

Utjecaj eksploatacijskih čimbenika i materijala sjedalice na vibracije trupa rukovatelja traktora

Kamenčak, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:661889>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-31**



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](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Ivan Kamenčak

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Mehanizacija

**Utjecaj eksploatacijskih čimbenika i materijala sjedalice na
vibracije trupa rukovatelja traktorom**

Završni rad

Osijek, 2019.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Ivan Kamenčak

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Mehanizacija

**Utjecaj eksploatacijskih čimbenika i materijala sjedalice na
vibracije trupa rukovatelja traktorom**

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

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

Osijek, 2019.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Vibracije	1
1.2. Mjera za vibraciju	2
1.3. Vrste vibracija	2
1.4. Utjecaj vibracija na ljudsko zdravlje	3
1.5. Vibracije na traktoru	5
2. MATERIJAL I METODE.....	7
3. REZULTATI I RASPRAVA	16
4. ZAKLJUČAK.....	24
5. POPIS LITERATURE	25

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Završni rad

Fakultet agrobiotehničkih znanosti u Osijeku

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda, smjer Mehanizacija

Ivan Kamenčak

Utjecaj eksploatacijskih čimbenika i materijala sjedalice na vibracije trupa rukovatelja traktorom

Sažetak: U radu su prikazani rezultati mjerenja vibracija koje djeluju na trup rukovatelja pri radu traktora koristeći različite podloge kretanja, četiri vrste sjedalice te tri brzine kretanja. Cilj istraživanja je utvrditi hoće li se vibracije koje djeluju na trup rukovatelja promijeniti i u kojoj mjeri koristeći različite tipove sjedalice. Mjerenje je obavljeno na traktoru Deutz 6006 u Bjeliševcu na makadamu, poljskom putu i asfaltu kod OPG Vesna Kamenčak. Istraživanje je provedeno u skladu s propisanim normama HRN ISO 2631 – 1 i HRN ISO 2631 – 4. Mjerenja su obavljena s uređajem za mjerenje vibracija MMF VM30 s pripadajućim senzorom za mjerenje vibracija trupa. Mjerenja su obavljena tako da je mjerni instrument postavljen na sjedalicu točno na mjesto gdje rukovatelj sjeda, uz eksploatacijske uvjete rada cijeloga agregata. Pri radu traktora uočene su promjene na trup rukovatelja pri gibanju na različitim podlogama, koje su veće što je veća brzina gibanja posebno na makadamu i poljskom putu, dok na asfaltnoj površini povećanje vibracija je skoro zanemarivo. Izmjerene vrijednosti vibracija nisu prelazile dopuštene granične vrijednosti te je pretpostavka kako rukovatelj ovog traktora neće biti izložen negativnom utjecaju vibracija koje bi utjecale na njegovo zdravlje. Zaključak je da rukovatelj nije izložen negativnom utjecaju vibracija na njegovo zdravlje.

Ključne riječi: vibracije, traktor, podloga, trup, brzina kretanja

28 stranica, 4 tablice, 3 grafikona, 15 slika, 11 literaturnih navoda

Završni rad je pohranjen: u Knjižnici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

BSc Thesis

Faculty of agrobiotechnical sciences Osijek

Undergraduate university study Agriculture, course: Mechanization

Ivan Kamenčak

The influence of seating operation factors and materials on the tractor handler vibrations

Summary: The paper presents the results of vibration measurements that act on the torso of a tractor operator while operating a tractor, four types of seats and three speeds. The aim of the study is to determine whether the vibrations acting on the torso of the operator will change and to what extent using different types of seats. Measurement was carried out on a tractor Deutz 6006 in Bjeliševac on a gravel road, field road and asphalt at OPG Vesna Kamenčak. The survey was conducted in accordance with the prescribed standards HRN ISO 2631 - 1 and HRN ISO 2631 - 4. Measurements were performed with a vibration measuring device MMF VM30 with associated sensor for measuring the vibration of the hull. Measurements were made so that the measuring instrument was positioned on the seat exactly where the operator was sitting, with the operating conditions of the entire unit operating. During the operation of the tractor, changes were observed

on the body of the operator when moving on different substrates, which are higher the higher the speed especially on the macadam and field road, while on the asphalt surface the vibration increase is almost negligible. The measured vibration values did not exceed the permissible limit values and it is assumed that the operator of these tractor will not be exposed to the negative vibration effects that would affect his health. The conclusion is that the operator is not exposed to the negative impact of vibration on his health.

Keywords: vibration, tractor, substrate, hull, speed
28 pages, 4 tables, 3 charts, 15 pictures, 11 references

BSc Theseis is archived in Library of Faculty of agrobiotechnical sciences in Osijek and in digital repository of Faculty of agrobiotechnical sciences in Osijek

1. UVOD

Ergonomija je znanstvena disciplina (znanost o radu) kojoj je zadatak istraživanje ljudskog organizma i ponašanje, te pruža podatke o prilagodenošću predmeta s kojima čovjek dolazi u kontakt. Nadalje, ergonomija proučava anatomske, fiziološke i druge parametre ljudskog tijela. To nije neovisna znanost nego se koristi podacima svih disciplina koje se bave čovjekom (medicinom, psihologijom, matematikom, optikom, akustikom, itd.). Ergonomija omogućava kvalitetan rad, povećava proizvodnju te smanjuje broj profesionalnih bolesti. Ergonomija mora biti najčvršće povezana s konstrukcijom i tehničkim projektiranjem proizvoda (s jedne strane) i dizajniranjem (s druge strane). Dizajn ne može mijenjati čovjeka, ali putem ergonomije saznaje o čimbenicima koji su čovjeku potrebni. Upravo ergonomija omogućava dizajneru prilagođivanje ili promjenu okoline u najprikladnijoj kombinaciji za čovjeka. Idealna situacija kaže da bi dizajn nekog uređaja ili okoline trebao početi od čovjeka, ali najčešće se događa suprotno. Zato je važno uočiti da je dizajn oblikovan za ljude na osnovu podataka o konačnom korisniku. Ergonomija kao znanost daje principe dimenzija za oblikovanje uređaja ili okoline s kojim je čovjek u kontaktu tijekom radnog vremena (<https://hr.wikipedia.org/wiki/Ergonomija>) (13.kolovoza.2018.).

1.1. Vibracije

Svako izvođenje poljoprivrednih radova kao i gibanja traktorom na različitim agrotehničkim podlogama dovest će do stvaranja određenih vibracija različitog intenziteta koje se preko traktora prenose na tijelo rukovatelja i imaju utjecaj na njega.

Općenito vibracije su periodička ili ciklična gibanja mehaničkih sustava oko ravnotežnog položaja, a prouzrokovana su vanjskom periodičnom silom ili otklonom iz ravnotežnog položaja. Rezultat su dinamičkih sila u strojevima s pokretnim dijelovima kao i u strukturama koje su povezane sa strojevima (<https://hr.wikipedia.org/wiki/Vibracije>) (13.kolovoza 2019.).

1.2. Mjera za vibraciju

Vibracije se proučavaju pomoću diferencijalnih jednadžbi iz kojih se dobivaju amplitude. Mjera za vibraciju je frekvencija. Frekvencija predstavlja broj oscilacija u jedinici vremena, a njena jedinica je herc (Hz). Podjela vibracija prema frekvenciji je:

- a) visokofrekventne,
- b) srednjefrekventne i
- c) niskofrekventne (vibracije ispod 16 Hz).

Ljudsko tijelo percipira i apsorbira vibracije od 1 do 1000 Hz. Da bismo bolje razumjeli frekvenciju vibracije potrebno je razumjeti pojam pomaka, brzine i ubrzanja vibracija. Pomak predstavlja udaljenost tijela od njegovog ravnotežnog položaja, izražava se u metrima i stalno se mijenja. Brzina vibracija je udaljenost koju vibrirajuće tijelo prijeđe u jedinici vremena, a izražava se u m/s. Ubrzanje vibracija je promjena brzina vibracija u jedinici vremena, a jedinica mu je m/s^2 (Anđelović i Jovanović, 2009.).

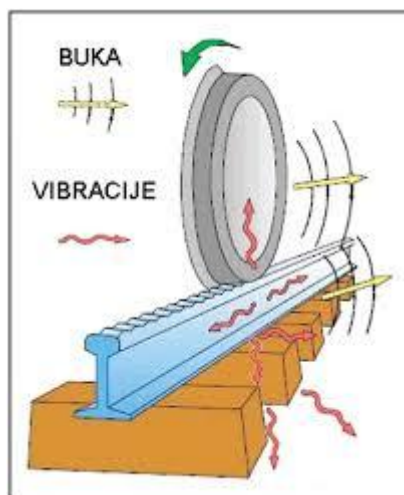
1.3. Vrste vibracija

Vibracije dijelimo na:

- a) periodične - vibracije kod kojih se oscilatorno gibanje tijela nakon određenog vremenskog intervala ponavlja na identičan način. . Najkraći vremenski interval u kome se vibracijsko gibanje ponovi je perioda, a broj perioda u jedinici vremena predstavlja frekvenciju periodične oscilacije. Mogu biti jednostavne, gdje se oscilatorno gibanje odvija samo jednom učestalošću i složene koje se sastoje od više jednostavnih vibracija,
- b) opće vibracije javljaju se kada se čovjek nalazi u vibrirajućoj sredini. Njihovo djelovanje ima utjecaj na cijelo ljudsko tijelo, a pravci djelovanja ovih vibracija određeni su prema trima anatomskim osima 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.).

1.4. Utjecaj vibracija na ljudsko zdravlje

Vibracije mogu djelovati štetno na ljudsko zdravlje, na udobnost vožnje, mogu prouzročiti lomove konstrukcija, kvarove strojeva, uzrok su zamora materijala i trošenja. Vibracijama su izložene gospodarske grane kao što su šumarstvo, rudarstvo, metalurgija, drvna i tekstilna industrija, građevinarstvo i sl. zbog korištenja raznih vibrirajućih alata i uređaja (slika 1., 2. i 3.).



Slika 1: vibracije u željezničkom prometu (izvor:

https://www.google.com/search?q=vibracije&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjyqJeCy6vkAhWx-ioKHR77DOcQ_AUIESgB&biw=1366&bih=608, 30.kolovoza 2019.)

Na zdravlje rukovatelja stroja uvelike utječu radni uvjeti na stroju kao što su na primjer ozlijede leđa, probavni problemi, kardiovaskularni poremećaji. Metodama smanjena utjecaja vibracija na zdravlje rukovatelja stroja bave se razni autori. Tako na primjer Cvetanović i sur. (2014.) smatraju kako bi izloženost vibracijama trebala biti što kraća. Vibracije prenesene na trup rukovatelja javljaju kada se tijelo oslanja na površinu koja vibrira (npr. radnik sjedi na stolici koja vibrira). Smatra se da se vibracije mjere na granici između tijela i površine na kojoj se to tijelo pridržava (Fahy i Thompson 2015.).



Slika 2: Vibracije od alata korištenih u građevini

(https://www.google.com/search?q=vibracije&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjyqJeCy6vkAhWx-ioKHR77DOcQ_AUIESgB&biw=1366&bih=608 (30.kolovoza 2019.)

U kabini se prema Pobedin i sur. (2016.) mogu instalirati prigušivači vibracija, a Bogadi-Šare (1993.); Taboršak (1994.) ukazuju da je nužno modificiranje samog dizajna traktora kako bi se smanjila količina vibracija tijekom radnih operacija u poljoprivredi. Postoje jaki dokazi koji povezuju vibracije trupa rukovatelja sa dugoročnim negativnim utjecajem na njegovo zdravlje, uključujući bol u leđima. Kratkoročna izlaganja takvim vibracijama mogu biti uzrok nezgoda i padova rukovatelja nakon završetka rada. (Yung i sur., 2018.). Oštećenja kod zaposlenika koji su izloženi štetnom djelovanju vibracija mogu se manifestirati kao bolest krvnih žila, neurološki poremećaji i promjena na kostima, zglobovima i mišićima. Dugotrajna izloženost vibracijama visokih frekvencija može dovesti do poremećaja krvotoka koji se manifestira povremenim napadajima bljedila jednog ili više prstiju, a kada se krvotok ponovno uspostavi prsti pocrvene i budu bolni. Da bi smanjili negativan utjecaj vibracija na ljudsko tijelo, potrebno je prilikom boravka u vibrirajućoj sredini koristiti razna zaštitna sredstva koja će ublažiti utjecaj vibracija kao što su antivibracijske rukavice (slika 3.), radne cipele, odijela i slično.



Slika 3. Antivibracijske rukavice (izvor:

https://www.google.hr/search?source=hp&ei=qqJpXZ22GeXMrGTfranwCA&q=posljedice+izlo%C5%BEenosti+vibracijama&oq=posljedice+izlo%C5%BEenosti+vibracijama&gs_l=psy-ab.3...10467.19332..19731...1.0..0.207.3779.16j18j1.....0....1..gws-wiz.....35i39j0i131j0j0i10j0i22i30j33i160.1B6zPXai2Tc&ved=0ahUKEwids9Py0avkAhVlposKHd9WCo4Q4dUDCAU&uact=5 (30.kolovoza 2019.))

1.5. Vibracije na traktoru

Mehaničke vibracije na traktoru javljaju se kao posljedica gibanja traktora, rada motora, rada elemenata transmisije te rada priključnog stroja (poglavito vučnog otpora). One se prenose preko poda traktorske kabine, upravljača, ručica, komandi za upravljanje te samog sjedala na kojem rukovatelj sjedi (Brkić i sur., 2005.).

Vibracije osim što štetno djeluju na elemente pojedinih sustava traktora prenose se i na čovjeka te utječu na njegovo zdravlje i trenutnu koncentraciju zbog čega je potrebno rukovatelju traktora omogućiti što bolje ergonomske uvjete prilikom rada i što bolje ga zaštititi. Složenost navedene teme motiv je za pisanje ovog rada koji će se bazirati na utjecaju eksploatacijskih čimbenika i materijala sjedalice na vibracije trupa rukovatelja traktorom. Rad započinje uvodom kojim se uvodi u tematiku i strukturu rada. Nastavlja se metodologijom gdje se navode predmet, ciljevi, metode, područje i obuhvat istraživanja te se postavljaju hipoteze koje je potrebno ispitati.

Cilj rada: Utvrditi razinu vibracija koja utječu na trup rukovatelja pri gibanju traktora različitim brzinama po različitim agrotehničkim podlogama, a obzirom na materijal od kojeg je načinjena sjedalice traktora.

Hipoteza je da će se izmjerena razina vibracija mijenjati kako koristimo drugačije vrste sjedalice pri promjeni brzine.

2. MATERIJAL I METODE

Mjerenja su izvedena u cilju određivanja razine traktorskih vibracija koje utječu na trup rukovatelja pri različitim agrotehničkim podlogama. Mjerenja su obavljena na traktoru proizvođača Deutz 6006 (slika 4.). U trenutku obavljanja mjerenja traktor je imao 7200 radnih sati.

Potrebno istraživanje za rad se provodi u lipnju 2019. godine na OPG-u Vesna Kamenčak na jednom traktoru. Obiteljsko gospodarstvo postoji od 2003. godine, nalazi se u mjestu Bjeliševac nedaleko od Kutjeva. OPG trenutno obrađuje 20 hektara zemlje. Proizvodnja je bazirana na žitarice, uljarice i hranu za domaće životinje. Vizija i misija OPG-a za budućnost je povećati proizvodnju i podići ju na razinu koja zadovoljava životne potrebe jedne obitelji. Trenutno gospodarstvo posjeduje većinu potrebne mehanizacije za obradu zemlje među kojom je i traktor Deutz 6006 na kojem je provedeno istraživanje. Navedeni traktor se uglavnom koristi za prskanje, kultiviranje i sve lakše poslove vezane uz proizvodnju.

Vibracije koje utječu na trup rukovatelja traktora mjere se uređajem MMF VM-30 s pripadajućim senzorom tijekom gibanja na tri različite agrotehničke podloge, tri različite brzine gibanja i četiri različite vrste sjedalica.

Sva mjerenja obavljena su u cilju određivanja razine vibracija koje se prenose na trup rukovatelja pri različitim brzinama na tri ispitivane agrotehničke podloge. Tablicom 1. biti će prikazani tehnički podatci traktora.

Tablica 1. tehnički podatci traktora Deutz 6006

Proizvođač:	Deutz
D6006:	2WD
Deutz motor:	3,8L-4-cilindrični
Spremnik goriva:	18,5 gal (70,0 l)
Stražnji kardani:	Dvostupanjska spojka
Zadnji RPM:	540/1000
Međuosovinski razmak:	215 cm
Težina:	5756-6906 funti
Prednja guma:	7.50-16
Stražnja guma:	16.9-30

Tablica 1. prikazuje tehničke karakteristike traktora. Traktor je starijeg godišta (1979.g.) i upravo je zbog toga obavljeno istraživanje na njemu kako bi se dokazalo koliko je i da li tehnologija otišla naprijed u smanjenju negativnog utjecaja vibracija na trup rukovatelja traktora te bitna je napomena da velik broj poljoprivrednika koristi slične starije traktore ne znajući koliko mogu biti štetni za zdravlje.



SLIKA 4: Traktor Deutz 6006 (izvor: Ivan Kamenčak, 2019.)

Istraživanja iz ovog rada su eksploatacijskog tipa što znači da su mjerenja izvođena u radu. Mjerene su razine vibracija koje utječu na trup rukovatelja proizvedene pri gibanju poljoprivrednog traktora različitim brzinama po različitim agrotehničkim podlogama (u smjeru x, y i z osi) koristeći četiri različite vrste sjedalica (sjedalo bez sjedalice, spužva, memorijska pjena i zadnje smo koristili kombinaciju memorijske pjene i stiropora.) Agrotehničke podloge na kojima su obavljena mjerenja su makadam (slika 5.), poljski put (slika 6.) i asfalt (slika 7.).



Slika 5: Makadam (izvor: Ivan Kamenčak, 2019.)



Slika 6: Poljski put (izvor: Ivan Kamenčak, 2019.)

Istraživane agrotehničke podloge nalaze se u krugu 50 metara zračne linije od parcela koje se obrađuju. Navedeni putovi koriste se za dolazak na njivu i odvoz gotovih proizvoda tokom sezone žetve do silosa (slika 5., 6. i 7.).



Slika 7: Asfalt (izvor: Ivan Kamenčak, 2019.)

Brzine gibanja traktora pri kojima su obavljena mjerenja su 2, 4 i 6 km/h. Svako mjerenje trajalo je trideset minuta i ponovljeno je tri puta te je na osnovu toga određena srednja vrijednost za svaku podlogu pri svakoj od navedenih brzina gibanja.

Istraživanje je obavljeno u Bjeliševcu 2019. godine u trajanju od 1 dan. Prosječna dnevna temperatura zraka na dan mjerenja iznosila je od 28 do 32⁰C, a relativna vlažnost zraka od 49% do 60%.

Sva mjerenja provedena su po normama HRN ISO 2631-1 i HRN ISO 2631-4. Ove norme primjenjive su na ljudima normalnog zdravlja koji su izloženi pravocrtnim vibracijama u smjeru x, y i z osi. Mjerni uređaj postavlja se na dio sjedišta na koji rukovatelj izravno sjeda (slika 8), te je postavljen uređaj na različite podloge; spužva (slika 9), memorijska pjena (slika 10), memorijska pjena i stiropor (slika 11). Sva mjerenja koja su obrađena u rezultatima obavljena su upravo na ovaj način.



Slika 8. Prikaz postavljanja mjernog uređaja na sjedalicu (izvor: Ivan Kamenčak, 2019.)



Slika 9: Spužva (izvor: Ivan Kamenčak, 2019.)



Slika 10: Memorijska pjena (izvor: Ivan Kamenčak, 2019.)



Slika 11: Kombinacija memorijske pjene i stiropora (izvor: Ivan Kamenčak, 2019.)

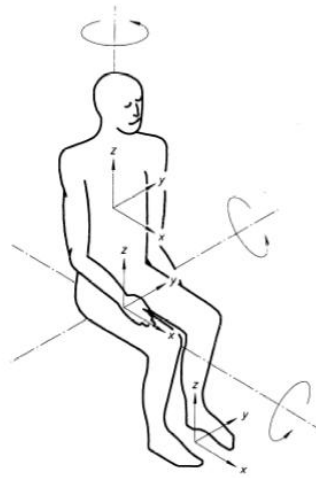
Na sjedalicama smo se vozili brzinom od 2 km/h, 4 km/h i 6 km/h po tri puta. Vozili smo se po makadamu, poljskom putu i asfaltu. Cilj je bio dobiti što više rezultata kako bismo izvukli srednje vrijednosti koje će biti prikazane u tablici 2, 3 i 4.

Prema propisanim normama uređaj za mjerenje postavlja se na sjedište tako da se osi mjere u slijedećim pravcima (HRN ISO 2631-1):

- x os: uzdužno, duž pravca gibanja – naprijed (pozitivno) / natrag (negativno);
- y os: bočno, pod pravim kutom u odnosu na smjer vožnje;
- z os: vertikalno, prema gore (pozitivno) / prema dolje, okomito na pod (negativno).

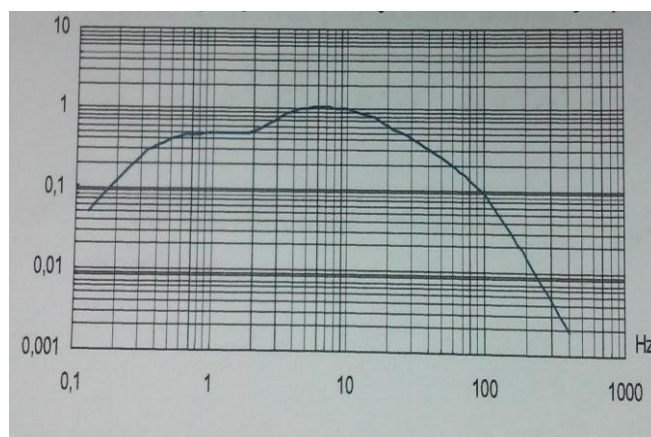
Izmjerene vrijednosti vibracija izražene su kao ubrzanja. Vibracije su mjerene prema koordinatnom sustavu za određeni dio tijela u sjedećem položaju (slika 12.). Uređaj je

mjerio intenzitet proizvedenih traktorskih vibracija koje se prenose direktno sa sjedišta na ljudsko tijelo.

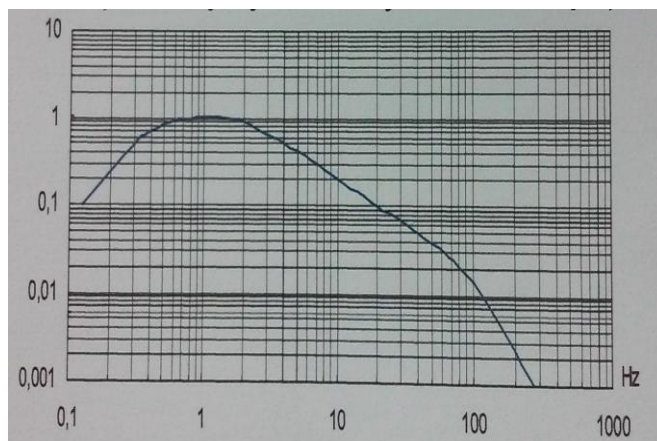


Slika 12. Prikaz pravaca djelovanja vibracija na određene dijelove tijela u sjedećem položaju (HRN ISO 2631-1)

Prema europskoj direktivi 2002/44/EC propisane su granične vrijednosti za dnevnu izloženost vibracijama, a ona za vibracije na trup rukovatelja iznosi $1,15 \text{ m/s}^2$. W_d i W_k predstavljaju težinske filtere koji su korišteni u mjerenjima (slika 13. i 14.). W_d težinski filter koristi se za mjerenje vibracija u smjeru x i y osima u sjedećem položaju, dok se W_k koristi u smjeru z osi (HRN ISO 2631-1).



Slika 13. W_k težinski filter (HRN ISO 2631-1)



Slika 14. Wd težinski filter (HRN ISO 2631-1)

Prema HRN ISO 2631-1 R.M.S. metoda mjerenja u pokretu uzima u obzir povremene impulsne i prolazne vibracije koristeći kratku integracijsku vremensku konstantu. Veličina vibracija definirana je kao maksimalna prolazna vrijednost vibracije (MTVV), koja je maksimalna za $a_w(t_0)$.

$$a_w(t_0) = \left\{ \frac{1}{\tau} \int_{t_0-\tau}^{t_0} [a_w(t)]^2 dt \right\}^{\frac{1}{2}}$$

$a_w(t)$ – trenutna frekvencija mjerenog ubrzanja (m/s^2)

τ – vrijeme integracija za tekuće usrednjavanje

t – vrijeme (s)

t_0 – vrijeme promatranja (s)

$$MTVV = \max [a_w(t_0)]$$

MTVV - maksimalna prolazna vrijednost vibracije (m/s^2)

Za sva mjerenja korišten je uređaj za mjerenje vibracija MMF VM30 (slika 14.). Navedeni uređaj se u praksi pokazao kao vrlo dobar zbog svojih malih dimenzija, vodootpornog

dizajna i dugotrajne baterije. Mjerni opseg za sve osi bio je postavljen na 120. Prilikom svih mjerenja korišten je uređaj za mjerenje vibracija MMF VM30 (slika 15.).



Slika 15. Uređaj za mjerenje vibracija MMF VM30

(izvor: Industic: Portable vibrometer VM30. <https://www.industic.com/prod/portable-vibrometer-metra-3561> (13.6.2018.))

3. REZULTATI I RASPRAVA

U narednim tablicama (tablica 2, 3 i 4) prikazane su izmjerene vrijednosti vibracija koje utječu na trup rukovatelja u radu sa traktorom Deutz 6006 sa tri različite brzine gibanja izražene u km/h te sa četiri različite vrste sjedalica, na različitim agrotehničkim podlogama. Rezultati su izraženi u m/s^2 .

Tablica 2: Prikaz utjecaja vibracija u smjeru x, y, z osi na trup rukovatelja pri vožnji traktora po makadamu.

Sjedalica	Brzina gibanja km/h	x os m/s^2	y os m/s^2	z os m/s^2
Prazna sjedalica	2	0,3	0,3	0,8
	4	0,3	0,3	0,8
	6	0,3	0,5	0,9
Spužva	2	0,2	0,2	0,4
	4	0,2	0,3	0,5
	6	0,2	0,6	0,6
Memorijska pjena	2	0,2	0,2	0,6
	4	0,3	0,3	0,8
	6	0,3	0,6	0,8
Memorijska pjena i stiropor	2c	0,2	0,2	0,4
	4	0,2	0,3	0,6
	6	0,3	0,4	0,8

Tablicom 2 prikazan je utjecaj vibracija u smjeru x, y, z osi na trup rukovatelja pri vožnji traktora po makadamu. Na temelju tablice moguće je zaključiti kako su vrijednosti po x osi kod prazne sjedalice i spužve jednake pri svim brzinama kretanja dok kod memorijske pjene i kombinacije memorijske pjene i stiropora ima oscilacija prilikom promjene brzine. Vrijednosti kod y osi uvelike zavise o brzini kretanja. Prilikom kretanja brzinom od 2 km/h i 4 km/h vrijednosti su približno jednake dok povećanjem brzine na 6 km/h su ta odstupanja veća. Isto tako vidljivo je da su na y osi kod spužve i memorijske pjene vrijednosti jednake. U smjeru z osi su utvrđene najveće vrijednosti. Najmanje vrijednosti u

smjeru z osi utvrđene su pri memorijskoj pjenu i stiroporu pri brzini od 2 km/h, a najveću vrijednost je kod prazne sjedalice pri brzini od 6 km/h.

Tablica 3: Prikaz utjecaja vibracija u smjeru x, y, z osi na trup rukovatelja pri vožnji traktora po poljskom putu

Sjedalica	Brzina gibanja Km/h	x os m/s ²	y os m/s ²	z os m/s ²
Prazna sjedalica	2	0,2	0,1	0,6
	4	0,2	0,1	0,7
	6	0,3	0,3	0,6
Spužva	2	0,2	0,1	0,3
	4	0,2	0,1	0,4
	6	0,3	0,3	0,3
Memorijska pjena	2	0,2	0,1	0,5
	4	0,2	0,2	0,6
	6	0,3	0,5	0,5
Memorijska pjena i stiropor	2	0,2	0,1	0,5
	4	0,2	0,2	0,6
	6	0,2	0,5	0,5

Tablicom 3 prikazan je utjecaj vibracija u smjeru x, y, z osi na trup rukovatelja pri vožnji traktora po poljskom putu. Na temelju tablice moguće je zaključiti kako su vrijednosti po x osi kod kombinacije memorijske pjene i stiropora pri svim brzinama kretanja jednake dok kod memorijske pjene, spužve i prazne sjedalice pri gibanju od 2 km/h i 4 km/h imaju iste vrijednosti, a pri gibanju 6 km/h te vrijednosti su za nijansu veće. Vrijednosti kod y osi su kod prazne sjedalice i spužve iste dok kod memorijske pjene i kombinacije memorijske pjene stiropora su pri svakoj brzini gibanja različite. U smjeru z osi su izmjerene vrijednosti najveće. Na temelju z osi možemo zaključiti kako su kod prazne sjedalice vrijednosti pri brzini gibanja od 2 km/h i 6 km/h iste dok jedina promjena se vidi pri brzini gibanja od 4 km/h. Kod memorijske pjene i kombinacije memorijske pjene i stiropora vrijednosti su kod brzine gibanja 2 km/h i 6 km/h iste, a kod 4 km/h ta vibracija je za nijansu veća i iznosi 0,6 m/s².

Tablica 4: Prikaz utjecaja vibracija u smjeru x,y,z osi na trup rukovatelja stroja pri vožnji po asfaltiranoj površini.

Sjedalica	Brzina gibanja Km/h	x os m/s ²	y os m/s ²	z os m/s ²
Prazna sjedalica	2	0,2	0,1	0,5
	4	0,2	0,1	0,5
	6	0,2	0,2	0,4
Spužva	2	0,1	0,1	0,2
	4	0,2	0,1	0,3
	6	0,2	0,2	0,2
Memorijska pjena	2	0,1	0,1	0,3
	4	0,1	0,1	0,4
	6	0,1	0,2	0,3
Memorijska pjena i stiropor	2	0,2	0,1	0,3
	4	0,2	0,1	0,4
	6	0,2	0,2	0,3

Tablicom 4 prikazan je utjecaj vibracija u smjeru x, y, z osi na trup rukovatelja pri vožnji traktora po asfaltu. Iz tablice možemo vidjeti kako vrijednosti kod svih sjedalica po x osi i y osi ne prelaze 0.2 m/s². Vrijednosti po x osi su kod prazne sjedalice, memorijske pjene sa stiroporom i spužve pri brzini gibanja od 4 km/h i 6 km/h iste dok kod memorijske pjene pri svim brzinama gibanja i spužve pri brzini od 2 km/h je ta vrijednost 0.1 m/s². Po y osi vrijednosti kod brzine gibanja 2 km/h i 4 km/h pri svim sjedalicama su iste i iznose 0.1 m/s² dok kod brzine gibanja od 6 km/h ta je vrijednost malo veća i iznosi 0.2 m/s². Na temelju z osi možemo zaključiti kako su kod memorijske pjene i kombinacije memorijske pjene i spužve vrijednosti iste te jedino značajnije odstupanje imaju vrijednosti kod prazne sjedalice. Po z osi najmanje vrijednosti su kod sjedalice sa spužvom pri brzinama gibanja od 2 km/h i 6 km/h.

Dopuštena granična vrijednost vibracija propisana europskom direktivom i pravilnikom u Narodnim novinama iznosi 1.15 m/s² što znači da su izmjerene vibracije iz gore navedenih tablica ispod dopuštene vrijednosti.

Istraživanje koje su proveli Kim i sur (2018.) na polu aktivnom ovješenoj sjedalici traktora MSG 95 EAC/741 koje je pričvršćeno na vibracijsku platformu koja stvara vibracije na osnovu ranije izmjerenih vrijednosti u traktoru navodi da je:

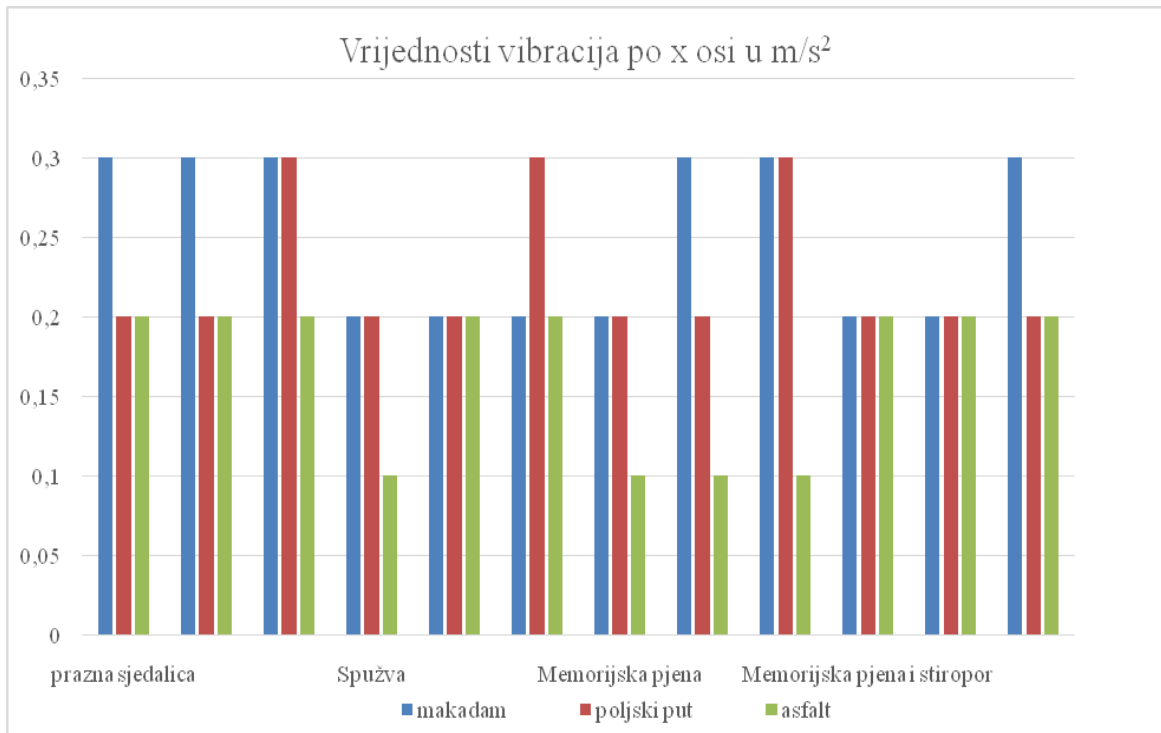
- vrijednost najvećih vibracija koje su djelovale na trup rukovatelja 0.09 m/s^2 u smjeru osi y, dok je najmanja izmjerena vrijednost u smjeru osi x, a iznosila je 0.01 m/s^2 .
- vrijednost izmjerenih vibracija ispod dopuštene granične vrijednosti za dnevnu izloženost vibracijama koju propisuje europska direktiva i pravilnik u narodnim novinama (Direktiva (44/2002.) i NN (155/2008.)).

Istraživanje koje je obavljeno na traktoru Landini Powerfarm 100, na proizvodnim površinama i prilaznim cestama Poljoprivredne i veterinarske škole Osijek (asfalt, makadam i travnata površina) navode da je (Barač i sur, 2018.):

- najveća razina vibracija izmjerena u smjeru osi z te je iznosila 0.7 m/s^2 , a najmanja vrijednost vibracija izmjerena je u smjeru osi y te je iznosila 0.1 m/s^2 .
- izmjerene vibracije su ispod dopuštene granične vrijednosti propisane europskom direktivom i pravilnikom u narodnim novinama (Direktiva (44/2002.) i NN (155/2008.)) koja iznosi 1.15 m/s^2 .

Na temelju podataka iz prethodnih tablica izdvojene su vrijednosti vibracija koje utječu samo na x os na svim vrstama sjedalica te na svim agrotehničkim podlogama što je prikazano grafikonom 1.

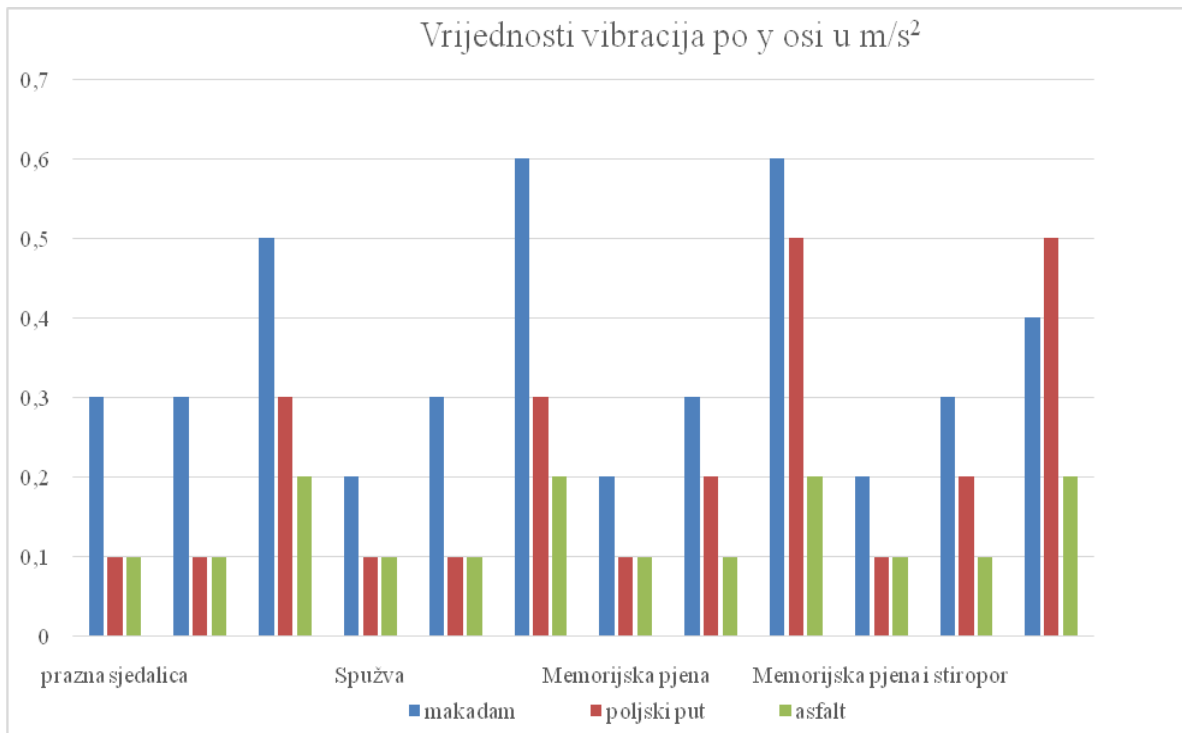
-



Grafikon 1: Usporedni prikaz vrijednosti vibracija po x osi kod svih sjedalica na svim agrotehničkim podlogama.

Grafikonom 1. prikazane su vrijednosti vibracija kod svih sjedalica i svih agrotehničkih podloga samo po x osi. Iz grafikona možemo zaključiti da najveću vrijednost vibracije po x osi ima prazna sjedalica dok se traktor kretao po makadamu. Pri gibanju traktora po asfaltu brzinom od 2 km/h, 4 km/h i 6 km/h vrijednosti vibracija kod prazne sjedalice i kombinacije memorijske pjene i stiropora su iste. Dok se traktor kretao po asfaltu izmjerene su najmanje vrijednosti vibracija po x osi na sjedalici sa spužvom pri gibanju traktora od 2 km/h te na memorijskoj pjenu pri svim brzinama. Što se tiče kombinacije memorijske pjene i stiropora izmjerene vrijednosti vibracija su iste na svim agrotehničkim podlogama pri svim brzinama osim kod gibanja od 6 km/h po makadamu.

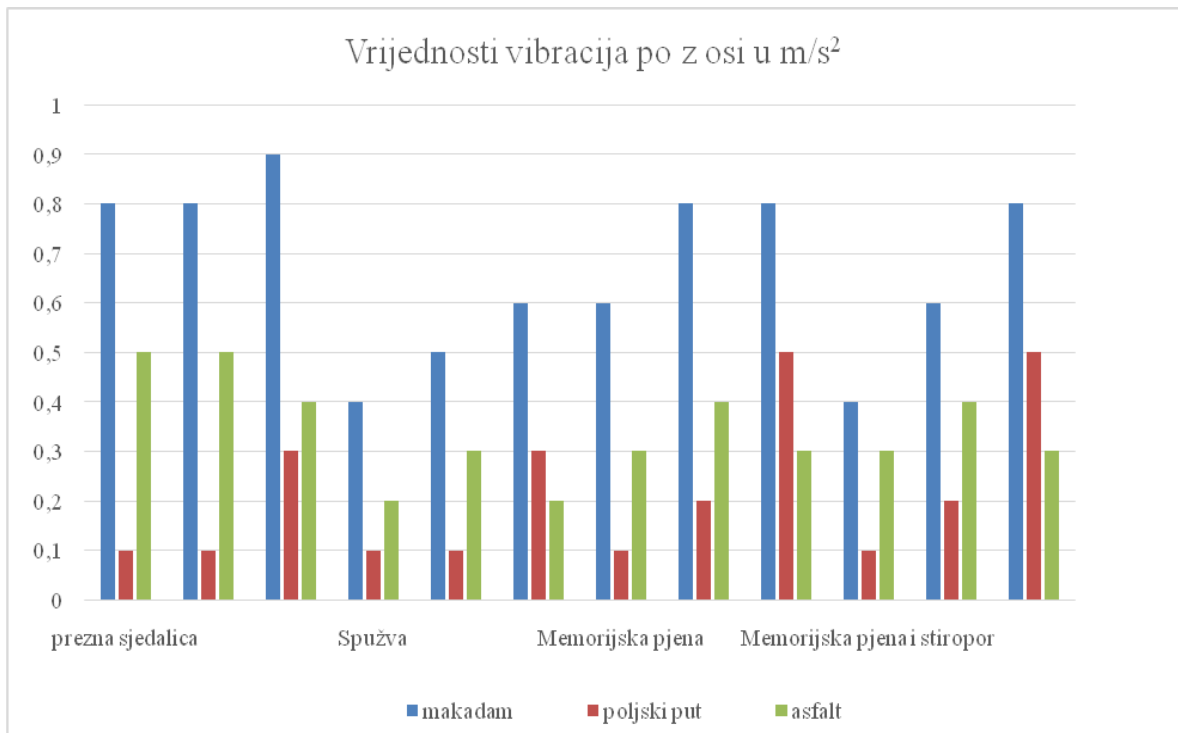
Sljedećim grafikonom (grafikon 2) bit će prikazane vrijednosti vibracija koje utječu samo na y os na svim vrstama sjedalica te na svim agrotehničkim podlogama. Podatci su preuzeti iz prethodnih tablica.



Grafikon 2: Usporedni prikaz vrijednosti vibracija po y osi kod svih sjedalica na svim agrotehničkim podlogama.

Iz grafikona 2 moguće je zaključiti da su pri gibanju traktora po asfaltu brzinom od 2 km/h i 4 km/h vrijednosti vibracija najmanje i iznose $0,1 m/s^2$ dok se povećanjem brzine na 6 km/h vrijednost vibracije povećava i iznosi $0,2 m/s^2$. Dok se traktor kretao po makadamu zabilježene su najveće vrijednosti vibracija na spužvi i memorijskoj pjeni pri brzini od 6 km/h. Gibanjem traktora po poljskom putu zabilježeno je da prazna sjedalica i spužva imaju jednake vrijednosti vibracija pri brzini od 2 km/h i 4 km/h i iznose $0,1 m/s^2$. Najveće vrijednosti izmjerene su gibanjem traktora po makadamu na spužvi i memorijskoj pjeni pri brzini od 6 km/h.

Na temelju prethodne tri tablice napravljen je grafikon 3 koji prikazuje usporedna kretanja vrijednosti vibracija po z osi.



Grafikon 3: Usporedni prikaz vrijednosti vibracija po z osi kod svih sjedalica na svim agrotehničkim podlogama.

Promatranjem grafikona 3 moguće je zaključiti da najveću vrijednost vibracija ima prazna sjedalica pri brzini od 6 km/h po agrotehničkoj podlozi makadam i ona iznosi $0,9 m/s^2$. Najmanje vrijednosti vibracija imaju prazna sjedalica i spužva pri brzini od 2 km/h i 4 km/h po poljskom putu. Vrijednosti vibracija dok se traktor kretao asfaltom kod memorijske pjene i kombinacije memorijske pjene i stiropora iste.

Sustav za mjerenje razine traktorskih vibracija koje djeluju na trup rukovatelja i procjenu potencijalnog rizika na zdravlje rukovatelja napravili su Kabir i sur. (2017.). Oni predlažu uvođenje standardne provedbe mjerenja vibracija u testnim stanicama. Istraživanje je provedeno na traktoru DK470, na različitim agrotehničkim površinama: asfaltirana cesta, betonirana cesta, travnata površina i zemljani put. Najveće vibracije izmjerene su u smjeru osi x njihova vrijednost je iznosila $0,6 m/s^2$, dok su najmanje vibracije izmjerene u smjeru osi z u iznosu od $0,05 m/s^2$. Vrijednosti izmjerenih vibracija su ispod dopuštene granične vrijednosti za dnevnu izloženost vibracijama koju propisuju europska direktiva i pravilnik u narodnim novinama (Direktiva (44/2002.) i NN (155/2008.)). (Kabir i sur. 2017.)

Jedan od primjera istraživanja utjecaja vibracija na trup rukovatelja je i onaj Kima i sur. (2018.) koji su koristili kamion T240, buldožer i skrejper. Najveće vibracije izmjerene su u

radu sa skrejperom, vrijednost tih vibracija iznosila je 0.8 m/s^2 u smjeru osi z, dok je najmanja razina vibracija izmjerena u radu sa buldožerom te je iznosila 0.15 m/s^2 u smjeru osi z. Izmjerene vibracije su ispod dopuštene granične vrijednosti koju propisuje europska direktiva i pravilnik u narodnim novinama (Direktiva (44/2002.) i NN (155/2008.)).

Na temelju istraživanja koje su proveli Deboli i sur. (2016.) zaključili su da izvedba traktorske sjedalice može u velikoj mjeri smanjiti razinu vibracija koje se prenose i djeluju na rukovatelja. Testiranje je provedeno na traktoru nominalne snage motora 93 kW sa pneumatskim ogibljenjem sjedalice, na različitim agrotehničkim podlogama, pri dvije različite brzine gibanja i sa određenim promjenama u tlaku u pneumaticima i pri različitom teretu. Mjerenja su obavljena tri puta. Autori su došli do zaključka da unatoč promjenama uvjeta (tip podloge, tlak u pneumaticima, brzina gibanja), intenzitet vibracija u smjeru z osi ostaje skoro konstantan, dok su u smjeru x i y osi zabilježene određene promjene.

4. ZAKLJUČAK

U ovom završnom radu obrađena je tema utjecaj eksploatacijskih čimbenika i materijala sjedalice na vibracije trupa rukovatelja traktorom. Na temelju istraživanja doneseni su sljedeći zaključci:

1. najviša izmjerena vrijednost vibracija je na praznoj sjedalici po makadamu pri brzini gibanja od 6 km/h na z osi i iznosi $0,9 \text{ m/s}^2$,
2. najmanje utvrđene vrijednosti vibracija najčešće su izmjerene na y osi pri brzini od 2 km/h na svim sjedalicama na asfaltu i poljskom putu i iznosi $0,1 \text{ m/s}^2$,
3. dopuštena granična vrijednost vibracija propisana europskom direktivom i pravilnikom u Narodnim novinama iznosi 1.15 m/s^2 što znači da su izmjerene vibracije iz gore navedenih tablica ispod dopuštene vrijednosti,
4. budući da vrijednosti vibracija nisu prešle dozvoljenu granicu propisanu direktivom i pravilnikom pretpostavka je kako nije bilo štetnog utjecaja na zdravlje rukovoditelja te neće doći do profesionalnih oboljenja.

Postavljena hipoteza da će se izmjerena razina vibracija mijenjati kako koristimo drugačije vrste sjedalice pri promjeni brzine je u većini slučajeva potvrđena.

5. POPIS LITERATURE

1. Brkić, D., Vujčić, M., Šumanovac, L., Lukač, P., Kiš, D., Jurić, T., Knežević, D. (2005.): Eksploatacija poljoprivrednih strojeva. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.
2. 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
3. Fahy F., Thompson D.,(2015) : Fundamentals of Sound and Vibration, Second Edition. Institute of Sound and Vibration Research, University of Southampton, United Kindom
4. 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
5. Taboršak, D. (1995.): Ergonomija i medicina rada. Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
6. Deboli, R., Calvo, A., Preti, C. (2017.): Whole-body vibration: Measurement of horizontal and vertical transmissibility of an agricultural tractor seat. International Journal of Industrial Ergonomics
7. Kabir, S.N., Chung, S.O., Kim, Y.J., Sung, N.S., Hong, S.J. (2017.): Measurement and evaluation of whole body vibration of agricultural tractor operator. International Journal of Agricultural & Biological Engineering
8. Yung, M., Tennant, L.M., Milosavljevic, S., Trask, C. (2018.): The Multysystem Effects of Simulated Agricultural Whole Body Vibration on Acute Sensorimotor, Physical, and Cognitive Performance. *Annals of Work Exposures and Health*, wxy043, <https://doi.org/10.1093/annweh/wxy043>
9. Anđelović, M., Jovanović, J., Medicina rada, Medicinski fakultet u Nišu, 2009. Niš
10. Kim, J.H., Dennerlein, J.T., Johnson, P.W. (2018.): The effect of a multi-axis suspension on whole body vibration exposures and physical stress in the neck and low back in agricultural tractor applications. *Applied Ergonomics*
11. Kim, J.H., Marin, L.S., Dennerlein, J.T. (2018.): Evaluation of commercially available seat suspensions to reduce whole body vibration exposures in mining heavy equipment vehicle operators. *Applied Ergonomics*

12. Direktiva (44/2002.): Direktiva o minimalnim zdravstvenim i sigurnosnim zahtjevima u odnosu na izloženost radnika rizicima uzrokovanim fizikalnim čimbenicima (vibracije). Europski parlament i vijeće. Home page address: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=celex:32002L0044> (10. kolovoza 2019.)
13. NN (155/2008.): Pravilnik o zaštiti radnika od rizika zbog izloženosti vibracijama na radu. Home page address: <http://www.propisi.hr/print.php?id=8835> (10. kolovoza 2019.)
14. Wikipedia: Ergonomija. <https://hr.wikipedia.org/wiki/Ergonomija> (13.kolovoza.2019.)
15. Wikipedia: Vibracije, <https://hr.wikipedia.org/wiki/Vibracije> (13. kolovoza 2019.)
16. <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/546a09c0-3ad1-4c07-bcd5-9c3dae6b1668/language-hr/format-PDF> (10.kolovoza 2019.)
- 14..https://www.google.com/search?q=vibracije&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjyqJeCy6vkAhWx-ioKHR77DOcQ_AUIESgB&biw=1366&bih=608 (30.kolovoza 2019.)
- 15..https://www.google.com/search?biw=1366&bih=608&tbm=isch&sa=1&ei=dptpXeqhE9mW1fAP6_uZ0Ao&q=vibriraju%C4%87i+alati+u+gra%C4%91evini&oq=Vib&gs_l=img.1.1.35i39l2j0l8.1537726.1540718..1543772...1.0..0.231.655.1j2j1.....0....1..gws-wiz-
[img.C9i2Vu3Kv1c](https://www.google.com/search?biw=1366&bih=608&tbm=isch&sa=1&ei=dptpXeqhE9mW1fAP6_uZ0Ao&q=vibriraju%C4%87i+alati+u+gra%C4%91evini&oq=Vib&gs_l=img.1.1.35i39l2j0l8.1537726.1540718..1543772...1.0..0.231.655.1j2j1.....0....1..gws-wiz-) (30.kolovoza 2019.)
- 16..https://www.google.hr/search?source=hp&ei=qqJpXZ22GeXMrgTfranwCA&q=posljedice+izlo%C5%BEenosti+vibracijama&oq=posljedice+izlo%C5%BEenosti+vibracijama&gs_l=psy-ab.3...10467.19332..19731...1.0..0.207.3779.16j18j1.....0....1..gws-wiz.....35i39j0i131j0j0i10j0i22i30j33i160.1B6zPXai2Tc&ved=0ahUKEwids9Py0avkAhVlposKHd9WCo4Q4dUDCAU&uact=5 (30.kolovoza 2019.)
17. <http://www.tractordata.com/farm-tractors/002/1/9/2190-deutz-d-6006.html> (15.kolovoza 2019.)
18. <https://www.industic.com/prod/portable-vibrometer-metra-3561>, (13.kolovoza 2019.)
19. <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/546a09c0-3ad1-4c07-bcd5-9c3dae6b1668/language-hr/format-PDF>

