

HODNOTENIE RIZIKA EXPOZÍCIE ZAMESTNACOV VIBRÁCIÁM V PRACOVNOM PROSTREDÍ

EVALUATION OF THE RISK OF EXPOSURE OF EMPLOYEES BY VIBRATION IN THE WORKING ENVIRONMENT

Marek Suchoň, Ján Zelený

Bc. Marek Suchoň, prof. Ing. Ján Zelený, CSc., Katedra životného prostredia Fakulta prírodných vied Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici

DOI <http://dx.doi.org/10.24040/actaem.2017.19.1.42-54>

Abstract: The work deals with assessing the effects of vibrations in the working environment of selected staffs and electrical equipment. In the introduction parts is described of formation of vibrations, the effects and possible negative impact of physical factors on employees health. The aim of this work is the effect of vibrations on selected professionals through questionnaire survey and implementation of experimental vibration measurements on a hand of employee. The observation of vibration effects was chosen in a company, where products are being shaped with pneumatic instruments and there is a risk of an exposure of vibrations on the employees.

In experimental part are described and evaluated questionnaire surveys conducted on selected risk factors. We evaluated the measured data and compared them with the standards. The reason is the realization of work with vibrating tools for a longer time, where some parts do wear-out and therefore there is a higher exposure to oscillation.

Key words: negative effects of vibrations, survey, experimental measurements of vibrations on hand

Abstrakt: Práca sa zaoberá hodnotením vplyvu vibrácií na človeka v pracovnom prostredí u vybraných profesií a elektrických zariadení. V teoretickej časti sa popisuje vznik vibrácií, vplyv a možné negatívne dopady daného fyzikálneho faktora na zdravie zamestnanca. Cieľom príspevku práce je sledovanie vplyvu vibrácií u vybraných profesií formou dotazníkového prieskumu a realizácia experimentálnych meraní vibrácií na ruky. Sledovanie vplyvu vibrácií bolo zvolené v podniku, kde sa opracovávajú výrobky pneumatickými nástrojmi a existuje riziko expozície zamestnancov vibráciám. V praktickej časti sú popísané a vyhodnotené realizované prieskumy dotazníkom. Nasleduje porovnanie získaných výsledkov u jednotlivých profesií so štandardom.

Výsledky ukázali zmeny hodnôt, ako sú hodnoty garantované výrobcom. Dôvodom je realizácia práce s vibrujúcimi nástrojmi dlhšie časové obdobie, kde dochádza k opotrebovaniu dielov a tým aj k vyššej expozícii kmitaniu.

Kľúčové slová: vibrácie, pracovné prostredie, zdravie zamestnanca, škodlivé fyzikálne faktory, meranie expozície vibráciám

Úvod

Faktory pracovného prostredia ovplyvňujú výkon zamestnancov a v neposlednom rade aj ich zdravie. Zdravie človeka je výsledkom vzájomného pôsobenia faktorov životného prostredia, pracovného prostredia, genetiky a životného štýlu. Významnosť škodlivých faktorov pracovného prostredia je vo vzťahu k výške expozície faktora na človeka a z toho vyplývajúce zdravotné riziká. (Marková, 2008, Zelený, 2010, Zelený a Marková, 2015, Marková a Majlingová, 2010, Marková, 2012, 2014)

Pracovné prostredie je dôležitý životný priestor, kde človek vykonáva prácu. Zamestnanci ostávajú na jednom pracovnom mieste dlhšie časové obdobie, čo vedie k vyššej pravdepodobnosti vzniku sprievodných javov v ich zdravotnom stave, ktoré majú priamy súvis s vibráciami a hlukom. (Hodgson, Bradley, 2006, Legáth, 2013, Dado, Hnilica, 2009, Dado a kol., 2011, 2012)

Zákon č. 124/2006 Z. z. o bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci (BOZP), ako kľúčový zákon BOZP, ustanovuje všeobecné zásady prevencie a základné podmienky na zaistenie bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci. Predmetom zákona č. 124/2006 Z. z. je vylúčenie rizík a faktorov podmieňujúcich vznik pracovných úrazov a rôznych chorôb z povolania, prípadne iných poškodení zdravia zamestnancov. Zákon č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia v znení neskorších predpisov, ustanovuje vykonávanie prevencie ochorení. V § 30, ktorý sa venuje ochrane zdravia pri práci, sú definované povinnosti zamestnávateľov, povinnosť hodnotenia zdravotných rizík, kategorizácie rizikových prác. V § 33 je definovaná ochrana zamestnancov pred vibráciami pri práci (Zákon č.355/2007 Z. z.).

Vibrácie (číslo 38 zo zoznamu chorôb z povolania) a hluk (číslo 28 zo zoznamu chorôb z povolania) patria po pracovnej činnosti s bremenami (číslo 29 zo zoznamu chorôb z povolania) medzi najsilnejšie negatívne faktory ovplyvňujúce celkovú klímu, pohodu a záťaž zamestnancov v ich pracovnom prostredí, o čom svedčia aj štatistické údaje v SR (obr.1) vydávané Národným centrom zdravotníckych informácií (položka č. 28 zoznamu chorôb z povolania).



Obr 1 Prezentácia % podielu chorôb z povolania najčastejších chorôb z povolania v rokoch 2001 – 2016 v SR. (zdroj: NCZI, Správa Choroby z povolania alebo ohrozenia chorobou z povolania v SR 2016, 2017)

Figure 1 Presentation of % of the incidence of occupational diseases in 2001 - 2016 in the SR. (Source: NCZI, Occupational or Occupational Disease Management in SR 2016, 2017)

Legenda: Číselník zo zoznamu chorôb z povolania:

29 - *Choroba z dlhodobého, nadmerného a jednostranného zaťaženia končatín – ochorenie kostí, kĺbov, šliach a nervov končatín*

28 - *Choroba z vibrácií – ochorenie kostí, kĺbov, svalov, ciev a nervov končatín spôsobené vibráciou*

38 - *Porucha sluchu z hluku, pri ktorej dosahuje strata sluchu podľa Fowlera pri poškodených mladších ako 30 rokov najmenej 40 %. Pri poškodených nad 30 rokov sa uvedená hranica každé dva roky zvyšuje o 1 % až do dosiahnutia 50 rokov veku poškodeného, odkedy už musí presahovať 50 %*

24, 25 a 26 - *Infekčné choroby a parazitárne choroby okrem tropických infekčných chorôb a parazitárnych chorôb a chorôb prenosných zo zvierat na ľudí; Tropické prenosné a parazitárne choroby; Choroby prenosné zo zvierat na ľudí priamo alebo prostredníctvom prenášačov*

22 - *Kožné choroby okrem rakoviny kože (to je 21) a prenosné kožné choroby*

33 a 34 *Choroba zaprášenia pľúc prachom obsahujúcim oxid kremičitý (silikóza, silikotuberkulóza) vrátane (uhl'okopskej) pneumokoniózy a Choroba zaprášenia pľúc azbestovým prachom (azbestóza)*

Vibrácie v pracovnom prostredí

Vibrácie, mechanické kmitanie, je pohyb mechanickej sústavy, alebo jej časti, pri ktorom veličina opisujúca pohyb, alebo polohu je striedavo menšia, väčšia ako určitá rovnovážna hodnota tejto veličiny (Lumnitzer, 2007, Očkajová, 2013). Uvedené kmitanie (oscilácia) je neustále sa opakujúci jav hmotného telesa, ktorý sa vždy vracia späť do svojho pôvodného bodu. Frekvencia vibrácií Hertz (Hz) udáva počet kmitov (vychýlení) od svojho pôvodného stavu za časovú jednotku ($1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$). Vibrácie sú mechanické kmitania s frekvenciou väčšou ako 25 Hz ($f > 25 \text{ Hz}$). (Očkajová, a kol., 2013)

Najčastejším zdrojom vibrácií a otrasov v pracovnom prostredí sú ťažké mechanizmy, rôzne pohyblivé dopravníky, elektromotory, vodné i hydraulické čerpadlá, vzduchové vývevy a v neposlednom rade malé vibrujúce nástroje.

Podľa spôsobu, akým sa vibrácie prenášajú zo zdroja na ľudský organizmus sú delené na vibrácie prenášané na ruky, vibrácie prenášané na celé telo, miestne vibrácie a celkové vibrácie. (Nariadenie vlády 416/2005 Z.z., South, 2004, Očkajová, a kol. 2013, Suchomel et al. 2007)

Vibrácie prenášané na ruky sú vibrácie, ktoré pochádzajú z rukovätí ručných nástrojov, prípadne celých zariadení (napr. leštičku, pneumatické kladivo, volant automobilu), ktoré sú uchopované človekom. (Nariadenie vlády 416/2005 Z.z.)

Vibrácie prenášané na celé telo sú vibrácie, ktoré sú absorbované na stojacu, sediacu i ležiacu osobu ako celok cez oporný bod. Miestne vibrácie sa prenášajú na určitú časť ľudského organizmu. Celkové vibrácie sa intenzívne prenášajú na celé telo človeka v sediacej, prípadne stojacej polohe človeka. (Zelený, 2010, Stefanovská a kol., 2011)

Vibrácie vznikajú používaním kmitajúcich mechanizačných prostriedkov a mechanizmov na vyvolanie nárazov, napríklad pri používaní pneumatických a elektrických kladív, prípadne v rukách držiacich a nesúcich motorov poháňaných nástrojov (píly, odvetvovače a pod.). Vibrácie pôsobia aj pri stabilnom strojovom zariadení, ak sú nevyvážené, ďalej pri manipulačných a dopravných prostriedkoch (volant, sedadlo) a podobne. Teória, merania a účinky vibrácií sú v porovnaní s hlukom zložitejšie. Miesto akustického tlaku sa tu charakterizuje zrýchlenie vibrácií, ktoré vyjadruje zrýchlenie jednotlivých častíc materiálu pri prechode do okrajových polôh. (Suchomel et al. 2007)

Dopad vibrácií na ľudský organizmus

V dôsledku dopadu vibrácií na ľudský organizmus dochádza k vzniku rezonancie ľudského organizmu (tab.1). Negatívny dopad vibrácií vzniká dvomi spôsobmi (Čerkala, 2012):

1. Poškodzovanie určitých častí tela a orgánov dôsledkom otrasov, úderov, alebo rázov. Uvedené pohyby spôsobujú ľudskému telu otrasy s nízkou frekvenciou, ale vysokou

amplitúdou. Dané vibrácie otrasom majú oveľa nižší počet kmitov za sekundu, ale naproti tomu majú veľkú výchylku z pôvodnej rovnovážnej polohy.

2. Poškodzovanie zdravia dlhotrvajúcimi vibráciami s nízkou amplitúdou a vyššou frekvenciou (vysoko kmitočtové vibrácie). Uvedené vibrácie majú vysoký počet kmitov za sekundu, pri minimálnej odchýlke od rovnovážnej polohy

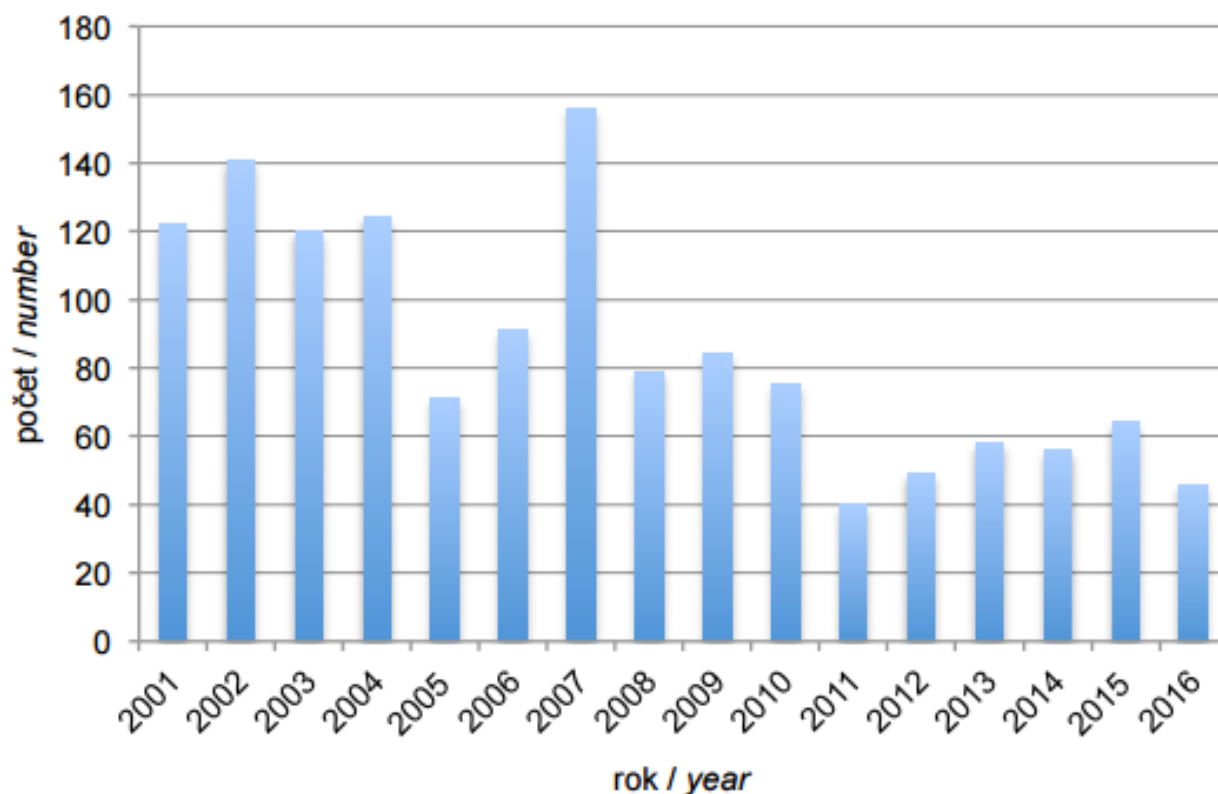
Tab 1 Frekvencia vybraných vibrujúcich nástrojov podľa: Lumnitzer et al, 2007) a príklady kmitočtových pásiem, v ktorých ľudské telo, alebo jeho časti rezonujú podľa Čerkalu a Lalíka (2012)

Table 1 Frequency of selected vibrating instruments according to: Lumnitzer et al, 2007) and examples of frequency bands in which the human body, or parts thereof, resonate according to Čerkal and Lalik (2012)

Nástroj	Frekvencia vibrácií (Hz)	Rezonujúca časť tela
	2-6	Sediaci osoba
Elektrické nožnice	12-15	Stojaci osoba
	20-30	Mäkké časti tela
Elektrická vrtáčka	30-40	Ruky a ramená
Pneumatické nástroje	30-60	Ruky a ramená
	60-90	Oči
Elektrické ručné píly	50-200	
Elektrické leštiace kotúče	200-800	Lebka

Uznávanie choroby z povolania vplyvom vibrácií v pracovnom prostredí je potvrdzované od roku 1998. V Európe a USA trpí danou expozíciou približne 2-3% zamestnancov. V rámci SR sa štatistické údaje pohybujú od 11 % v roku 2011 po v súčasnosti 6 % za rok 2016 (obr 1 a obr 2). Ochorenia zamestnancov, na ktorých vplyvajú vibrácie ako škodlivý fyzikálny faktor, možno rozdeliť na tri základné skupiny (Kukučková, 2011, Marková a kol. 2017):

1. Syndróm poškodenia periférnych ciev horných končatín (tzv. Raynaudov fenomén), ktoré sa prejavuje ako zreteľná subjektívna citlivosť na chlad, pocit oziabania, strnulosť rúk a nastáva zmena farby prstov do biela, ktorá je spôsobená zúžením ciev v končatinách, najmä koncov prstov. Zlepšenie daného stavu nastáva v teplom prostredí.
2. Ochorenie cievneho systému: vazoneuróza.
3. Syndróm poškodenia kostí, kĺbov, šliach a svalov.



Obr 2 Vývoj počtu ochorení kostí, kĺbov, svalov, ciev a nervov končatín spôsobených pri práci s vibrujúcimi nástrojmi a zariadeniami (zdroj: NCZI, 2017)

Figure 2 Evolution of bone, joint, muscle, vascular and nerve diseases of the extremities caused by vibrating instruments and devices (source: NCZI, 2017)

Kľúčovým cieľom práce je prezentácia fyzikálneho faktoru „vibrácie“ s jeho dopadmi na ľudský organizmus a prezentácia názorov zamestnancov pracujúcich s pneumatickými a elektrickými náradiami na vplyv vibrácií. V experimentálnej časti sú uvedené získané výsledky stanovenia hladiny zrýchlenia vibrácií na vybraných ručných elektrických náradiach.

Legislatívne ošetrovanie problematiky vplyvu vibrácií ako škodlivého faktora

Prvým významným dokumentom v problematike je Smernica Európskej únie 2002/44/ES („smernica o vibráciách“) ukladá zamestnávateľom povinnosť posudzovať riziká pôsobiace na ruky a ramená odstraňovať ich, prípadne znížiť na minimum. SR po vstupe do EÚ smernicu implementovalo v Nariadení vlády SR č. 416/2005 Z. z. o minimálnych zdravotných a bezpečnostných požiadavkách na ochranu zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou vibráciám, ktoré ustanovuje konkrétne požiadavky na zaistenie zdravia a bezpečnosti pri práci zamestnancov pred pôsobením vibrácií a otrasov, stanovuje limitné a akčné hodnoty expozície vibráciám, posudzovanie rizík z danej expozície, opatrenia a zdravotný dohľad. Zamestnávateľ je povinný poskytnúť preventívnu lekársku prehliadku v lehotách a frekvenciách, ktoré mu ukladá zákon. V nariadení sú uvedené i základné požiadavky na meranie vibrácií, záznamy o meraniach, prevádzkový poriadok a iné (NV SR č. 416/2005 Z. z.).

Nariadenie vlády SR č. 416/2005 Z. z. o minimálnych zdravotných a bezpečnostných požiadavkách na ochranu zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou vibráciám sa v decembri roku 2005 menilo a dopĺňalo nariadením vlády č. 629/2005 Z. z..

Vibrácie, ako škodlivý faktor pracovného prostredia, hodnotí Vyhláška Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky č. 448/2007 Z. z. o podrobnostiach o faktoroch práce a

pracovného prostredia vo vzťahu ku kategorizácii prác z hľadiska zdravotných rizík a o náležitostiach návrhu na zaradenie prác do kategórií v znení vyhlášky č. 98/2016 Z. z. a vyhlášky 283/2016 Z. z.) (tab 2). Vibrácie sú aj súčasťou faktoru fyzickej záťaže podľa uvedenej vyhlášky.

Tab 2 Podrobnosti o faktoroch práce a pracovného prostredia podľa zaradenia prác do kategórií (Príloha č. 1, bod c) k vyhláške č. 448/2007 Z. z.)

Table 2 Details of the factors of work and the working environment according to the classification of the work into the category (Annex No. 1, point c) of the Decree No. 448/2007 Coll.)

Kategória	Charakteristika prác
2	Práce, pri ktorých nie sú prekročené akčné hodnoty expozície vibráciám, ale hodnoty normalizovaného zrýchlenia vibrácií prekračujú 0,5-násobok akčných hodnôt expozície vibráciám.
3	a) Práce, pri ktorých sú prekročené akčné hodnoty expozície vibráciám, ale hodnoty normalizovaného zrýchlenia vibrácií neprekračujú 1,5-násobok akčných hodnôt expozície vibráciám.
	b) Práce, pri ktorých hodnota normalizovaného zrýchlenia vibrácií zodpovedá kritériám kategórie 2, ale súčasne spolupôsobia ďalšie faktory práce alebo pracovného prostredia (najmä dlhodobé, nadmerné a jednostranné zaťaženie, chlad, vlhkosť).
	c) Práce, pri ktorých odpoveď organizmu poukazuje na špecifické pôsobenie vibrácií.
4	a) Práce, pri ktorých hodnoty normalizovaného zrýchlenia vibrácií prekračujú 1,5-násobok akčných hodnôt expozície vibráciám.
	b) Práce, pri ktorých hodnota normalizovaného zrýchlenia vibrácií zodpovedá kritériám kategórie 3, ale súčasne spolupôsobia ďalšie faktory práce alebo pracovného prostredia (najmä dlhodobé, nadmerné a jednostranné zaťaženie, chlad, vlhkosť).
	c) Práce, pri ktorých hodnota normalizovaného zrýchlenia vibrácií zodpovedá kritériám kategórie 3, a zároveň sa u zamestnancov zisťujú zmeny zdravotného stavu vo vzťahu k pôsobeniu vibrácií

Definícia limitných a akčných hodnôt expozície vibráciám je uvedená v technických normách. STN EN ISO 5349-1: 2001 popisuje všeobecnú i praktickú časť merania vibrácií na ruky (časť 1. a časť 2.) a STN ISO 26311-1: 1999 popisuje vibrácie prenášané na celé telo človeka. Podrobnosti praktických pokynov o používaní metódy na meranie vibrácií na pracovisku sú uvedené v dokumente EN ISO 5349-2:2001. Uvedené skutočnosti sú uvedené aj v prílohe č. 2 NV 416/2005 Z.z..

Posúdenie rizík z vibrácií

Riziká spôsobené vibráciami pôsobiacimi na ruky a ramená postihujú ľudí pracujúcich v mnohých výrobných odvetviach a povolaniach. Riziká sa značne zvyšujú pri používaní zariadenia s vyššími vibráciami a pri predĺženom a pravidelnom používaní tohto zariadenia. Výskumy však ukázali, že správnym riadením je možné nebezpečenstvá spôsobené vibráciami kontrolovať a riziká znížiť. (Nezáväzná príručka o osvedčených postupoch s cieľom implementovať smernicu 2002/44/ES o minimálnych zdravotných a bezpečnostných požiadavkách vyplývajúcich z vystavenia pracovníkov rizikám vzniknutým pôsobením fyzikálnych faktorov (vibrácie), EK, 2007)

Posúdením rizika by sa malo (EK,2007):

- stanoviť, kde môže existovať riziko vyplývajúce z vibrácií pôsobiacich na ruky a ramená;
- odhadnúť vystavenie pracovníkov a porovnať ho s akčnou hodnotou vystavenia a limitnou hodnotou vystavenia;
- určiť dostupné kontroly rizika;
- určiť kroky, ktoré plánujete urobiť s cieľom kontrolovať a monitorovať riziká vyplývajúce z vibrácií pôsobiacich na ruky a ramená;

- zaznamenať posúdenie, podniknuté kroky a ich účinnosť.

Podrobnosti ohľadom posúdenia rizika vypracovania posudku o riziku sú ukotvené v §3 NV 416/2005 Z.z., a prevádzkový poriadok v § 10 uvedeného nariadenia. Stručný návod ohľadom vhodných otázok za účelom posúdenia rizika uvádza OSHA (2007). V rámci vibrácií je vypracovaný kontrolný zoznam (tab.3). V prípade, že jedna odpoveď je kladná, je potrebné postupovať ďalej. Nezáväzná príručka o osvedčených postupoch s cieľom implementovať smernicu 2002/44/ES o minimálnych zdravotných a bezpečnostných požiadavkách vyplývajúcich z vystavenia pracovníkov rizikám vzniknutým pôsobením fyzikálnych faktorov (vibrácie) z roku 2007, vypracovaná pod hlavičkou EK, ponúka ďalšie otázky (tab.3).

Práve v tejto problematike je dôležité, aby sa pracovníci a ich zástupcovia zapájali do posúdenia rizika spojeného s vibráciami a boli o ňom informovaní. Efektívne partnerstvo s pracovníkmi pomôže zabezpečiť, že informácie používané pri posúdení rizika sa budú zakladať na reálnom posúdení vykonávanej práce a času vynaloženého na jej vykonanie. (EK, 2007)

Na základe otázok z kontrolného zoznamu bol pripravený dotazník (znenie otázok je v legende tab 4) a oslovení zamestnanci vybraných profesií, z viacerých výrobných podnikov používajúcich pri pracovnej činnosti náradie, ktoré je zdrojom vibrácií. Počet respondentov 100, návratnosť 65 %. Výskum sa realizoval v priebehu decembra 2015, januára, novembra a decembra 2016.

Za zmienku stoja nasledujúce profesie: odlievač, tavič, zlievarenský robotník, ktorí poukázali na minimálny škodlivý vplyv faktora vibrácií (tab 4).

Tab 3 Stručný návod ohľadom vhodných otázok za účelom posúdenia rizík z vibrácií

Table 3 A brief guide on appropriate questions for assessing the risks of vibration

Kontrolný zoznam (OSHA, 2007)		Áno	Nie
1.	Vykonáva sa (často alebo dlhodobejšie) práca v prostredí, v ktorom sú citeľné vibrácie počas státia alebo sedenia?		
2.	Vykonáva sa (často alebo dlhodobejšie) práca s použitím ručných nástrojov alebo zariadení, spôsobujúcich vibrácie?		
Zoznam otázok podľa Príručky smernice 2002/44/ES (EK, 2007)			
Niekoľko otázok na pomoc pri rozhodovaní, či sú ďalšie kroky potrebné		Komentár	
1.	Používate rotačné akčné nástroje (napr. brúsne, leštiace kotúče)?	Niektoré rotačné akčné prostriedky môžu v priebehu pol hodiny prekročiť akčnú hodnotu vystavenia a vy by ste mali určite zasiahnuť, ak ich jednotliví zamestnanci používajú dlhšie ako 2 hodiny denne	
2.	Používate nárazové alebo úderné nástroje (t.j. nástroje s kladivovým účinkom)	Je pravdepodobné, že pri používaní nárazových alebo úderných nástrojov budú hladiny vibrácií oveľa vyššie ako v prípade rotačných prostriedkov. Niektoré nástroje s kladivovým účinkom môžu v priebehu niekoľkých minút prekročiť akčnú hodnotu vystavenia a vy by ste mali určite zasiahnuť, ak ich jednotliví pracovníci používajú dlhšie ako pol hodiny denne	
3.	Upozorňujú výrobcovia alebo dodávatelia vašich nástrojov na riziká spojené s vibráciami?	Ak používate ručné mechanické nástroje, ktoré môžu ich používateľov vystaviť riziku poranenia vyplývajúceho z vibrácií, výrobca by vás mal na to v príručke upozorniť.	
4.	Spôsobujú niektoré vibrujúce nástroje mravčenie alebo	Mravčenie alebo strnulosť rúk môžu byť postrehnuteľné počas používania alebo po používaní	

	strnulosť v rukách pri ich používaní alebo po ňom?	mechanických nástrojov a sú indikátormi rizika vibrácií pôsobiacich na ruky a ramená v dôsledku dlhodobého používania nástrojov.
5.	Hlásili už niektorí pracovníci vystavení vibráciám symptómy príznačné pre syndróm vibrácií pôsobiacich na ruky a ramená?	Dôkaz o syndróme vibrácií pôsobiacich na ruky a ramená znamená, že je nutné vystavenie vibráciám riadiť. Ak symptómy súvisia s vystaveniami nižšími ako akčná hodnota, je na základe toho možné identifikovať pracovníkov, ktorí sú osobitne náchylní na riziká vyplývajúce z vibrácií pôsobiacich na ruky a ramená.

Spôsoby a možnosti posúdenia denného vystavenia vibráciám v pracovnom prostredí prostredníctvom výpočtu

V súčasnosti existuje vypracovaná problematika posúdenia denného vystavenia vibráciám prostredníctvom výpočtu. Denné vystavenie vibráciám $A(8)$ sa vypočíta na základe sily a dĺžky trvania expozície zamestnanca, ktorý vykonáva jeden postup alebo používa len jeden nástroj použitím rovnice:

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

kde a_{hv} je sila vibrácií (v m/s^2), T je denná dĺžka trvania vystavenia vibráciám o veľkosti a_{hv} a T_0 je referenčné trvanie ôsmich hodín. Hodnota a_{hv} sa vypočíta podľa vzťahu:

$$a_{eq,T} = \left[\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} [a(t)]^2 dt \right]^{1/2}, \quad [m.s^{-2}]$$

kde:

$a(t)$ je časová funkcia okamžitého zrýchlenia vibrácií,

T je časový interval priemerovania zrýchlenia vibrácií, $T = t_2 - t_1$.

Ak je osoba vystavená viac ako jednému zdroju vibrácií, potom sa čiastočné vystavenie vibráciám vypočíta na základe sily vibrácií a dĺžky vystavenia pre každý zdroj. Celkové denné vystavenie vibráciám možno vypočítať na základe hodnôt čiastočného vystavenia vibráciám pomocou vzorca:

$$A(8) = \sqrt{A_1(8)^2 + A_2(8)^2 + A_3(8)^2 + \dots}$$

kde $A_1(8)$, $A_2(8)$, $A_3(8)$ atď. sú hodnoty čiastočného vystavenia vibráciám pre rôzne zdroje vibrácií. Príklady výpočtu denného vystavenia vibráciám sú uvedené v prílohe E Nezáväzná príručka o osvedčených postupoch s cieľom implementovať smernicu 2002/44/ES.

Spôsoby a možnosti merania vibrácií v pracovnom prostredí

Faktory, ktorými sa riadi denné vystavenie osoby vibráciám, sú frekvenčne vážená sila (hladina) vibrácií a čas vystavenia osoby tejto sile vibrácií. Čím väčšia je sila, alebo čím dlhšie trvá vystavenie, tým väčšie bude vystavenie osoby vibráciám. (EK, 2007)

Vibrácie alebo mechanické kmitania sú charakterizované amplitúdou [m] (maximálna výchylka z rovnovážnej) a rýchlosťou v [m. s⁻¹], zrýchlením a [m. s⁻²]. Parameter, ktorý je meraný pri hodnotení vplyvu vibrácií je hladina zrýchlenia vibrácií (efektívna hodnota zrýchlenia vibrácií) $L(a)$.

$$L(a) = 20 * \log \frac{a}{a_0} dB$$

kde a je efektívna hladina zrýchlenia vibrácií, a_0 – referenčná hodnota zrýchlenia, ktorá je stanovená na $10^{-6} m.s^{-2}$.

Metodika merania (STN EN ISO 5349- 2: 2001)

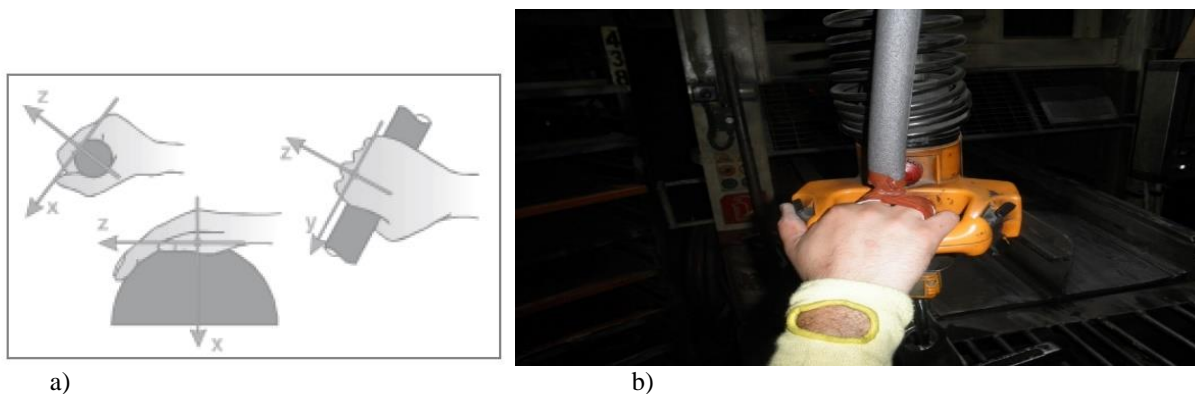
Meranie vibrácií bolo uskutočnené u zamestnancov, ktorí sa zúčastnili dotazníkového prieskumu.

Vibrácie určuje ich sila a frekvencia. Silu vibrácií možno vyjadriť ako vibračný posun [m], vibračnú rýchlosť [$m \cdot s^{-1}$] alebo vibračné zrýchlenie [$m \cdot s^{-2}$]. No väčšina vibračných prevodníkov vytvára výstupnú hodnotu, ktorá súvisí so zrýchlením; takže na opis vibrácií sa tradične používa zrýchlenie. Na získanie úplného obrazu o vibráciách na povrchu sa vibrácie musia merať v troch osiach (obr 3).

Veličiny, ktoré sa hodnotia pri každej vykonávanej operácii počas expozície kmitania sú:

- **a_{hwi}**: čo je výsledná hodnota kmitania vyjadrená v [$m \cdot s^{-2}$]. Táto hodnota sa vypočítava z troch hodnôt frekvenčne váženého zrýchlenia kmitania prenášaného na ruku **a_{hwix}**, **a_{hwiy}**, **a_{hwiz}** zistených v smere troch osí.
- **trvanie T_i** (za 1 deň) vystavenia kmitania pre preddefinovanú operáciu.

Základný parameter, ktorý sa zaznamenáva je denná expozícia kmitaniu **A(8)**.



Obr 3a) Osi merania vibrácií pôsobiacich na ruky a ramená (EK, 2007)

Figure 3a) Axes of vibration measurement of hand and shoulder vibrations (EC, 2007)

Obr 3b) Uchopenie ovládača žeriava pravou rukou (Zdroj: Suchoň)

Figure 3b) Grip of the crane driver by right hand (Source: Suchoň)

Experimentálna časť

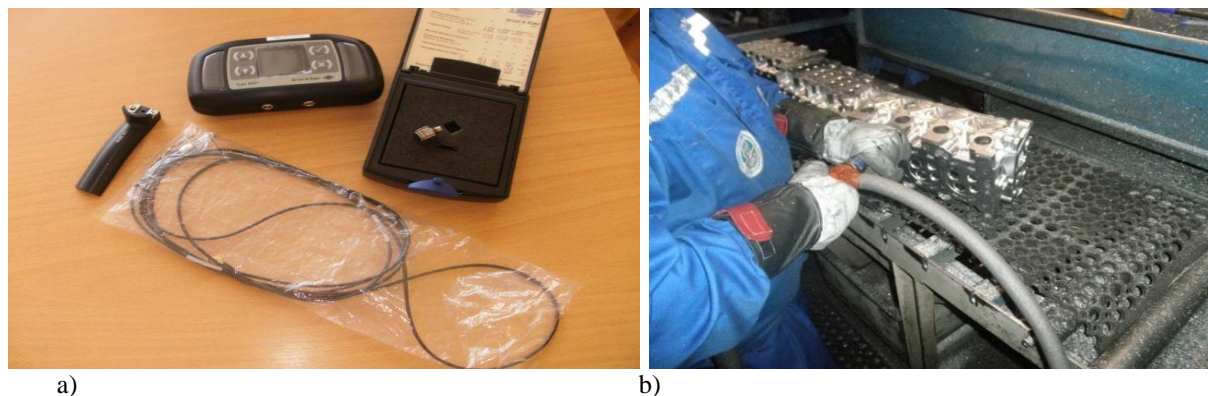
Práca robotníkov, v pracovnom prostredí, je zložená z viacerých čiastkových operácií, ktoré sa môžu opakovať. Sila expozície sa môže meniť, závisí to od typu vykonávanej operácie. Objektívne hodnotenie dennej expozície kmitania vychádza z podrobného prieskumu vykonávanej operácie. Metóda merania bola zvolená od charakteru zvoleného pracovného prostredia, druhu práce, opracúvaného výrobku a zdroja kmitania. Bola vybraná operácia na ručnom pneumatickom náradí.

Bola zvolená možnosť „krátkotrvajúce meranie prerušovanej operácie náradia“, pretože vybraný robotník často opustí ručné pneumatické náradie a rukami obracia obrobok a opäť po pár sekundách uchopí ručný nástroj. Krátkotrvajúce merania nie je možné vykonať spoľahlivo počas pracovného procesu, za určitých podmienok. Meranie, denné vystavenie vibráciám, sa realizuje s veľmi krátkym časom expozície kmitania. Je nutné meranie uskutočňovať simulovaným procesom. Operácia sa upravuje na neprerušovanú a časovo dlhšiu, ale so snahou o priblíženie sa reálnym podmienkam. Merania boli vykonané v troch opakovaniach v celkovej dĺžke minimálne 1 minútu. (STN EN ISO 5349, časť 2)

Zaužívané operácie boli merané v dĺžke 30 minút kontinuálne, za tento čas zamestnanec pracuje s pneumatickým nástrojom minimálne 10 minút. Zároveň boli merané časy ako dlho je daný operátor vystavovaný expozícii kmitaniu počas dennej pracovnej zmeny. Neistota hodnotenia denného vystavenia v našom prípade nebola uplatnená.

Meracie systémy na detekciu pohybu kmitajúceho povrchu sa zvyčajne používajú 3-osové piezo-kryštálické snímače. Piezo-kryštálický snímač bol umiestnený upevňovacím adaptérom na povrchu ruky, v strednej časti dlane, kde kmitanie vstupuje do tela.

Meranie bolo uskutočnené Analyzátorom vibrácií pôsobiacich na človeka typu 4447 (Human Vibration Analyzer 4447) od firmy Brüel&Kjær (obr 4a).



Obr 4a) Analyzátor vibrácií typu 4447 (Zdroj: Suchoň)

Figure 4a) Human Vibration Analyzer 4447 (Source: Suchoň)

Obr 4b) Ručné opracovávanie odliatkov (Zdroj: Suchoň)

Figure 4b) Hand processing of castings (Source: Suchoň)

Kalibrovanie meracieho prístroja bolo pomocou takzvaného budiča vibrácií z piatich citlivostí snímačov. 3-osový snímač bol upevnený pomocou adaptéra na budič vibrácií a spustil sa kalibračný mód prístroja, ktorý po pár sekundách uložil nabudené hodnoty. Kalibrácia sa robila pre všetky tri osi.

Výsledky

Výsledky prieskumu ohľadom vplyvu expozície vibráciám

Prieskum dotazníkovou formou u ďalších vybraných profesií, a to zlievarenských robotníkov a robotníkov, evidentne dokazuje názor respondentov na existujúci vplyv a riziko expozície vibráciám (tab 4). Experimentálny výskum u zlievarenských robotníkov a robotníkov potvrdil vplyv vibrácií na horné končatiny počas celej pracovnej doby, čo bolo potvrdené aj meraním (tab 5).

Tab 4 Výsledky prieskumu dotazníkovou metódou ohľadom vplyvu vibrácií na vybrané profesie.

Table 4 Survey results by the questionnaire on the impact of vibrations on selected professions.

Otázka	Odpoveď	Odlievač [%]	Tavič [%]	Robotník [%]	Zlievarenský robotník [%]
1.	áno	95,5			
	nie	4,5			
2.	áno	63	46	75,0	85
	nie	37	54	25,0	15
3.	neustále	15			50
	občas	53	45	66,7	41

	vôbec	32	55	33,3	9
4.	áno	67	33	100	100
	nie	33	67	0	0
5.	áno	42	100	100	100
	nie	58	0	0	0
Spôsob merania	Držanie vzduchovej pištole, rukoväte žeriava a odoberanie odliatkov			Držanie pneumatického sekáča	

Legenda: znenie otázok

1. Máte pocit, že má v práci pri výkone povolania niečo negatívny vplyv na Vaše zdravie?
2. Považujete svoje pracovné prostredie za miesto, kde dochádza k vibráciám z pracovnej, či výrobnej činnosti?
3. Ako často počas 8 hodinovej zmeny sa prejavujú vibrácie na Váš organizmus?
4. Poznáte dôsledky vplyvu vibrácií na zdravie človeka?
5. Používate pri práci na pracovisku OOPP na elimináciu negatívneho vplyvu vibrácií na organizmus?

Výsledky meraní vplyvu expozície vibráciám

Výsledok merania profesie odlievač a tavič nepreukázali vplyv expozície vibráciám. Počas merania prístroj priebežne ukazoval minimálne hodnoty vibrácií.

U profesie „zlievarenský robotník“ a „robotník“, ktorý ručne obrusuje opracovaný materiál pomocou pneumatickej brúsky sa namerala expozícia z vibrácií. V pravej ruke v dĺžke 28 min a v ľavej ruke v dĺžke trvania 17 min. (tab 5).

Tab 5 Výsledky merania expozície vibráciám prenášaným na ruky. Tabuľka nameraných hodnôt pravej ruky zamestnanca

Table 5 Results of hand exposure vibration exposure measurement. Employee right-handed values table

Merané náradie	a_{wegT} [m.s ⁻²]			Celkový expozičný čas Tc [min]	Normaliz. zrýchlenie vibrácií a_{weg8h} [m.s ⁻²]	Výsledné zrýchlenie [m.s ⁻²]
	Smer 1	Smer 2	Smer 3			
Pneumatické náradie						
zlievarenský robotník						
Pravá ruka	2,07±0,05	2,43±0,11	2,59±0,07	198 ±1,25	2,23±0,05	2,65±0,09
Ľavá ruka	2,19±0,11	2,55±0,09	2,67±0,09	198 ±1,42	2,34 ±1,64	2,76±1,33
Pneumatický sekáč						
robotník						
Pravá ruka	2,8±0,10	2,9±0,08	2,78±0,13	198 ±1,65	2,74 ±1,13	2,44±1,42
Normované hodnoty podľa NV 416/2005 Z.z.	Výsledné zrýchlenie z nameraných hodnôt ako priemerná hodnota			Max. hodnota zrýchlenia vibrácií		Deklarované zrýchlenie udávané výrobcom
				Akčná hodnota	Limitná hodnota	
	2,76			2,5	5	2,5

Výsledky merania vibrácií na vybranom zariadení potvrdili existenciu vibrácií. Subjektívny vnem zamestnancov ohľadom existencie vplyvu vibrácií sa potvrdil. Zrealizovaný prieskum dotazníkovou formou potvrdil skutočnosť vplyvu vibrácií pneumatických nástrojov na ruky. Zamestnanci absorbujú vibrácie cez horné končatiny do ľudského tela. Vibrácie pôsobia na organizmus počas práce s pneumatickými nástrojmi v hodnotách, ktoré spadajú do legislatívnych podmienok NV 416/2005 Z.z. deklarované maximálne zrýchlenie vibrácií výrobcom bolo prekročené.

Záver

Príčinou vzniku ochorenia z vibrácií je najmä používanie motomanuálnych nástrojov s vysokými emisnými hodnotami otrasov, vibrácií (motorové píly, pneumatické nástroje a špeciálne lesnícke stroje), pričom najčastejším dôvodom vzniku ochorenia je prekračovanie prípustnej doby práce s týmito rizikovými nástrojmi a mechanizmami. V súčasnej dobe platia

striktné predpisy ohľadom pravidelnej kontroly a revízie ručných elektrických zariadení (napr. vyh. č.508/2009 Z. z. alebo STN 33 1600) čo by malo prispieť k údržbe a bezpečnej prevádzke uvedených zariadení, pretože nie len správnou organizáciou práce ale aj vhodnou údržbou zariadení vytvárame optimálne podmienky pre prácu s nástrojmi, ktoré môžu byť zdrojom vibrácií.

Pod'akovanie

Príspevok vznikol v rámci riešenia Projektu ITMS 26210120024 „Obnova a budovanie infraštruktúry pre ekologický a environmentálny výskum na UMB“.

Literatúra

- BRAUCH, R. 2015. Vibration hazards in the workplace: the basics of risk assessment. *Occupational Health and Safety* [on-line]. Dallas: OH&S [cit. 2017-03-31]. Dostupné na: <https://ohsonline.com/Articles/2015/02/02/Vibration-Hazards.aspx>
- ČERKALA, E. a V. LALÍK. 2012. *Pracovné prostredie v praxi environmentálneho manažéra*. Zvolen: Technická univerzita. 222 s. ISBN 978-80-228-2393-7.
- DADO, M. a R. HNILICA. 2009. Hodnotenie rizík súvisiacich s expozíciou hluku vo vybraných prevádzkach drevospracujúceho priemyslu. *Acta Universitatis Matthiae Belii: series Environmental Management*. **11**(1), 93-99. ISSN 1338-4430.
- DADO, M., J. ŠÍPOŠ a M. FRIČ. 2011. Porovnanie základných stratégií merania na určenie expozície hluku na pracovisku. *Acta Universitatis Matthiae Belii: series Environmental Management*. **13**(2), 34-43. ISSN 1338-4430.
- DADO, M., M. HUDECOVÁ a R. HNILICA. 2012. Vplyv kombinovaných účinkov osvetlenia, hluku a teploty na pracovný výkon. *Acta Universitatis Matthiae Belii: series Environmental Management*. **14**(1), 100-104. ISSN 1338-4430.
- EK, 2007. Nezáväzná príručka o osvedčených postupoch s cieľom implementovať smernicu 2002/44/ES o minimálnych zdravotných a bezpečnostných požiadavkách vyplývajúcich z vystavenia pracovníkov rizikám vzniknutým pôsobením fyzikálnych faktorov (vibrácie). Luxemburg: Úrad pre vydávanie úradných publikácií Európskych spoločností. 111 s. ISBN 978-92-79-07547-6.
- HODGSON, M. a J. BRADLEY. 2006. Sound in rooms. In: *Noise and vibration control engineering: principles and application* [online]. Second Edition. Hoboken: Wiley & Sons, pp. 181-214 [cit. 2017-06-27]. ISBN 978-0-471-44942-3. Dostupné na: <http://dx.doi.org/10.1002/9780470172568.ch7>
- KUKUČOVÁ, L. et al. 2011. *Choroba z vibrácií* [online]. S.l.: s.n. [cit. 2016-03-23]. Dostupné na: http://www.vpl.sk/files/file/-XXXIIpdf_prednasky/74%20VPL_choroba%20z%20vibracii.pdf
- LEGÁTH, L. 2013. Poškodenie zdravia z práce- aktuálne trendy v SR. *Fyzikálne faktory prostredia*. **3**(2), 93-96. ISSN 1338-3922.
- LUMNITZER, E., M. BADIDA a M. ROMÁNOVÁ. 2007. *Hodnotenie kvality prostredia*. Košice: Technická univerzita, Strojnícka fakulta, 2007. 281 s. ISBN 978-80-8073-836-5.
- MARKOVÁ, I. 2008. Hodnotenie súčasnej situácie v oblasti školenia zamestnancov právnickej osoby a podnikajúcej fyzickej osoby o BOZP. In: *Manažment ľudského potenciálu v podniku: zborník 5. medzinárodnej vedeckej konferencie*. Zvolen : ES TU, s. 162-168. ISBN 80-8070-360-4.
- MARKOVÁ, I. 2012. Celoživotné vzdelávanie v oblasti BOZP z hľadiska povinnosti právnických osôb a fyzických osôb podnikateľov (Lifelong learning in health and safety as regards obligations of legal entities and individual entrepreneurs). *Problemy Profesjologii*. **2**, 75-82. ISSN 1895-197X.
- MARKOVÁ, I. 2014. Bezpečnosť ekologických pracovných miest. In: *Celoživotné vzdelávanie v BOZP: medzinárodné sympóziu, Nitra, 5.-7. mája 2014*. Nitra: Univerzita Konštantína Filozofa, s. 81-87. ISBN 978-80-558-0595-5.
- MARKOVÁ, I. a A. MAJLINGOVÁ. 2010. Lifelong education of students and professionals in the wood industry related to the PPE use on the workplace. In *Bezbednosni inženjering: požar, životna sredina, radna okolina, integrisani rizici*. Novi Sad : Visoka tehnička škola strukovnih studija u Novom Sadu, s. 389-397.
- Nariadenie vlády č. 416/2005 Z .z. o minimálnych zdravotných a bezpečnostných požiadavkách na ochranu zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou vibráciám.

- Nariadenie vlády č. 629/2005 Z.z., ktorým sa mení a dopĺňa nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 416/2005 Z. z. o minimálnych zdravotných a bezpečnostných požiadavkách na ochranu zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou vibráciám.
- NCZI, 2016. Národné centrum zdravotníckych informácií. 2012 - 2016. Choroby z povolania alebo ohrozenia chorobou z povolania v SR 2017. Bratislava: Edícia zdravotnícka štatistika. Ročník 2017, ZŠ-6/2017.
- OČKAJOVÁ, A. a kol. 2013. *Pracovné prostredie a ergonómia*. Banská Bystrica: Belianum. 402 s. ISBN 978-80-557-0617-7.
- OSHA 2007. Základy posudzovania rizík [online]. OSHA [cit. 2017-03-30] Dostupné na: https://osha.europa.eu/sk/tools-and-publications/publications/promotional_material/rat2007
- SOUTH, T. 2004. *Managing noise and vibration at work*. Oxford: Elsevier ButterworthHeinemann. 278 p. ISBN 0-7506-6342-1.
- STN 33 1600: 1996 Revízie a kontroly elektrického ručného náradia počas používania.
- SUCHOMEL, J., K. BELÁNKOVÁ a M. VLČKOVÁ. 2007. Profesionálna hluchota z vibrácií v lesníctve na Slovensku. *Human Resources Management & Ergonomics*. 3, 1-11 . ISSN 1337-0871.
- STEFANOVSKÁ, T.R., V.V. PIDLISNYUK, E.E. LEWIS. 2011. Ecological aspects of using entomopathogenic nematodes. *Acta Universitatis Matthiae Belii: series Environmental Management*. **13**(2), 5-18. ISSN 1338-4430.
- ZELENÝ, J. a kol. 2010. *Environmentálna politika a manažérstvo organizácií*. Banská Bystrica: Univerzita Mateja Bela, Fakulta prírodných vied. 207 s. ISBN 978-80-8083-976-5.
- ZELENÝ, J. a I. MARKOVÁ. 2015. *Environmentálna politika a manažérstvo organizácií*. Banská Bystrica: Univerzita Mateja Bela, Fakulta prírodných vied. 187 s. ISBN 978-80-8083-976-5.
- ZIARAN, S. 2013. Potential health effects of standing waves generated by low frequency noise. *Noise and Health*. **15**(65) 237-425. ISSN 1463-1741.