine mehaničkih vibracija, kojima su radnici izloženi.
- Poslodavac mora izraditi procjenu rizika i odrediti mjere za smanjenje izloženosti mehaničkim vibracijama i s tim povezanim rizicima na najnižu moguću razinu.
- Poslodavac mora osigurati, da radnici koji su izloženi riziku zbog mehaničkih vibracija na radu, i/ili njihovi predstavnici budu informirani i osposobljeni u svezi s rezultatima procjene rizika.
- Poslodavac mora zajamčiti da se savjetovanje i suradnja s radnicima i/ili njihovim predstavnicima o pitanjima izloženosti radnika mehaničkim vibracijama.
- Poslodavac mora osigurati zdravstveni nadzor, čije rezultate treba uzeti u obzir pri provedbi sigurnosnih mjera na pojedinom radnom mjestu, je namijenjen sprečavanju i žurnom utvrđivanju bilo kakvih oštećenja zdravlja, povezanih s izloženosti mehaničkim vibracijama.



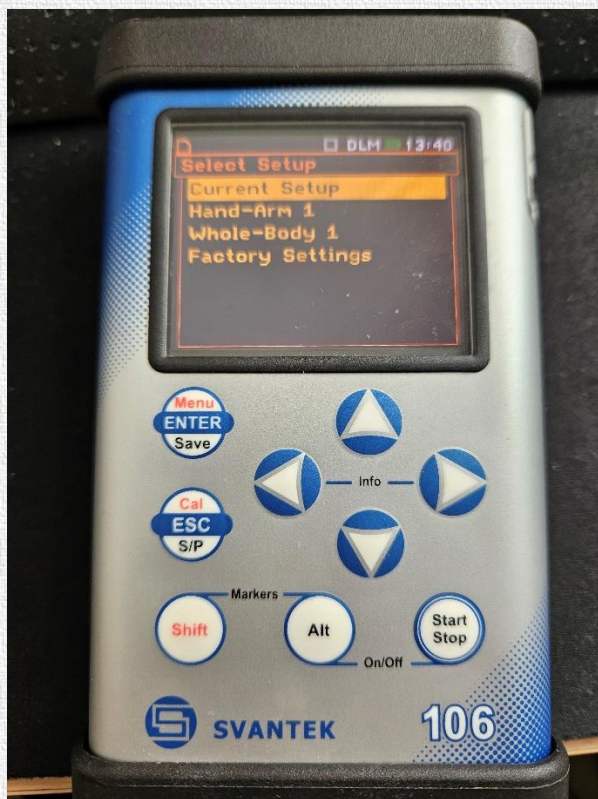
METODE ZA OCIJENJIVANJE DNEVNE IZLOŽENOSTI VIBRACIJAMA

- Primarna metoda - R.M.S. (eng. root-mean-square) – Razina vibracije izražena kao r.m.s. vrijednost iskazuje se kao akceleracija ponderirana s obzirom na frekvenciju, te je jednaka prosječnoj akceleraciji izmjerenoj u razdoblju provođenja mjerenja.
- Alternativna metoda - VDV (eng. vibration dose value) – Vrijednost vibracijske doze ili VDV predstavlja kumulativni mjerni rezultat, tj. povećava se s produljenjem trajanja mjerenja.



INSTRUMENT I SONDE ZA MJERENJE

**Instrument SVANTEK
SV 106**



**Sonda za mjerenje
vibracija cijelog tijela**



**Sonda za mjerenje
vibracija šaka - ruka**



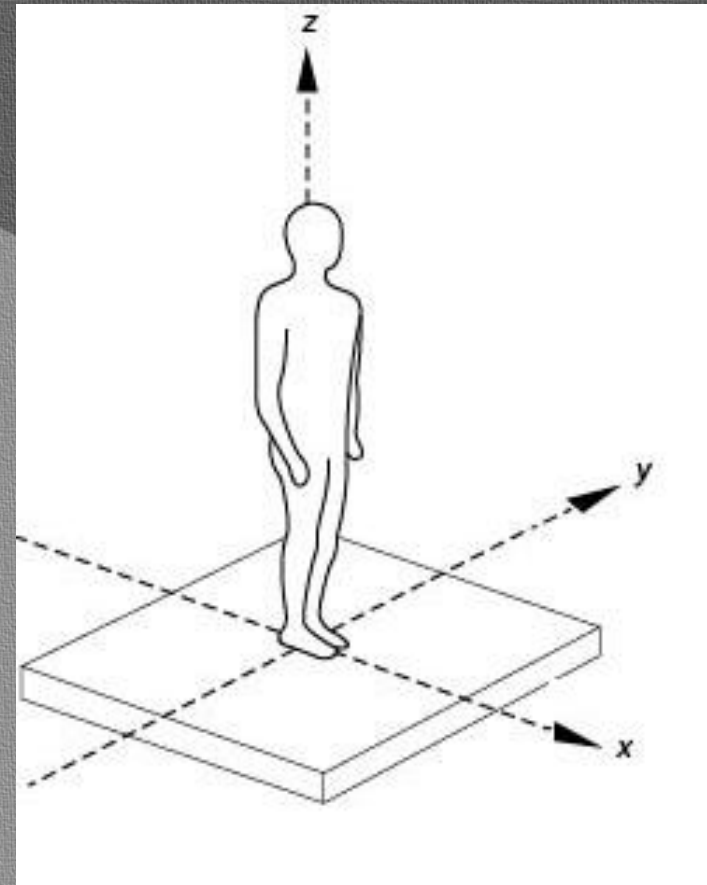
HRN EN ISO 8041-1:2017 Reakcija ljudskog tijela na vibracije – Mjerni instrumenti -- 1. dio:
Mjerači vibracija opće namjene (ISO 8041-1:2017; EN ISO 8041-1:2017)



ODREĐIVANJE OSI

Vibracije koje se prenose na cijelo tijelo – za osobu koja stoji

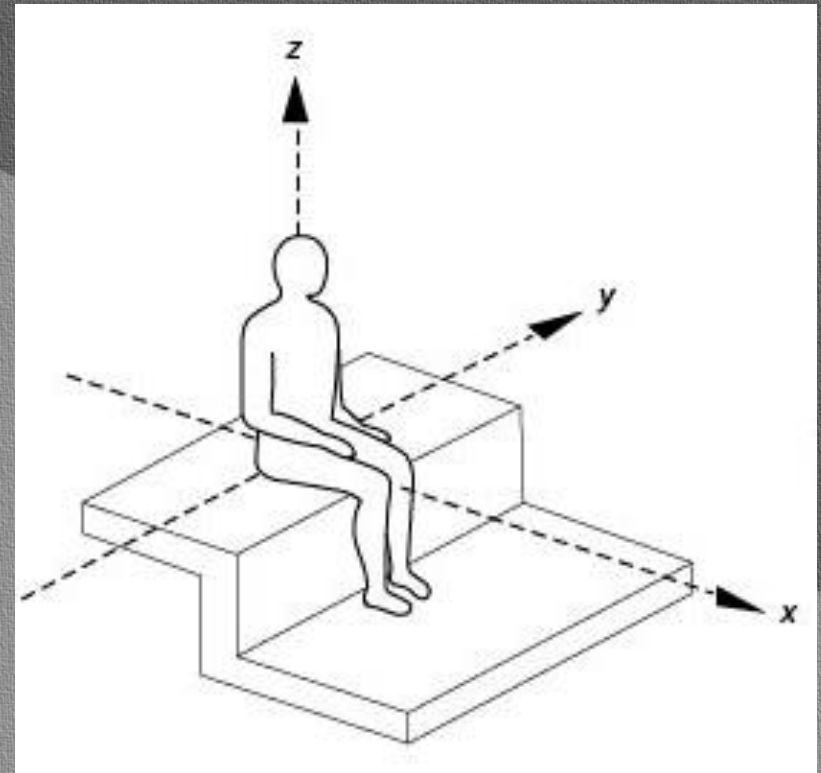
- Za osobu koja stoji vibracije se preko stopala prenose na osobu. X-os slijedi smjer stopala, Y-os je okomita na stopala, dok Z-os slijedi smjer kralježnice, tj. okomita je na podlogu na kojoj osoba stoji.



ODREĐIVANJE OSI

Vibracije koje se prenose na cijelo tijelo – za osobu koja sjedi

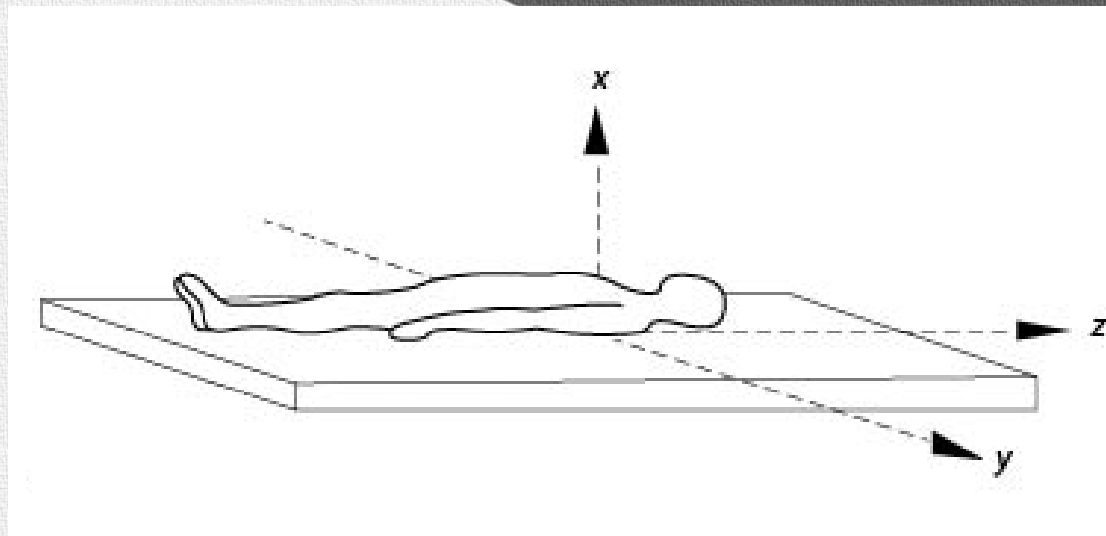
- Za vibracije osoba u sjedećem položaju X-os je okomita na prsni koš, Y-os je u smjeru ključne kosti, dok Z-os slijedi smjer kralježnice. Na slici je pretpostavka da je ulaz vibracija u tijelo preko sjedala, što ne mora uvijek biti slučaj. Ulaz vibracija je moguć preko naslona ili preko stopala, te se shodno tome koordinatni sustav (mjerna sonda) pozicionira na naslon odnosno ispod stopala, naravno ukoliko se utvrdi da je to točka ulaza vibracija u tijelo.



ODREĐIVANJE OSI

Vibracije koje se prenose na cijelo tijelo – za osobu koja leži

- Za vibracije osobe u ležećem položaju X-os je okomita na prsni koš, Y-os je u smjeru ključne kosti, dok z-os slijedi smjer kralježnice.



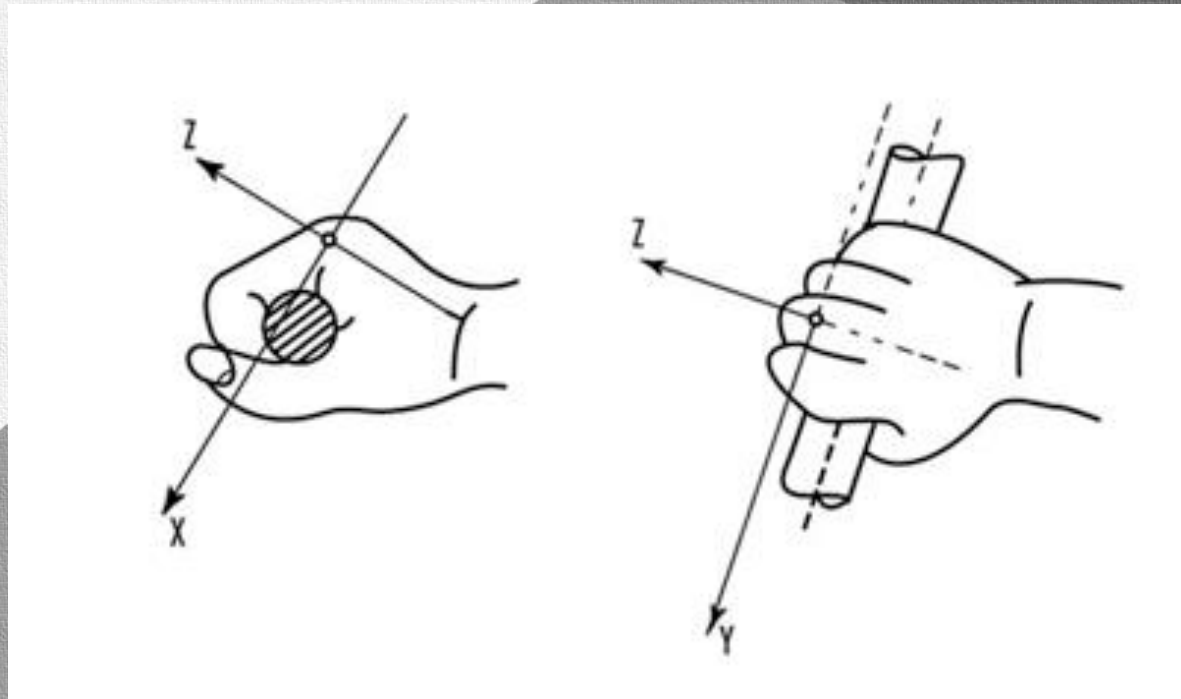
- Ukoliko nije moguće koordinate osi postaviti točno prema prethodnim primjerima, dozvoljena su odstupanja od 15° . Stvarni smjerovi osi se utvrđuju prema položaju tijela, te prema tome npr. Z-os ne mora nužno biti vertikalna (za stajaći, odnosno sjedeći položaj), nego prati smjer kralježnice, shodno tome orijentiraju se i preostale dvije osi.



ODREĐIVANJE OSI

Vibracije koje se prenose na šake - ruke

- Za vibracije šaka-ruka, X-os je okomita na dlan, Y-os je okomita na prste ruke, dok je Z-os u smjeru ispruženih prstiju.



MJERENJE VIBRACIJA CIJELOG TIJELA

- Razina vibracija koje se prenose na cijelo tijelo, odgovara najvišoj vrijednosti akceleracije ponderirane obzirom na frekvenciju, utvrđene na jednoj od tri ortogonalne osi ($1,4a_{wx}$, $1,4a_{wy}$ ili a_{wz}).

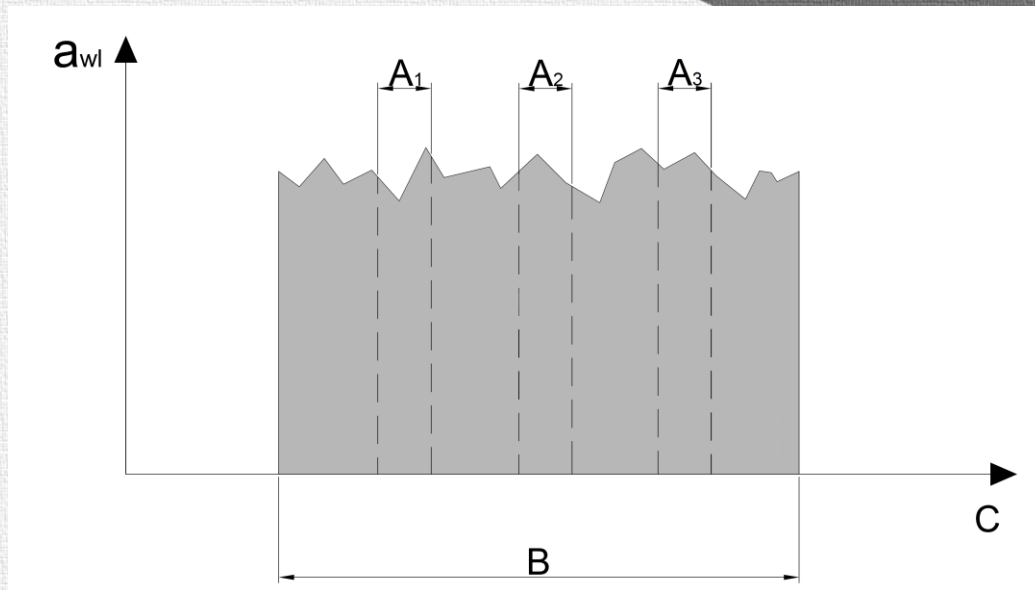
Načini mjerenja različitih procesa rada:

- a) Kontinuirani neprekinuti radni proces
- b) Ponavljajući kraći radni procesi
- c) Različiti radni procesi
- d) Više radnih procesa kraćih od 3 minute



MJERENJE VIBRACIJA CIJELOG TIJELA

a) Kontinuirani neprekinuti radni proces



$A_{1,2,3}$ – Vrijeme pojedinog mjerenja (> 3 minute)
B – Ukupno vrijeme izloženosti vibracijama
C – Vrijeme - T_0

Formula za prosječnu vrijednost vibracija po ortogonalnoj osi

$$a_{wl} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{j=1}^N a_{wlj}^2 t_j}$$

a_{wl} – prosječna vrijednost vibracije serije mjerenja
 T – ukupno vrijeme mjerenja ($A_1 + A_2 + A_3 + \dots$)
 t_j – pojedinačno vrijeme mjerenja uzorka (A_1, A_2, A_3, \dots)
 N – broj mjernih uzoraka

Izračun dnevne izloženosti vibracijama

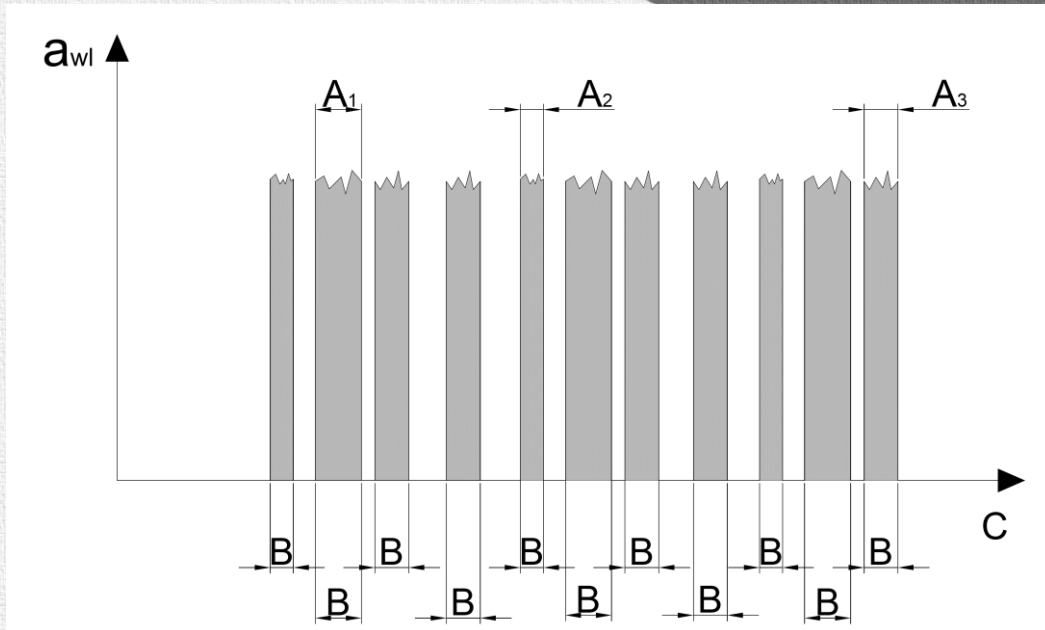
$$A_l(8) = k_l \sqrt{\frac{1}{T_0} a_{wl}^2 T}$$

$A_l(8)$ – dnevna izloženost vibracijama
 k_l – iznosi 1,4 za X i Y os, 1,0 za Z os
 T – vrijeme procesa rada
 T_0 – 8h (28 800 s)
 l – osi x, y, z



MJERENJE VIBRACIJA CIJELOG TIJELA

b) Ponavljajući kraći radni procesi



$A_{1,2,3}$ – Vrijeme pojedinog mjerenja

$\sum B$ – Ukupno vrijeme izloženosti vibracijama (T)

C – Vrijeme - T_0

Formula za prosječnu vrijednost vibracija po ortogonalnoj osi

$$a_{wl} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{j=1}^N a_{wlj}^2 t_j}$$

a_{wl} - prosječna vrijednost vibracije serije mjerenja

T - ukupno vrijeme mjerenja ($A_1 + A_2 + A_3 + \dots$)

t_j - pojedinačno vrijeme mjerenja uzorka (A_1, A_2, A_3, \dots)

N - broj mjernih uzoraka

Izračun dnevne izloženosti vibracijama

$$A_l(8) = k_l \sqrt{\frac{1}{T_0} a_{wl}^2 T}$$

$A_l(8)$ - dnevna izloženost vibracijama

k_l - iznosi 1,4 za X i Y os, 1,0 za Z os

a_{wl} - prosječna vrijednost vibracije serije mjerenja

T - vrijeme procesa rada

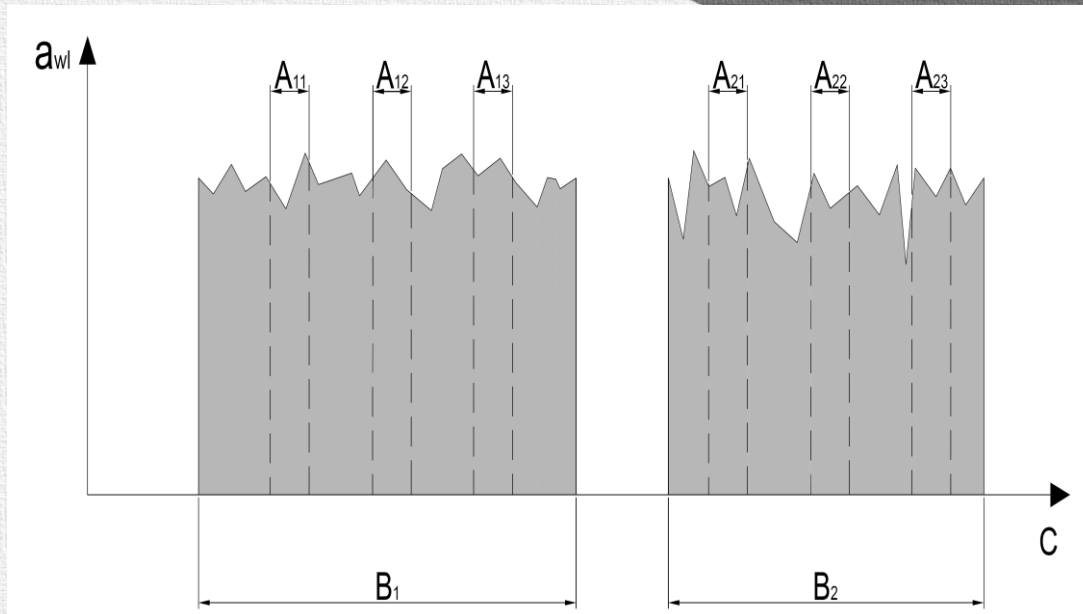
T_0 - 8h (28 800 s)

l - osi x, y, z



MJERENJE VIBRACIJA CIJELOG TIJELA

c) Različiti radni procesi



- $A_{11,12,13}$ – Vrijeme pojedinog mjerenja za radni proces 1
- $A_{21,22,23}$ – Vrijeme pojedinog mjerenja za radni proces 2
- B_1 – Vrijeme izloženosti vibracijama za radni proces 1
- B_2 – Vrijeme izloženosti vibracijama za radni proces 2
- C – Vrijeme - T_0

Formula za prosječnu vrijednost vibracija po ortogonalnoj osi

$$a_{wl} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{j=1}^N a_{wlj}^2 t_j}$$

- a_{wl} - prosječna vrijednost vibracije serije mjerenja
- T - ukupno vrijeme mjerenja ($A_1 + A_2 + A_3 + \dots$)
- t_j - pojedinačno vrijeme mjerenja uzorka ($A_{11}, A_{21}, A_{31}, \dots$)
- N - broj mjernih uzoraka

Izračun dnevne izloženosti vibracijama

$$A_l(8) = k_l \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^N a_{wli}^2 T_i}$$

- $A_l(8)$ – dnevna izloženost vibracijama
- k_l – iznosi 1,4 za X i Y os, 1,0 za Z os
- N – broj različitih radnih operacija
- a_{wli} - prosječna vrijednost vibracije za svaku pojedinu radnu operaciju
- T_i – ukupno vrijeme svake pojedine radne operacije
- T_0 – 8h (28 800 s)
- l – osi x, y, z



MJERENJE VIBRACIJA CIJELOG TIJELA

d) Više radnih procesa kraćih od 3 minute

Formula za prosječnu vrijednost vibracija, za svaki radni proces, po ortogonalnoj osi

$$a_{wl} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{n=1}^M a_{wln}^2 T_n}$$

a_{wl} - prosječna vrijednost vibracije serije mjerenja

T - ukupno vrijeme mjerenja radnog procesa (> 3 min.)

T_n - jedinično vrijeme mjerenja radnog procesa (< 3 min.)

M - potreban broj ponavljanja radnog procesa

Izračun dnevne izloženosti vibracijama

$$A_l(8) = k_l \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^N a_{wli}^2 T_i}$$

$A_l(8)$ - dnevna izloženost vibracijama

k_l - iznosi 1,4 za X i Y os, 1,0 za Z os

N - broj različitih radnih operacija

a_{wli} - prosječna vrijednost vibracije za svaku pojedinu radnu operaciju

T_i - ukupno vrijeme svake pojedine radne operacije

T_0 - 8h (28 800 s)

l - osi x, y, z



MJERENJE VIBRACIJA ŠAKA – RUKA

- Osnovna metoda za izloženost radnika vibracijama koje se prenose na šake i ruke ocjenjuje se R.M.S. (eng. root-mean-square) metodom. Razina vibracija iskazuje se akceleracijom ponderiranom s obzirom na frekvenciju, izmjereno na površini alata ili predmeta obrade koji su u izravnom doticaju sa šakom/rukom.

Dnevna izloženost vibracijama koje se prenose na šake i ruke ocjenjuje se na osnovu ukupne razine vibracija.

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hvx}^2 + a_{hvy}^2 + a_{hvx}^2}$$

Ukoliko se alat pridržava objema rukama, mjerenja se obavljaju za obje ruke, a izloženost vibracijama se određuje na temelju više izmjerene vrijednosti.

Prosječna vrijednost vibracija serije mjerenja.

$$a_{hv} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{j=1}^N a_{hvj}^2 t_j}$$

a_{hv} - prosječna vrijednost vibracije serije mjerenja

T - ukupno vrijeme mjerenja (> 1. minute)

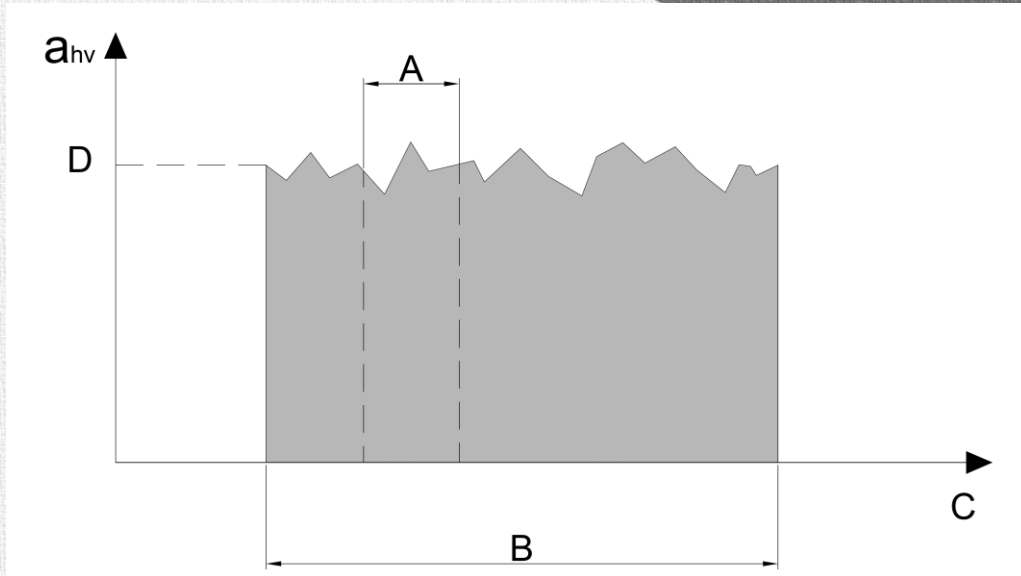
t_j - pojedinačno vrijeme mjerenja uzorka

N - broj mjernih uzoraka



MJERENJE VIBRACIJA ŠAKA – RUKA

a) Duže mjerenje kontinuiranog radnog procesa



A – Vrijeme mjerenja

B – Ukupno vrijeme izloženosti vibracijama (T_0)

C – Vrijeme

D – Izmjerena ukupna vrijednost vibracija (a_{hv})

Izračun dnevne izloženosti vibracijama koje se prenose na šake - ruke

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{T_0}{T}}$$

a_{hv} – Izmjerena ukupna vrijednost vibracija

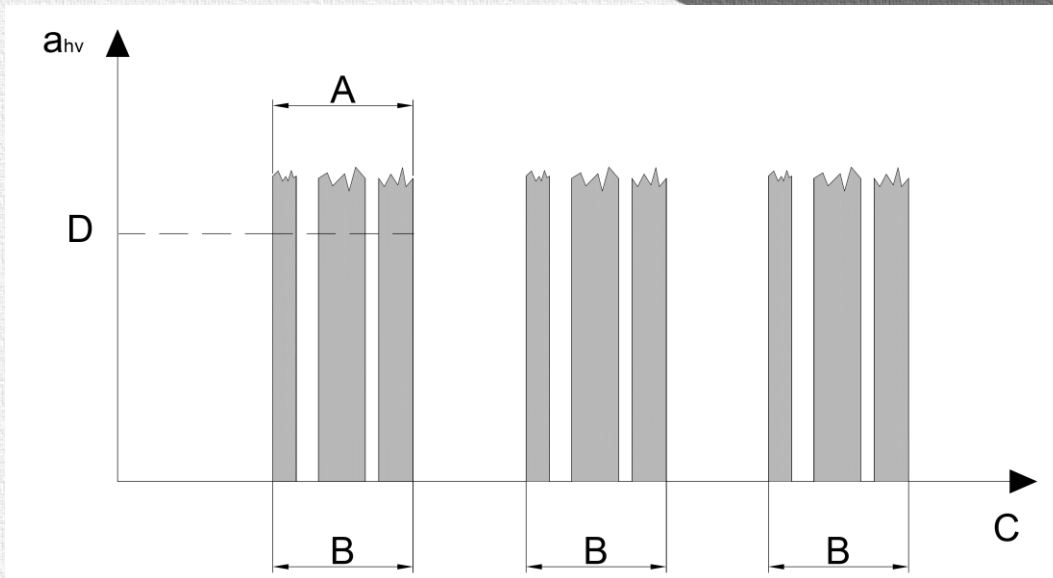
T – 8h (28 800 s)

T_0 – Ukupno vrijeme izloženosti vibracijama



MJERENJE VIBRACIJA ŠAKA – RUKA

b) Duže mjerenje isprekidanog radnog procesa



A – Vrijeme mjerenja

ΣB – Ukupno vrijeme izloženosti vibracijama (T_0)

C – Vrijeme

D – Izmjerena ukupna vrijednost vibracija (a_{hv})

Izračun dnevne izloženosti vibracijama koje se prenose na šake - ruke

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{T_0}{T}}$$

a_{hv} – Izmjerena ukupna vrijednost vibracija

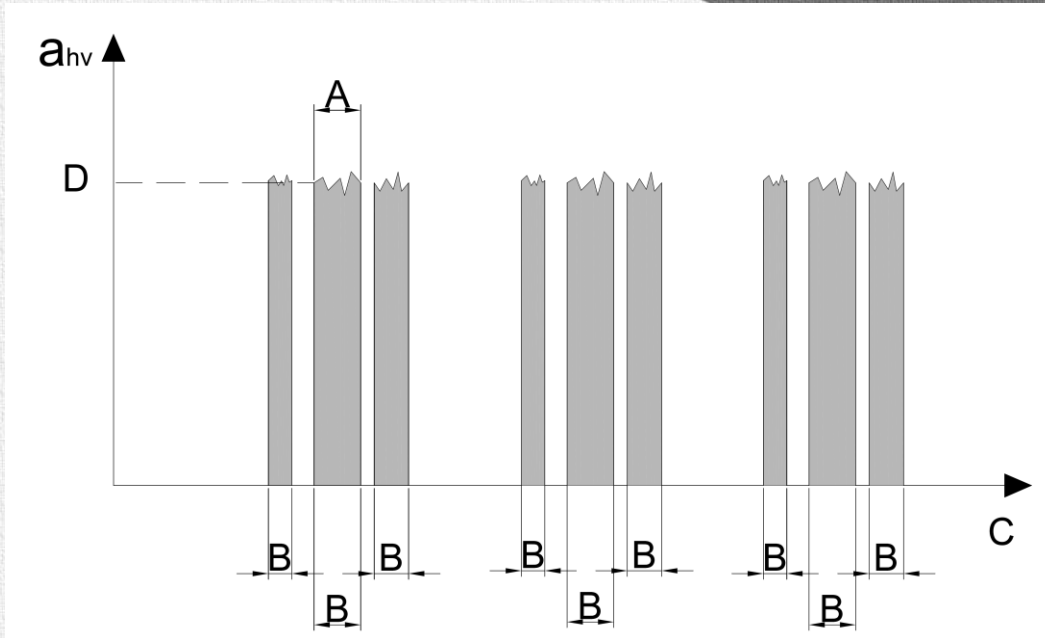
T – 8h (28 800 s)

T_0 – Ukupno vrijeme izloženosti vibracijama



MJERENJE VIBRACIJA ŠAKA – RUKA

c) Kratko mjerenje isprekidanog radnog procesa



A – Vrijeme mjerenja

ΣB – Ukupno vrijeme izloženosti vibracijama (T_0)

C – Vrijeme

D – Izmjerena ukupna vrijednost vibracija (a_{hv})

Izračun dnevne izloženosti vibracijama koje se prenose na šake - ruke

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{T_0}{T}}$$

a_{hv} – Izmjerena ukupna vrijednost vibracija

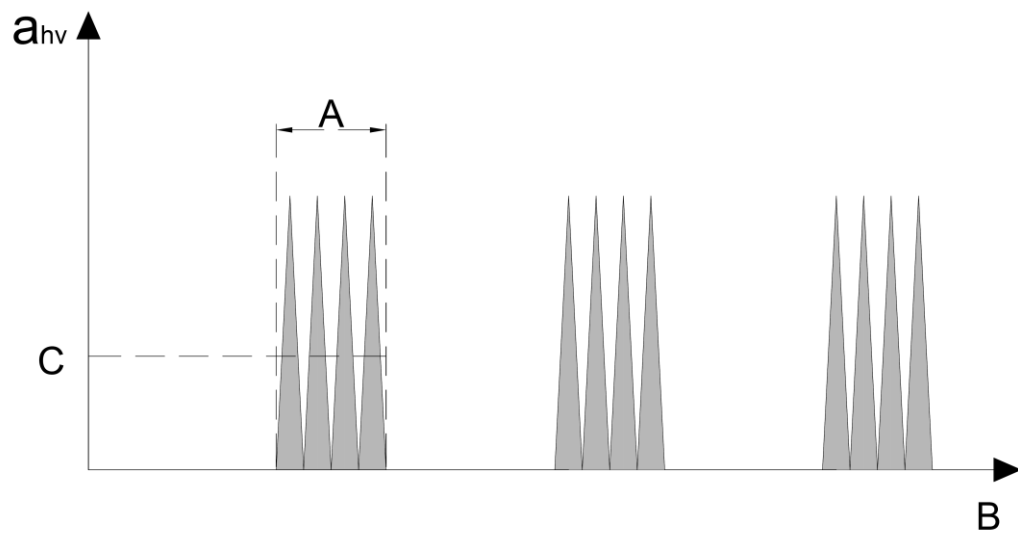
T – 8h (28 800 s)

T_0 – Ukupno vrijeme izloženosti vibracijama



MJERENJE VIBRACIJA ŠAKA – RUKA

d) Mjerenje vibracija kod alata sa kratkim trajanjem pojedinačnog udara



A – Vrijeme mjerenja

B – Vrijeme

C – Izmjerena ukupna vrijednost vibracija (a_{hv})

Izračun dnevne izloženosti vibracijama koje se prenose na šake - ruke

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{T_0}{T}}$$

$$T_0 = \frac{\text{Vrijeme mjerenja}}{\text{Broj udara za vrijeme mjerenja}} \times \text{Broj udara tokom dana}$$

a_{hv} – Izmjerena ukupna vrijednost vibracija

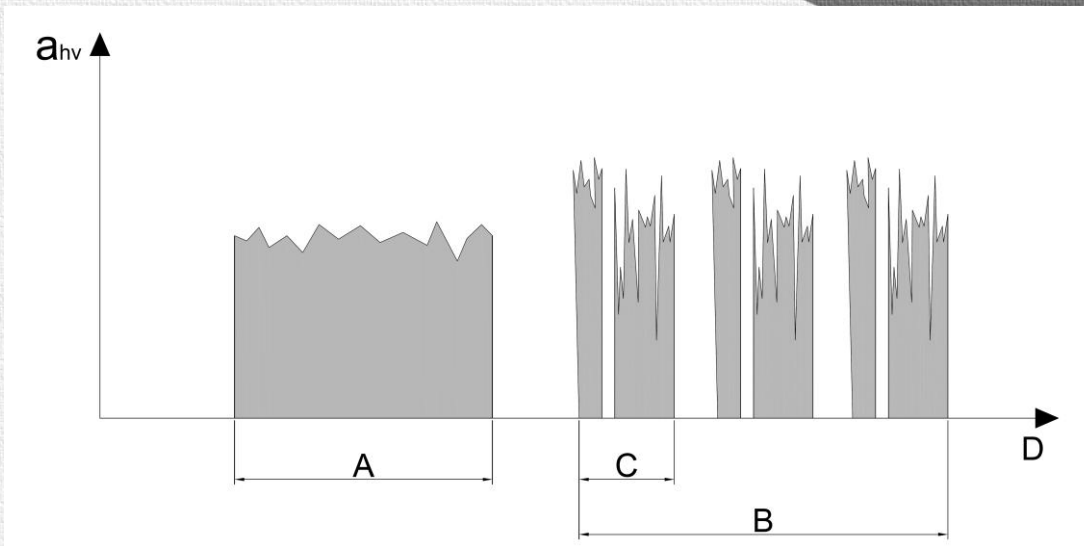
T – 8h (28 800 s)

T_0 – Ukupno vrijeme izloženosti vibracijama



MJERENJE VIBRACIJA ŠAKA – RUKA

Primjer izračuna dnevne izloženosti vibracijama koje se prenose na šake / ruke prilikom rada s više alata



- A – Alat 1
- B – Alat 2
- C – Radni ciklus - Alat 2
- D – Vrijeme

Izračun dnevne izloženosti vibracijama koje se prenose na šake - ruke

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{hvi}^2 T_i}$$

$A(8)$ – dnevna izloženost vibracijama

n – broj različitih alata

T_i – vrijeme korištenja (izloženosti vibracijama) pojedinog alata

T_0 – 8h (28 800 s)

a_{hvi} – ukupna vrijednost vibracija za pojedini alat



OCJENJIVANJE/ PROCJENA RIZIKA

- Poslodavac mora ocijeniti i po potrebi osigurati mjerenja razine mehaničkih vibracija, kojima su radnici izloženi.
- Razina izloženosti mehaničkim vibracijama se može ocijeniti promatranjem specifičnih radnih postupaka uz istovremeno uzimanje u obzir značajnih informacija o mogućem opsegu vibracija, koje su karakteristične za tu vrstu radne opreme, koja se koristi u konkretnim uvjetima te uzimanja u obzir informacija dobivenih od strane proizvođača radne opreme. **Takav postupak ocjenjivanja se ne smije izjednačiti s mjerenjima, koja zahtijevaju uporabu posebnih mjernih instrumenata i odgovarajuće metodologije.**
- **Postupak procjene rizika:**
- Utvrditi/ izračunati razinu, vrstu i trajanje izloženosti, uključujući bilo kakvu izloženost vibracijama s prekidima ili s ponavljajućim udarima;
- Utvrditi/ izračunati dnevnu izloženost sa obzirom na granične vrijednosti izloženosti i upozoravajućim vrijednostima izloženosti;



MJERE ZA OSIGURANJE SIGURNOSTI I ZDRAVLJA RADNIKA

- Zaštitne se mjere trebaju uvijek poduzimati redosljedom S-T-O-P:
 - S: Supstitucija/Zamjena
 - T: Tehnološka rješenja, npr. strojevi, alati i vozila s niskom razinom vibracija
 - O: Organizacijske mjere, npr. ograničavanje trajanja izlaganja vibracijama jakog intenziteta
 - P: Pojedinačna/Osobna zaštitna sredstva, npr. uporaba antivibracijskih rukavica za smanjenje vibracija koje se prenose na ruku i šaku, koje su ipak djelotvorne samo u odnosu na vibracije viših frekvencija.



MJERE ZA OSIGURANJE SIGURNOSTI I ZDRAVLJA RADNIKA

- Na temelju procjene rizika poslodavac mora odmah, nakon što su prekoračene upozoravajuće vrijednosti izloženosti, izraditi i provesti program tehničkih ili organizacijskih mjera za smanjenje izloženosti mehaničkim vibracijama i s tim povezanim rizicima na najnižu moguću razinu, prije svega uzimajući u obzir:
 - druge radne postupke, koji zahtijevaju manju izloženost mehaničkim vibracijama;
 - izbor odgovarajuće radne opreme, koja je na odgovarajući način ergonomski projektirana i, uzimajući u obzir rad koji treba obaviti, uzrokuje manje vibracija;
 - osiguranja dodatne opreme, koja smanjuje oštećenja zdravlja zbog vibracija, kao što su stolci, koji učinkovito smanjuju vibracije cijeloga tijela, i ručke/hvatišta, koji smanjuju prijenos vibracija na sistem šaka-ruka;
 - odgovarajuće postupke održavanja radne opreme, radnog mjesta i sistema radnih mjesta;
 - planiranje i uređenje radnih mjesta i procesa rada;
 - odgovarajuće informiranje i osposobljavanje radnika glede pravilne i sigurne uporabe radne opreme radi smanjenje njihove izloženosti mehaničkim vibracijama na najnižu moguću razinu;
 - ograničenje trajanja i intenziteta izloženosti;
 - odgovarajući raspored izvođenja radnih zadataka s dovoljnim odmorima;
 - osiguranje odgovarajuće osobne zaštitne opreme (odjeća, rukavice itd.) za zaštitu radnika od hladnoće i vlage.

Poslodavac mora osigurati, da ni u kojem slučaju izloženost radnika ne prelazi granične vrijednosti izloženosti.



HVALA NA PAŽNJI!



Pantovčak 28, 10 000 Zagreb, Croatia

tel: +385 1 55 16 222, mob: +385 91 46 46 234

email: ured@questus-sigurnost.hr