UTJECAJ AGROTEHNIČKIH PODLOGA NA PROIZVEDENU RAZINU VIBRACIJE KOJE UTJEČU NA SUSTAV RUKA-ŠAKA RUKOVATELJA U ODNOSU NA RADNE SATE TRAKTORA

Kovačević, Kristijan

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of agriculture / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:007601

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek - Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Kristijan Kovačević

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Mehanizacija

Utjecaj agrotehničkih podloga na proizvedenu razinu vibracije koje utječu na sustav ruka- šaka rukovatelja u odnosu na radne sate traktora

Završni rad

Osijek, 2017.

SVEUČILIŠTE J. J. STROSSMAYERA U OSIJEKU

POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Kristijan Kovačević

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Mehanizacija

Utjecaj agrotehničkih podloga na proizvedenu razinu vibracije koje utječu na sustav ruka- šaka rukovatelja u odnosu na radne sate traktora

Završni rad

Povjerenstvo za obranu završnog rada:

1. Željko Barač, mag. ing. agr., mentor
2. doc. dr. sc. Ivan Plaščak, član
3. prof. dr. sc. Tomislav Jurić, član

Osijek, 2017.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Poljoprivredni fakultet u Osijeku
Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda, smjer Mehanizacija
Kristijan Kovačević

Završni rad

UTJECAJ AGROTEHNIČKIH PODLOGA NA PROIZVEDENU RAZINU VIBRACIJE KOJE UTJEČU NA SUSTAV RUKA-ŠAKA RUKOVATELJA U ODNOSU NA RADNE SATE TRAKTORA

Sažetak:

U radu su prikazani rezultati istraživanja mjerenja razine mehaničkih vibracija koje djeluju na sustav ruka-šaka rukovatelja pri različitim agrotehničkim podlogama (asfalt, makadam i trava) u skladu s propisanim normama HRN ISO 2631-1, HRN ISO 5349-1 i HRN ISO 5349-2. Mjerenja su obavljena na traktoru proizvođača Landini tipa Powerfarm 100 na proizvodnim površinama i pristupnim cestama srednje Poljoprivredne i veterinarske škole Osijek, ista su obavljana sa uređajem MMF VM30. Iz rezultata je vidljivo da pri različitim agrotehničkim podlogama postoje vibracije različitog intenziteta koje utječu na sustav ruka – šala rukovatelja. Najviše vrijednosti zabilježene su na asfaltu, dok su najslabije vibracije koje se prenose na sustav ruka – šaka rukovatelja izmjerene na travi.

Ključne riječi: vibracije, ruka, šaka, agrotehničke podloge

Završni rad je pohranjen: u Knjižnici Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Jurja Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agriculture in Osijek
Undergraduate university study Agriculture, course Mehanizaction

BSc Thesis

THE EFFECT OF AGRO-TECHNICAL SUBSTANCES ON THE PRODUCED VIBRATION LEVEL THAT INFLUENCES THE HAND-HAND HELICOPTER SYSTEM IN RELATION TO THE WORKING HOURS OF TRACTORS

Summary:

This paper shows the results of measuring level of traction vibration affecting hand-arm system of the operator on different agrotechnical substrates (asphalt, macadam and grass) in accordance with the prescribed norms HRN ISO 2631-1, HRN ISO 5349-1 and HRN ISO 5349-2. All measurements were performed on a Tractor Landini type Powerfarm 100 on the production areas and access roads of the Central Agricultural and Veterinary School Osijek, the vibrations are measured by means of the IMF VM30. From the results it can be seen that there are vibrations of varying intensity on different agrotechnical substrates affecting the hand system of the handler. The highest values are recorded on asphalt, while the weakest vibrations are transmitted to the hand-arm system hand-worn on the grass.

Key words**:** vibration, arm, hand, agrotechnical surfaces

BSc Thesis is archived in Library of Faculty of Agriculture in Osijek and in digital repository of Faculty of Agriculture in Osijek

Sadržaj

1. UVOD 1
2. MATERIJAL I METODE 6
3. REZULTATI I RASPRAVA 11
3.1 Usporedni statistički prikaz izmjerenih vibracija iz 2015. i 2016. godine 15
4. ZAKLJUČAK 21
5. POPIS LITERATURE 22

1. UVOD

Djelovanja vibracija na rukovatelja su brojna, ali se, često, zbog udruženosti vibracija sa drugim profesionalnim opasnostima i štetnostima, ne može, potpuno jasno, uspostaviti uzročno-posljedična veza između djelovanja vibracija i oštećenja zdravlja. Ipak brojna istraživanja, pokazuju da kraća, ali konstantna izloženost visokim vrijednostima vibracija, može izazvati bol u želudcu i grudima, nedostatak zraka, mučninu i vrtoglavicu, dugotrajna i konstanta izloženost može dovesti do poremećaja psiho motoričkog, fiziološkog i psihološkog sustava rukovatelja. (Cvetanović i sur., 2014.)

Promatrajući konstrukciju poljoprivrednog traktora, čvrsta veza osovina za traktor poglavito je nepovoljna obzirom na prenošenje mehaničkih vibracija na radno mjesto rukovatelja. Mehaničke se vibracije na samog rukovatelja prenose preko sjedala, poda traktorske kabine, upravljača, ručica i komandi za upravljanje. Negativno djelovanje mehaničkih vibracija na rukovatelja očituje se u smanjenju njegove koncentracije, djeluju na središnji živčani sustav rukovatelja te mogu izazvati profesionalna oboljenja (kralješnica, želudac). (Brkić i sur., 2005.)

Utvrđeno je kako tranzicija prema povećanjima brzine obavljanja agrotehničkih zahvata u poljoprivredi dovodi do novih problema vezanih uz dinamičko ponašanje strojeva i izloženosti rukovatelja vibracijama trupa tijela, iz razloga što se samim povećanjem brzine obavljanja agrotehničkih zahvata povećava se i razina mehaničkih vibracija koje djeluju na rukovatelja.(Servadio i sur., 2007.)

Proizvedene vibracije kojima je rukovoditelj izložen utječu na ljudsko tijelo. Vibracije predstavljaju oscilatorno gibanje tijela, a u ovisnosti od oblika putanje po kojoj se odvija gibanje postoje pravocrtne i kutne oscilacije. Vibracije ruka-šaka su na primjer uzrokovane ručnim električnim ili pneumatskim alatom kao što je prikazano na slici 1. (Izvor: http://test.hzzzsr.hr/wp-content/uploads/2016/11/Opasnosti-od-vibracija-koje-se-prenose-na-cijelo-tijelo-i-na-%C5%A1ake-ruke.pdf (22.5.2017.))

Stegić (2009.) navodi kako su vibracije periodično ili ciklično gibanje mehaničkih sustava oko ravnotežnog položaja prouzročeno vanjskom periodičnom silom ili otklonom iz ravnotežnog položaja. Na temelju poznatog gibanja, odnosno relativnih pomaka, mogu se odrediti sile i naprezanja kod poznatih vibracija stroja. Nakon toga moguće je procijeniti jesu li vibracije u dopuštenim granicama ili nisu.



Slika 1. Izvođenje građevinskih radova korištenjem vibrirajućeg alata
(Izvor : http://test.hzzzsr.hr/wp-content/uploads/2016/11/Opasnosti-od-vibracija-koje-se-prenose-na-cijelo-tijelo-i-na-%C5%A1ake-ruke.pdf)

Ovisno o intenzitetu, frekvenciji i trajanju izloženosti vibracijama promjene mogu biti reverzibilne ili mogu prijeći u trajna oštećenja. Rad u hladnom okolišu povećava rizik za ova oštećenja i prilikom izlaganja vibracijama treba izbjegavati pothlađivanje šaka (utopljavanje pomoću rukavica ili zagrijavanjem). Stoga je potrebno što objektivnije mjeriti vibracije i odrediti stvarnu opasnost na zdravlje čovjeka, kao i razvijati zaštitne mehanizme i sredstva zaštite kako bi se rukovatelji zaštitili od štetnog utjecaja vibracija.(Poplašen i Kerner, 2013.)

Cardinale i Wakeling (2005.) navode kako ukoliko dođe do učestalog izlaganja previsokim frekvencijama vibracija, može doći do pojave simptoma bolesti putovanja. Ukoliko se previsoke frekvencije vibracija nastave također može doći do ozbiljnih posljedica za zdravlje.

Vibracije mogu kod rukovatelja izazvati nelagodu i strah, iako je taj strah najčešće neopravdan zbog relativno malih pregiba i time izazvanih relativno malih dodatnih naprezanja. Ipak, takve vibracije se smatraju nepoželjnima, jer utječu na opće stanje ljudi i njihovu sposobnost normalnom funkcioniraju. Ako razine vibracija prelaze određene granice, mogu utjecati na udobnost, ali i na zdravlje rukovatelja na strojevima. U tablici 1. vidljive su

grupe poremećaja koje su povezane s utjecajem vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka rukovatelja.

Tablica 1. Pet grupa poremećaja povezanih s utjecajem vibracija koje se prenose na sustav ruka – šaka

GRUPA	Poremećaj
A	Poremećaj krvožilnog sustava
B	Poremećaji u koštanom sustavu
C	Poremećaji u perifernom živčanom sustavu
D	Poremećaji u mišićima
E	Ostali poremećaji (npr. vezani uz čitavo tijelo)

Izvor: HRN ISO 5349-1

Krvožilni poremećaji se kod radnika javljaju kao posljedice izlaganja vibracijama te se često žale na povremene bolove u rukama, ili na bijele prste koji se obično pojavljuju pothlađivanjem. Neurološki poremećaji se javljaju kao posljedice izlaganja vibracijama te izazivaju trnce i ukočenost prstiju ili čitave ruke. Ako se izlaganje vibracijama nastavi simptomi se pogoršavaju te mogu imati utjecaj na radnu sposobnost, kao i na svakodnevne aktivnosti. Poremećaji u mišićima i u perifernom živčanom sustavu se javljaju kao posljedice izlaganja vibracijama te izazivaju nepovratne promjene u kostima ruku, kao i u zglobovima zapešća. Radnici s dugotrajnim izlaganjima vibracijama obično se žale na slabost mišića, bolove u šakama i rukama. Vibracije isto tako utječu na smanjenje stiska šake. Smatra se da je to izravna posljedica mehaničkog oštećenja perifernih živaca. (Poplašen i Kerner, 2013.)

Gomez-Gil i sur. (2014.) navode kako su moderni traktori često opremljeni raznim komponentama kako bi smanjili vibracije koje se prenose na rukovatelja. Npr. moderni pneumatici niskoga tlaka, kako se smanjuje tlak u pneumaticima, smanjuje se i razina vibracija, zatim zračni sustav ovjesa sjedala i kabine, te suspenzija prednje osovine, koja je od svih mjera najučinkovitija u smanjenju vibracija prenesenih na rukovatelja, čak do 30 %.

Poznata je činjenica da kod radnika čije su šake – ruke redovito izložene vibracijama većeg intenziteta, koje se prenose preko dlanova i prstiju, može doći do oštećenja s nizom posljedica koje se obično nazivaju zajedničkim imenom "vibracijski sindrom šake i ruke". (Slika 2.) (Goglia i sur., 2012.)



Slika 2. Vibracijski sindrom šake i ruke
(Izvor : https://lh6.googleusercontent.com/proxy/)

Goglia i sur. (2003.) su utvrdili da je izloženost rukovoditelja vibracijama prisutno u mnogim industrijskim granama. Vibracija tijekom rada mogu proizaći kao posljedica rukovanja rotirajućim i udarnim alatima u šumarstvu i poljoprivredi, u proizvodnim pogonima, u rudarstvu, graditeljstvu, kao i u drugim djelatnostima. Izloženost vibracijama koje utječu na sustav ruka-šaka rukovatelja može se pojaviti kao posljedica rukovanja vibrirajućih predmeta pri obradi, ali isto tako i od upravljača traktora.

Stručnoj je javnosti poznata činjenica da je sustav šaka-ruka najosjetljiviji na vibracije u frekvencijskom rasponu 6-16 Hz (Goglia i sur., 1998.; Goglia i sur., 2008.; Suchomel i Slancik., 2005.).

Uz frekvencijsku karakteristiku od važnog su značenja još dva parametra za ocjenu opasnosti izlaganja vibracijama, a to su:

• razine vibracija ili intenzitet i

• vrijeme izlaganja. (Goglia i sur., 2012.)

Opće vibracije javljaju se kada se rukovoditelj nalazi u vibrirajućoj sredini. Njihovo djelovanje ima utjecaj na sustav ruka-šaka rukovatelja, a pravci djelovanja ovih vibracija određeni su prema trima anatomskim osama čovjeka koje se sijeku u predjelu srca (x, y i z). Za razliku od općih koje djeluju na kompletno ljudsko tijelo, lokalne vibracije djeluju samo na

pojedine dijelove ljudskog tijela, a pravac djelovanja ovih vibracija određuje se trima osima.(Anđelović i Jovanović 2009.)

Fahy i Thompson (2015.) navode kako visoka osjetljivost ljudskog tijela prema oscilatornom gibanju je takva da je ljudski odgovor prema vibracijama određivanje prihvatljivosti vibracija u mnogim okolinama. Vibracije prenesene na trup rukovatelja se javljaju kada se tijelo oslanja na površinu koja vibrira (npr. radnik sjedi na stolici koja vibrira, stoji na vibrirajućem podu ili leži na vibrirajućoj površini).

Bogadi-Šare (1993.) ukazuje da kod rukovatelja koji su izloženi općim vibracijama može doći do nastanka bolesti koštano-zglobnog sustava. U općoj populaciji dobi od 55 do 60 godina u 90% slučajeva mogu se rendgenološki naći promjene na slabinskoj kralježnici, a kod osoba izloženih vibracijama već u dobi od 45 do 50 godina u 100% slučajeva. Prema tome, kod mladih osoba s izraženim promjenama kralježnice i 3 kliničkom slikom bolnih sindroma te godišnjeg izlaganjem općim vibracijama može se s visokim stupnjem vjerojatnosti govoriti o promjenama uzrokovanim radnim uvjetima.

Poplašen i Kerner (2013.) navode da u početnim stadijima bolesti nastale od utjecaja vibracija, potrebno je skraćenje dnevne izloženosti vibracijama, a u napredovalom stadiju treba rukovatelja premjestiti na drugo radno mjesto.

Zeng (2016.) navodi kako konstantno izlaganje vibracijama zajedno sa starenjem poljoprivrednog stanovništva, predstavlja veliki rizik po zdravlje poljoprivrednika. Gdje god je moguće, akcije poput modificiranja samog dizajna vozila trebale bi se uzeti u obzir kako bi se smanjila količina vibracija tijekom agrotehničkih zahvata u poljoprivredi.

Pobedin i suradnici (2016.) navode kako se mogu u kabini instalirati prigušivači vibracija kako bi se smanjila količina vibracija koja utječe na rukovatelja. Prigušivači predstavljaju uređaje koji su korišteni zajedno sa strukturom sustava vibracija koji se koriste kako bi se prigušila količina vibracija specifičnih frenkvencija i parcijalno primili energiju samih vibracija.

Cilj ovog istraživanja je utvrditi razinu mehaničkih vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka rukovatelja pri različitim agrotehničkim podlogama u odnosu na povećanje broja radnih sati traktora. Hipoteza je da će se povećanjem broja radnih sati povećati i razina vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka rukovatelja poljoprivrednog traktora.

2. MATERIJAL I METODE

Istraživanje je obavljano dvije godine na traktoru proizvođača Landini tipa Powerfarm 100 (slika 3.). Traktor je prve godine istraživanja (2015.) imao 5800 radnih sati dok je tijekom druge godine istraživanja (2016.) imao 6800 radnih sati.

Dimenzije traktora LANDINI POWERFARM 100:

Pneumatici - 18,4-R30

A - dužina (mm) – 4136

B - širina (mm) – 2063

C - razmak između osovina (mm) - 2341/2316

D - visina s ramom (mm) – 2550

D - visina s kabinom (mm) 2550

E – klirens (mm) - 453

Masa (bez utega i kabine) (kg) – 3330

(Izvor: http://www.landini.it/landini/serie_pages/en/15721/Powerfarm_cab_plat.aspx 22.5.2015.)

Tehničke karakteristike traktora Landini Powerfarm 100:

- Maksimalna snaga motora (kW)/(KS) – 68/92,5

- Maksimalni obrtni moment (Nm) – 363

- Broj cilindara/zapremina (komada)/(cm3) – 4/4400

- Brzine – 12+12 - Kapacitet podizanja (kg) – 2600

- Zapremina rezervoara (l) – 102

(Izvor: http://www.landini.it/landini/serie_pages/en/15721/Powerfarm_cab_plat.aspx (22.5.2015.)



Slika 3. Traktor LANDINI, tipa POWERFARM DT 100 (vlastita fotografija)

Mjerenja su obavljena na proizvodnim površinama i pristupnim cestama srednje Poljoprivredne i veterinarske škole Osijek. Mjerene su proizvedene vrijednosti traktorskih vibracija koje utječu na sustav ruka- šaka rukovatelja (po x, y i z osi). Vrste podloga na kojima su obavljena mjerenja su makadam, asfalt i trava. Svako mjerenje trajalo je trideset minuta i ponovljeno je tri puta. Na osnovu tri mjerenja izračunata je srednja vrijednost koja je korištena dalje u radu.

Obavljena su mjerenja proizvedenih mehaničkih vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka rukovatelja na asfaltu (slika 4. i 5.), makadamu (slika 6.i 7.) i travi (slika 8. i 9.) Klimatski uvjeti tijekom istraživanja 2015. godine su bili slijedeći: temperatura zraka iznosila je od 29 ^{0}C do 31 ^{0}C, a relativna vlažnost zraka od 62 % do 64 %, utjecaj vjetra bio je zanemariv. Dok su 2016. godine bili sličnih vrijednosti.



Slika 4. Mjerenje razine traktorskih vibracija na asfaltu (vlastite fotografije)



Slika 5. Mjerenje razine traktorskih vibracija na makadamu (vlastite fotografije)



Slika 6. Mjerenje razine traktorskih vibracija na travi (vlastite fotografije)



Slika 7. Senzor uređaja za mjerenje razine vibracija (vlastita fotografija)

Prema europskoj direktivi (2002/44/EC) određene su granične vrijednosti i upozoravajuće vrijednosti izloženosti za vibracije šaka - ruka su sljedeće:

a) granična vrijednost dnevne izloženosti, normirana na referentno razdoblje od osam sati, je 5 m/s^2;

b) upozoravajuća vrijednost dnevne izloženosti, normirana na referentno razdoblje od osam sati, je 2,5 m/s^2. (Izvor: Europska direktiva (2002/44/EC) http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ENHR/TXT/?uri=CELEX:32002L0044&from=EN (22.5.2017.))

3. REZULTATI I RASPRAVA

Nakon svih mjerenja uočena su manja variranja na svim podlogama (asfalt, makadam i trava) i u smjeru sve tri osi (x, y i z). Izmjerene, te srednje izračunate vrijednosti i usporedbe istih za različite agrotehničke podloge prikazane su pomoću pripadajućih tablica i grafikona.

Tablica 2. Izmjerene vrijednosti na asfaltnoj podlozi

Operacija	**x**		**y**		**z**	
Godina	**1.**	**2.**	**1.**	**2.**	**1.**	**2.**
Asfalt	0,075	0,076	0,066	0,068	0,063	0,065
	0,080	0,082	0,070	0,072	0,070	0,072
	0,084	**0,085**	**0,078**	**0,08**	**0,074**	**0,077**
Srednja vrijednost	0,079	0,081	0,071	0,073	0,069	0,071

Najviše izmjerene vrijednosti su sljedeće:

- Za os x – 0,085 m/s^2

- Za os y – 0,08 m/s^2

- Za os z – 0,077 m/s^2

Tablicom 2. prikazana su mjerenja proizvedenih mehaničkih vibracija koje utječu na sustav ruka - šaka rukovatelja pri gibanju traktora na asfaltnoj podlozi.

Tablica 3. Izmjerene vrijednosti na makadamskoj podlozi

Operacija	**x**		**y**		**z**	
Godina	**1.**	**2.**	**1.**	**2.**	**1.**	**2.**
Makadam	0,058	0,06	0,067	0,068	0,050	0,07
	0,060	0,063	0,070	0,069	0	0,05
	0,063	**0,066**	**0,076**	**0,073**	**0,060**	**0,090**
Srednja vrijednost	0,060	0,063	0,071	0,074	0,037	0,070

Najviše izmjerene vrijednosti su sljedeće:

- Za os x – 0,066 m/s^2

- Za os y – 0,076 m/s^2

- Za os z – 0,09 m/s^2

Rezultati mjerenja proizvedenih mehaničkih vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka rukovatelja pri gibanju traktora po makadamskoj podlozi prikaza su tablicom 3.

Tablica 4. Izmjerene vrijednosti na travi

Operacija	**x**		**y**		**z**	
Godina	**1.**	**2.**	**1.**	**2.**	**1.**	**2.**
Trava	0,018	0,02	0,062	0,068	0,038	0,04
	0,020	0,023	0,070	0,073	0,40	0,043
	0,024	**0,027**	**0,075**	**0,079**	**0,042**	**0,049**
Srednja vrijednost	0,020	0,023	0,069	0,073	0,040	0,044

Tablica 4. prikazuje mjerenja proizvedenih mehaničkih vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka rukovatelja pri gibanju traktora na travi.

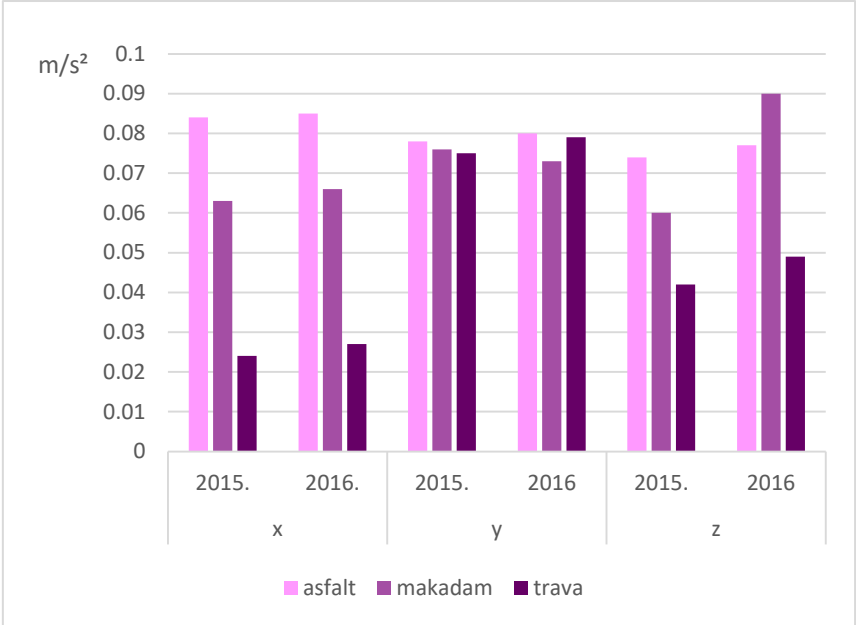
Najviše izmjerene vrijednosti su sljedeće:

- Za os x – 0,027 m/s^2

- Za os y – 0,079 m/s^2

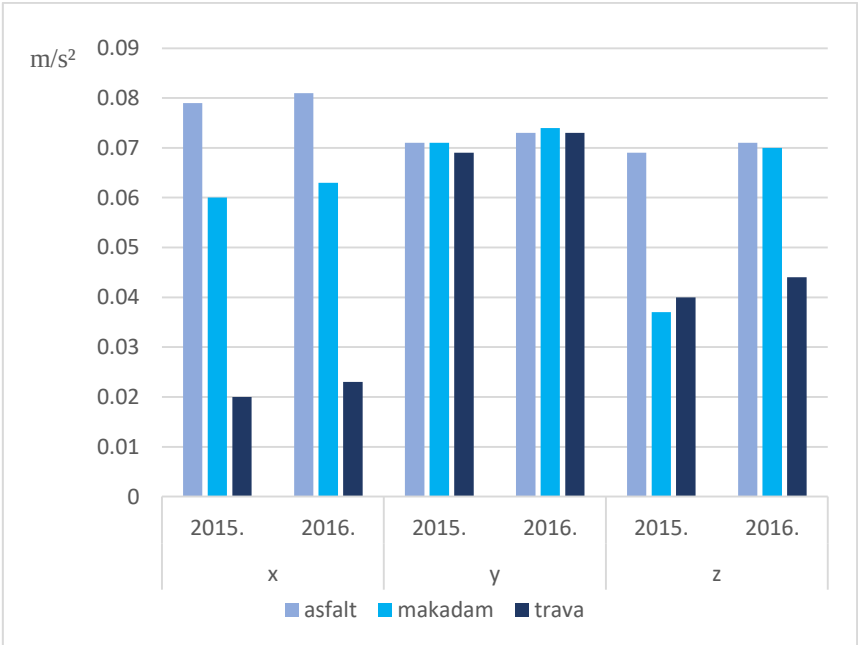
- Za os z – 0,049 m/s^2

Srednje vrijednosti za sve osi određene su na tri decimalna mjesta. Sve vrijednosti navedene u tablici izražene su u m/s^2.



Grafikon 1. Prikaz najviših vrijednosti za svaku ispitivanu podlogu

Grafikon 1. prikazuje samo najviše izmjerene rezultate sva tri mjerenja po svim osima (x, y i z) za svaku ispitivanu podlogu (asfalt, makadam i trava). Iz ovog grafikona vidljivo je da ni najviše izmjerene vibracije ne prelaze propisanu graničnu vrijednost ni na jednoj od ispitivanih podloga.



Grafikon 2. Prikaz srednjih vrijednosti za sve podloge

Najveće vrijednosti proizvedenih traktorskih vibracija koje djeluju na sustav ruka - šaka rukovatelja izmjerene su na asfaltu. S druge pak strane najnižu vrijednosti traktorskih

vibracija koje utječu na sustav ruka - šaka rukovatelja izmjerene su na travi. Vibracije na travi pokazale su se najslabijima u odnosu na ostale ispitivane podloge (makadam i asfalt).

Đukić i sur. (2007.) mjerili su vibracije pri radu jarmača i tračnih pila trupčara, utvrđeno je kako izmjerena razina vibracija ne utječe na zdravlje radnika na kolicima jarmače ni nakon osmosatnog dnevnog izlaganja, ali nakon jednosatnog izlaganja smanjuje se komfor rada, što može utjecati na udobnost radnika, te na njegov radni učinak, što je suprotno u ovome istraživanju.

Deboli i suradnici (2008.) mjerili su proizvedene vibracije na četiri traktora koja su imala različite tipove pneumatika na tri različite podloge. Podloge na kojima su obavljena mjerenja su makadam, asfalt i kombinacija makadama i asfalta u kojoj su se prilikom vožnje traktora i mjerenja dva kotača vozila po makadamu, a druga dva po asfaltu. Bez obzira na tip pneumatika sve izmjerene vibracije pokazale su se najmanjima na asfaltnoj podlozi i nisu prelazile dopuštene granične vrijednosti kao i u ovome istraživanju.

3.1 Usporedni statistički prikaz izmjerenih vibracija iz 2015. i 2016. godine

Tablica 5: Deskriptivna statistika srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija u smjeru osi x na asfaltnoj podlozi

	N	Srednja vrijednost	Std. devijacija	Koef. varijacije	Std. pogreška	95% Interval pouzdanosti za srednju vrijednost		Min.	Max.
						Niža granica	Viša granica		
1	3	0,07967	0.004509	5.65	0.002603	0.06847	0.09087	0.075	0.084
2	3	0.08100	0.004583	5.65	0.002646	0.06962	0.09238	0.076	0.085
Total	6	0.08033	0.004131	5.14	0.001687	0.07600	0.08467	0.075	0.085

Iz prikazanih rezultata deskriptivne statistike srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija u smjeru osi x na asfaltnoj podlozi (tablica 5) vidljivo je da je standardna pogreška veća u drugoj godini mjerenja (2) u odnosu na prvu godinu mjerenja (1).

Tablica 6: Analiza varijance (ANOVA) za x os na asfaltnoj podlozi

	Suma kvadrata	df	Srednja vr. kvadrata	F	Sig.
Između grupa	0,000	1	0,000	0,129	0,738
Unutar grupa	0,000	4	0,000		
Ukupno	0,000	5			

Analiza varijance prikazana tablicom 6 pokazuje kako nije utvrđena statistička razlika između srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka rukovatelja u smjeru osi x na asfaltnoj podlozi.

Tablica 7: Deskriptivna statistika srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija u smjeru osi y na asfaltnoj podlozi

	N	Srednja vrijednost	Std. devijacija	Koef. varijacije	Std. pogreška	95% Interval pouzdanosti za srednju vrijednost		Min.	Max.
						Niža granica	Viša granica		
1	3	0.07133	0.006110	8.56	0.003528	0.05616	0.08651	0.066	0.078
2	3	0.07333	0.006110	8.33	0.003528	0.05816	0.08851	0.068	0.080
Total	6	0.07233	0.005574	7.70	0.002275	0.06648	0.07818	0.066	0.080

Iz prikazanih rezultata deskriptivne statistike srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka rukovatelja u smjeru y osi na asfaltnoj podlozi (tablica 7) vidljivo je da je standardna pogreška ista u 2016. godini (2) kao i u 2015. (1), a iznosi 0.003528.

Tablica 8: Analiza varijance (ANOVA) za y os na asfaltnoj podlozi

	Suma kvadrata	df	Srednja vr. kvadrata	F	Sig.
Između grupa	0.000	1	0.000	0.161	0.709
Unutar grupa	0.000	4	0.000		
Ukupno	0.000	5			

Analiza varijance srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija koje utječu na trup rukovatelja za os y na asfaltnoj podlozi prikazana je tablicom 8., te je vidljivo kako nije utvrđena statistička razlika između mjerenja u 1 i 2 godini.

Tablica 9: Deskriptivna statistika srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija u smjeru osi z na asfaltnoj podlozi

	N	Srednja vrijednost	Std. devijacija	Koef. varijacije	Std. pogreška	95% Interval pouzdanosti za srednju vrijednost		Min.	Max.
						Niža granica	Viša granica		
1	3	0.06900	0.005568	8.06	0.003215	0.05517	0.08283	0.063	0.074
2	3	0.07133	0.006028	8.45	0.003480	0.05636	0.08631	0.065	0.077
Total	6	0.07017	0.005345	7.61	0.002182	0.06456	0.07578	0.063	0.077

Deskriptivna statistika srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija u smjeru osi z na asfaltnoj podlozi (tablica 9) pokazuje da je standardna pogreška veća u drugoj godini mjerenja, odnosno u 2016. godini, nego u prvoj godini mjerenja, odnosno 2015. godini.

Tablica 10: Analiza varijance (ANOVA) za z os na asfaltnoj podlozi

	Suma kvadrata	df	Srednja vr. kvadrata	F	Sig.
Između grupa	0,000	1	0,000	0,243	0,648
Unutar grupa	0,000	4	0,000		
Ukupno	0,000	5			

Analiza varijance za os z na asfaltnoj podlozi (tablica 10) prikazuje kako niti kod ove osi nije utvrđena statistička razlika između srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka rukovatelja.

Tablica 11: Deskriptivna statistika srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija u smjeru osi x na makadamu

	N	Srednja vrijednost	Std. devijacija	Koef. varijacije	Std. pogreška	95% Interval pouzdanosti za srednju vrijednost		Min.	Max.
						Niža granica	Viša granica		
1	3	0.06033	0.002517	4.17	0.001453	0.05408	0.06658	0.058	0.063
2	3	0.06300	0.003000	4.76	0.001732	0.05555	0.07045	0.060	0.066
Total	6	0.06167	0.002875	4.66	0.001174	0.05865	0.06468	0.058	0.066

Iz deskriptivne statistike srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija u smjeru osi x na makadamu vidljivo je da je standardna pogreška veća u drugoj godini mjerenja, odnosno u 2016. godini, nego u prvoj godini mjerenja, odnosno 2015. godini.

Tablica 12: Analiza varijance (ANOVA) za x os na makadamu

	Suma kvadrata	df	Srednja vr. kvadrata	F	Sig.
Između grupa	0.000	1	0.000	1.391	0.304
Unutar grupa	0.000	4	0.000		
Ukupno	0.000	5			

Analiza varijance za x os na makadamu prikazana tablicom 12 prikazuje kako nije utvrđena statistička razlika između srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka rukovatelja.

Tablica 13: Deskriptivna statistika srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija u smjeru osi y na makadamu

	N	Srednja vrijednost	Std. devijacija	Koef. varijacije	Std. pogreška	95% Interval pouzdanosti za srednju vrijednost		Min.	Max.
						Niža granica	Viša granica		
1	3	0.07100	0.004583	6.45	0.002646	0.05962	0.08238	0.067	0.076
2	3	0.07400	0.005568	7.52	0.003215	0.06017	0.08783	0.069	0.080
Total	6	0.07250	0.004848	6.68	0.001979	0.06741	0.07759	.0.67	0.080

Analizirajući deskriptivnu statistiku srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija za os y na makadamu prikazanu tablicom 13 vidljiva je veća standardna pogreška u drugoj godini mjerenja (2016.) u odnosu na prvu godinu mjerenja (2015.)

Tablica 14: Analiza varijance (ANOVA) za y os na makadamu

	Suma kvadrata	df	Srednja vr. kvadrata	F	Sig.
Između grupa	0.000	1	0.000	0.519	0.511
Unutar grupa	0.000	4	0,000		
Ukupno	0.000	5			

Analiza varijance za y os na makadamu prikazana tablicom 14 prikazuje da nije utvrđena statistički značajna razlika za srednju vrijednost izmjerenih vibracija u 2015. i 2016. godini.

Tablica 15: Deskriptivna statistika srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija u smjeru osi z na makadamu

	N	Srednja vrijednost	Std. devijacija	Koef. varijacije	Std. pogreška	95% Interval pouzdanosti za srednju vrijednost		Min.	Max.
						Niža granica	Viša granica		
1	3	0.03667	0.032146	87.66	0.018559	-0.04319	0.11652	0.000	0.060
2	3	0.07000	0.020000	28.57	0.011547	0.02032	0.11968	0.050	0.090
Total	6	0.05333	0.030111	56.46	0.012293	0.02173	0.08493	0.000	0.090

Tablica 15 prikazuje deskriptivnu statistiku srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija u smjeru z osi na makadamu iz koje je vidljivo da je standardna pogreška veća u prvoj godini mjerenja u odnosu na drugu godinu.

Tablica 16: Analiza varijance (ANOVA) za z os na makadamu

	Suma kvadrata	Df	Srednja vr. kvadrata	F	Sig.
Između grupa	0.002	1	0.002	2.326	0.202
Unutar grupa	0.003	4	0.001		
Ukupno	0.005	5			

Za z os na makadamu također je napravljena analiza varijance prikazana tablicom 16. Iz tablice je vidljivo da nije utvrđena statistički značajna razlika između mjerenja u 2015. i 2016. godini.

Tablica 17: Deskriptivna statistika srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija u smjeru osi x na travi

	N	Srednja vrijednost	Std. devijacija	Koef. varijacije	Std. pogreška	95% Interval pouzdanosti za srednju vrijednost		Min.	Max.
						Niža granica	Viša granica		
1	3	0.02067	0.003055	14.77	0.001764	0.01308	0.02826	0.018	0.024
2	3	0.02333	0.003512	15.05	0.002028	0.01461	0.03206	0.020	0.027
Total	6	0.02200	0.003286	14.93	0.001342	0.01855	0.02545	0.018	0.027

Deskriptivna statistika srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija u smjeru osi x na travi prikazana tablicom 17 pokazuje da je i na trećoj vrsti podloge veća standardna pogreška izmjerena u drugoj godini mjerenja.

Tablica 18: Analiza varijance (ANOVA) za x os na travi

	Suma kvadrata	df	Srednja vr. kvadrata	F	Sig.
Između grupa	0.000	1	0.000	0.985	0.377
Unutar grupa	0.000	4	0.000		
Ukupno	0.000	5			

Analiza varijance za x os na travi prikazana tablicom 18 prikazuje da nije utvrđena statistički značajna razlika u mjerenjima kroz dvije godine.

Tablica 19: Deskriptivna statistika srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija u smjeru osi y na travi

	N	Srednja vrijednost	Std. devijacija	Koef. varijacije	Std. pogreška	95% Interval pouzdanosti za srednju vrijednost		Min.	Max.
						Niža granica	Viša granica		
1	3	0.06900	0.006557	9.50	0.003786	0.05271	0.08529	0.062	0.075
2	3	0.07333	0.005508	7.51	0.003180	0.05965	0.08701	0.068	0.079
Total	6	0.07117	0.005913	8.30	0.002414	0.06496	0.07737	0.062	0.079

Tablicom 19 prikazana je deskriptivna statistika srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija u smjeru osi y na travi iz koje je vidljivo da je standardna pogreška veća u prvoj godini mjerenja.

Tablica 20: Analiza varijance (ANOVA) za y os na travi

	Suma kvadrata	df	Srednja vr. kvadrata	F	Sig.
Između grupa	0.000	1	0.000	0.768	0.430
Unutar grupa	0.000	4	0.000		
Ukupno	0.000	5			

Rezultat analize varijance za y os na travi prikazan je tablicom 20 iz kojeg je vidljivo da nije statistički utvrđena značajna razlika između dva mjerenja.

21: Deskriptivna statistika srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija u smjeru osi z na travi

	N	Srednja vrijednost	Std. devijacija	Koef. varijacije	Std. pogreška	95% Interval pouzdanosti za srednju vrijednost		Min.	Max.
						Niža granica	Viša granica		
1	3	0.04000	0.002000	5	0.001155	0.03503	0.04497	0.038	0.042
2	3	0.04400	0.004583	10.41	0.002646	0.03262	0.05538	0.040	0.049
Total	6	0.04200	0.003847	9.15	0.001571	0.03796	0.04604	0.038	0.049

Tablicom 21 prikazana je deskriptivna statistika srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija u smjeru osi z na travi iz koje je vidljiva veća standardna pogreška u drugoj godini mjerenja vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka rukovatelja.

Tablica 22: Analiza varijance (ANOVA) za z os na travi

	Suma kvadrata	df	Srednja vr. kvadrata	F	Sig.
Između grupa	0.000	1	0.000	1.920	0.238
Unutar grupa	0.000	4	0.000		
Ukupno	0.000	5			

Kod analize varijance za z os na travi prikazane tablicom 22 vidljivo je da nije utvrđena statistički značajna razlika između dva mjerenja u 2015. i 2016. godini.

4. ZAKLJUČAK

Uopćeno je, što je i vidljivo iz statističkih tablica kako razina vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka rukovatelja je veća 2016. godine u smjeru sve tri osi (x, y i z) pri gibanju traktora po svim agrotehničkim podlogama. Nadalje, najveće vibracije koje djeluju na sustav ruka-šaka rukovatelja izmjerene su 2015. i 2016. godine na asfaltnoj podlozi u smjeru x i z osi, dok je u smjeru y osi 2016. godine izmjerena veća razina vibracija na makadamskoj podlozi u odnosu na 2015. godinu gdje je veća u smjeru y osi bila na asfaltnoj podlozi. Najnižu vrijednost mehaničkih vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka rukovatelja izmjerene su na travi u smjeru sve tri osi (x, y i z) i prve i druge godine istraživanja.

Istraživanje je ukazalo kako se pri različitim agrotehničkim podlogama (asfalt, makadam i trava) javljaju vibracije različitog intenziteta koje se prenose na sustav ruka–šaka rukovatelja poljoprivrednog traktora. Bez obzira što su izmjerene vrijednosti bile više u drugoj godini, one i dalje nisu prelazile dozvoljene granice djelovanja vibracija na sustav ruka- šaka (5 m/s^2), pretpostavka je da neće ugroziti zdravlje rukovatelja tijekom osmosatnog rada.

5. POPIS LITERATURE

1. Anđelović, M., Jovanović, J., Medicina rada, Medicinski fakultet u Nišu, 2009. Niš

1. AGRO TRACTRORS S.p.A: LANDINI http://www.landini.it/landini/serie_pages/en/15721/Powerfarm_cab_plat.aspx 28.6.2017.
2. Bogadi-Šare A., (1993) : Djelovanje općih vibracija : nedovoljno poznat zdravstveni problem. Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska.
3. Brkić, D., Vujčić, M., Šumanovac, L., Lukač, P., Kiš, D., Jurić, T., Knežević, D. (2005.): Eksploatacija poljoprivrednih strojeva. Poljoprivredni fakultet u Osijeku,Osijek.
4. Cardinale, M., Wakeling, J., Whole body vibration exercise: are vibrations good for you, Aberdeen, 2005. Scotland
5. Council Directive on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration), J Eur Commun, EEC 89/391/44.(2002)
6. Cvetanović, B., Cvetković, M., Cvetković, D. (2014.): Procjena rizika po zdravlje vozača, od vibracija nastalih pri eksploataciji traktora, Univerzitet u Nišu, Fakultet zaštite na radu, Niš
7. Deboli, R., Calvo, A., Preti, C., Paletto, G. (2008.): Whole Body Vibration (WBV) transmitted to the operator by tractors equipped with radial tires. Innovation Technology to Empower Safety, Health and Welfare in Agriculture and Agro-food Systems.
8. DZNM (1999.): Mehaničke vibracije i udari – Ocjenjivanje izloženosti ljudi vibracijama cijeloga tijela – 1. dio: Opći zahtjevi, HRN ISO 2631-1, Zagreb.
9. DZNM (2010.): Mehaničke vibracije i udari – Procjena izloženosti ljudi vibracijama cijelog tijela – 4. dio: Smjernice za procjenu utjecaja vibracija i rotacijskih gibanja na udobnost putnika i posada u transportnim sustavima s fiksnim vođenjem, HRN ISO 2631-4, Zagreb.
10. Đukić, I., Goglia, V. (2007.): Buka i vibracije pri radu jarmača i tračnih pila trupčara, Zagreb

11. Fahy F., Thompson D.,(2015) : Fundamentals of Sound and Vibration, Second Edition. Institute of Sound and Vibration Research, University of Southampton, United Kindom
12. Goglia, V., Gospodarić, Z., Filipović, D., Đukić, I., Influence on operator's health of hand-transmitted vibrations from handles of a single-axle tractor Annals of Agricultural & Enviromental Medicine 2006. Zagreb
13. Gomez-Gil, J., Gomez-Gil, F.J. i Martin-de-Leon, R. (2014): The Influence of Tractor-Seat Height above the Ground on Lateral Vibrations, department of Signal Theory, Communications and Telematics Engineering, University of Valladolid, Valladolid 47011, Spain , Department of Electromechanical Engineering, University of Burgos, Burgos 09006, Spain
14. Langer H. T., Ebbesen M. K., Kordestani A., (2015.) : Experimental analysis of occupational whole-body vibration exposure of agricultural tractor with large square baler. Department of Engineering, University of Agder, Grimstad, Norwa
15. Pobedin A.V., Dolotov A. A., Shekhovtsov V. V., (2015.) : Decrease of the Vibration Load Level on the Tractor Operator Working Place by Means of Using of Vibrations Dynamic Dampers in The Cabin Suspension. International Conference on Industrial Engineering ICIE 2016
16. Poplašen, D., Kerner, I., Vibracije koje se prenose na šake i ruke, Sigurnost, 2013. Zagreb.
17. RSI FAKTOR RIZIKA: Vibracijski bijeli prst https://lh6.googleusercontent.com/proxy/; 28.6.2017.
18. Servadio, P., Marsili, A., Belfiore, N.P. (2007.): Analysis of driving seat vibrations in high forward speed tractors, Agricultural Mechanisation Research Institute, Council for the Research and Experimentation in Agriculture, Via della Pascolare 16, 00016 Monterotondo (Roma), Italy
19. Stegić, M. (2009.): Teorija vibracija, linearnih diskretnih mehaničkih sustava, Sveučilište Zagreb, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb
20. Vodić za procjenu rizika u malim i srednjim poduzečima: Opasnosti od vibracija koje se prenose na cijelo tijelo i ruka- šaka http://test.hzzzsr.hr/wp-content/uploads/2016/11/Opasnosti-od-vibracija; 28.6.2017.
21. Wang (2012). : Vibration Comfort Evaluation of the Traditional Tractor Semi-trailer Cab

22. Zeng X. (2016.) : Modeling Predictors of Whole Body Vibration Exposure among Saskatchewan Farmers : A Key Step in Low Back Disorder Prevention. A thesis Submitted to the College of Studies and Research, University of Saskatchewan
23. GOGLIA,V.,SUCHOMEL,J.,ŽGELA,J.ĐUKIĆ,I. (2012):IZLOŽENOST VIBRACIJAMA ŠUMARSKIH RADNIKA U SVIJETLU DIRECTIVE 2002/44/ EC. ŠUMARSKI LIST, 5-6: 283-289
https://hrcak.srce.hr/file/126217 (22.5.2017.)
24. http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ENHR/TXT/?uri=CELEX:32002L0044&from=EN (22.5.2017.)