ODNOS NEKIH EKSPLOATACIJSKIH ČINITELJA NA POJAVU BUKE I VIBRACIJA KAO ERGONOMSKIH POKAZATELJA

Barač, Željko

Doctoral thesis / Disertacija

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechical Sciences Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:189066

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

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

Image not found or type unknown

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Željko Barač, mag. ing. agr.

ODNOS NEKIH EKSPLOATACIJSKIH ČINITELJA NA POJAVU BUKE I VIBRACIJA KAO ERGONOMSKIH POKAZATELJA

DOKTORSKA DISERTACIJA

Osijek, 2019.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Željko Barač, mag. ing. agr.

ODNOS NEKIH EKSPLOATACIJSKIH ČINITELJA NA POJAVU BUKE I VIBRACIJA KAO ERGONOMSKIH POKAZATELJA

- Doktorska disertacija -

Osijek, 2019.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Željko Barač, mag. ing. agr.

ODNOS NEKIH EKSPLOATACIJSKIH ČINITELJA NA POJAVU BUKE I VIBRACIJA KAO ERGONOMSKIH POKAZATELJA

- Doktorska disertacija -

Mentor: izv. prof. dr. sc. Ivan Plaščak

Povjerenstvo za ocjenu:

1. **dr. sc. Tomislav Jurić, redoviti profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, predsjednik**
2. **dr. sc. Ivan Plaščak, izvanredni profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, mentor i član**
3. **dr. sc. Pavo Baličević, redoviti profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, komentor i član**
4. **dr. sc. Mladen Jurišić, redoviti profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, član**
5. **dr. sc. Vinko Duvnjak, znanstveni savjetnik Poljoprivrednog instituta u Osijeku, član**

Osijek, 2019.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Željko Barač, mag. ing. agr.

ODNOS NEKIH EKSPLOATACIJSKIH ČINITELJA NA POJAVU BUKE I VIBRACIJA KAO ERGONOMSKIH POKAZATELJA

- Doktorska disertacija -

Mentor: izv. prof. dr. sc. Ivan Plaščak

Javna obrana doktorske disertacije održana je _____ godine pred Povjerenstvom za obranu:

1. **dr. sc. Tomislav Jurić, redoviti profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, predsjednik**
2. **dr. sc. Ivan Plaščak, izvanredni profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, mentor i član**
3. **dr. sc. Pavo Baličević, redoviti profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, komentor i član**
4. **dr. sc. Mladen Jurišić, redoviti profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, član**
5. **dr. sc. Vinko Duvnjak, znanstveni savjetnik Poljoprivrednog instituta u Osijeku, član**

Osijek, 2019.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Doktorska disertacija

Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
Poslijediplomski sveučilišni (doktorski) studij: Poljoprivredne znanosti
Smjer: Tehnički sustavi u poljoprivredi
UDK:
Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Poljoprivreda
Grana: Poljoprivredna tehnika i tehnologija

ODNOS NEKIH EKSPLOATACIJSKIH ČINITELJA NA POJAVU BUKE I VIBRACIJA KAO ERGONOMSKIH POKAZATELJA

Željko Barač, mag. ing. agr.

Disertacija je izrađena na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Osijek Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Mentor: izv. prof. dr. sc. Ivan Plaščak

U disertaciji je prikazano istraživanje na temu odnosa nekih eksploatacijskih činitelja na pojavu buke i vibracija kao ergonomskih pokazatelja. Mjerenje je obavljeno na traktoru marke LANDINI tipa POWERFARM 100 na proizvodnim poljoprivrednim površinama i pristupnim putovima Poljoprivredne i veterinarske škole Osijek. Mjerenje je obavljeno sukladno normi HRN ISO 5008 koja opisuje izradu testnih traka. Mjerenje buke obavljeno je uređajem Metrel Multinorm s filterom „A“, isti je postavljen u skladu s normom HRN ISO 6396 (2000.). Norma HRN ISO 5131 (2000.) nalaže kako se zvukomjer nalazi 250 mm ± 20 mm od sredine glave rukovatelja i visine 700 mm ± 20 mm iznad referentne točke sjedala. Mjerenja vibracija trupa obavljena su u skladu s propisanim normama HRN ISO 2631-1 (1999.) i HRN ISO 2631-4 (2010.). Mjerenja vibracija sustava ruka-šaka provedena su u skladu s propisanim normama HRN ISO 5349-1 (2008.) i HRN ISO 5349-2 (2008.). Istraživanjem je utvrđeno kako niti jedan izmjereni podatak ne prelazi donju (80 dB) i gornju (85 dB) upozoravajuću vrijednost kao niti graničnu vrijednost izloženosti (87 dB), a što se tiče vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka utvrđeno je kako niti jedan izmjereni podatak ne prelazi upozoravajuću (2,5 ms^{-2}) i graničnu (5 ms^{-2}) vrijednost dnevne izloženosti. Nadalje, izmjerenim vibracijama koje utječu na trup rukovatelja u smjeru osi x pri većim brzinama i tlakovima C2 i C3 te u smjeru osi y pri većim brzinama i tlakovima C1 i C2 i u smjeru osi z pri najvišoj brzini i tlakovima C1 i C2 utvrđeno je kako iste prelaze upozoravajuću vrijednost dnevne izloženosti od 0,5 ms^{-2} te je zaključeno kako je zdravlje rukovatelja ugroženo i preporuka je da se obavi pregled zračnog ogibljenja sjedala kako bi se na vrijeme mogle spriječiti započete komplikacije.

Broj stranica: 120
Broj slika: 18
Broj tablica: 29
Broj literaturnih navoda: 159
Jezik izvornika: hrvatski
Ključne riječi: buka, ergonomija, poljoprivredni traktor, sigurnost, vibracije, zdravlje
Datum obrane:

Povjerenstvo za obranu:

1. **prof. dr. sc. Tomislav Jurić** – predsjednik
2. **izv. prof. dr. sc. Ivan Plaščak** – mentor i član
3. **prof. dr. sc. Pavo Baličević** – komentor i član
4. **prof. dr. sc. Mladen Jurišić** – član
5. **dr. sc. Vinko Duvnjak, znanstveni savjetnik** – član

Disertacija je pohranjena u:
Nacionalna i sveučilišna knjižnica u Zagrebu, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Sveučilište u Zagrebu, Sveučilište u Rijeci, Sveučilište u Splitu

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek

PhD thesis

Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek
Postgraduate university study: Agricultural sciences
Course: Technical systems in agriculture
UDK:
Scientific Area: Biotechnical Sciences
Scientific Field: Agriculture
Branch: Agicultural technique and technology

THE RELATIONSHIP OF SOME EXPLOITATION PREDICTORS AT THE EMISSION OF NOISE AND VIBRATION AS ERGONOMIC INDICATORS

Željko Barač, MSc

Thesis performed at Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek

Supervisor: PhD Ivan Plaščak, Associate Professor

The dissertation presents research on the relationship between some of the exploitation factors on the occurrence of noise and vibration as ergonomic indicators. The measurement was done on LANDINI POWERFARM 100 tractor at the production agricultural areas and access roads of the Agricultural and Veterinary School Osijek. The measurement was carried out in accordance with the HRN ISO 5008 standard which determines test strips. Noise measurement was performed with the Metrel Multinorm device with filter "A", the same being in accordance with HRN ISO 6396 (2000). The height of the operator when seated should be 800 mm to 960 mm, measured from the seating surface to the top of the head. HRN ISO 5131 (2000) instructs that the sound detector is 250 mm ± 20 mm from the center of the operator head, 700 mm ± 20 mm above the seat reference point. Whole body vibration measurement was performed in accordance with the standards HRN ISO 2631-1 (1999) and HRN ISO 2631-4 (2010). The hand-arm vibration measurement was carried out in accordance with the HRN ISO 5349-1 (2008) and HRN ISO 5349-2 (2008) standards. The survey found that no measured data excees the lower (80 dB) and the upper (85 dB) warning values as well as the limit value of exposure (87 dB), the vibration which affects the hand-arm system, it is established that none of the measured data exceeds the warning (2.5 ms^{-2}) and the limit (5 ms^{-2}) value of daily exposure. Furthermore, the measured vibration data affecting the operator's whole body in the direction of the x-axis at higher speeds and at C2 and C3 pressures, in the direction of y-axis at higher speeds and at C1 and C2 pressures, and in the direction of the z axis at maximum speed and at C1 and C2 pressures exceed the value of daily exposure of 0.5 ms^{-2} and it is recommended to inspect the pneumatic suspension of the seat so the complications can be prevented, since the operator's health is threatened.

Number of pages: 120
Number of figures: 18
Number of tables: 29
Number of references: 159
Original in: croatian
Key words: agricultural tractor, ergonomics, health, noise, safety, vibrations
Date of the thesis defense:

Reviewers:

1. **PhD Tomislav Jurić, Full Professor** – president
2. **PhD Ivan Plaščak, Associate Professor** – mentor and member
3. **PhD Pavo Baličević, Full Professor** – comentor and member
4. **PhD Mladen Jurišić, Full Professor** – member
5. **PhD Vinko Duvnjak, Scientific Advisor** – member

Thesis deposited in:
National and University Library, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek, University of Zagreb; University of Rijeka; University of Split

Zahvala

Zahvaljujem se mom mentoru izv. prof. dr. sc. Ivanu Plaščaku na svemu što je činio kao mentor i prijatelj pri izradi Disertacije.

Zahvaljujem se prof. dr. sc. Mladenu Jurišiću na otvorenim vratima svijeta statistike pri izradi Disertacije te predsjedniku povjerenstva prof. dr. sc. Tomislavu Juriću na smirenosti i savjetima pri pisanju Disertacije.

Zahvaljujem se komentoru prof. dr. sc. Pavi Baličeviću i dr . sc. Vinku Duvnjaku na savjetima pri pisanju Disertacije.

Veliku zahvalu dugujem mojim roditeljima i sestri što su mi bili velika podrška ne samo u izradi Disertacije već cijeli moj život.

Zahvaljujem se svim prijateljima, rodbini, profesorima, radnim kolegama i poslovnim partnerima koji su na bilo koji način i savjet mi bili bezuvjetna podrška pri izradi Disertacije.

VELIKO HVALA SVIMA!!

KAZALO

1. UVOD 1

1.1. Pregled literature 5

1.1.1. Buka 5

1.1.2. Vibracije 17

1.2. Cilj istraživanja 30

2. MATERIJAL I METODE RADA 31

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA 45

3.1. Rezultati istraživanih ergonomskih pokazatelja prema varijantama 45

3.2. Rezultati istraživanih ergonomskih pokazatelja prema faktorima 52

3.2.1. Odnos agrotehničkih podloga, brzine gibanja traktora te tlakova zraka u pneumaticima i razine proizvedene buke 52

3.2.1.1. Odnos agrotehničkih podloga, brzine gibanja traktora te tlakova u pneumaticima i razine proizvedene buke s desne strane rukovatelja 52

3.2.1.2. Odnos agrotehničkih podloga, brzine gibanja traktora te tlakova zraka u pneumaticima i razine proizvedene buke s lijeve strane rukovatelja 54

3.2.2. Odnos agrotehničkih podloga, brzine gibanja traktora te tlakova zraka u pneumaticima i razine proizvedenih vibracija na sustav ruka-šaka 55

3.2.2.1. Odnos agrotehničkih podloga, brzine gibanja traktora te tlakova zraka u pneumaticima i razine proizvedenih vibracija na sustav ruka-šaka rukovatelja u smjeru osi x 55

3.2.2.2. Odnos agrotehničkih podloga, brzine gibanja traktora te tlakova zraka u pneumaticima i razine proizvedenih vibracija na sustav ruka-šaka rukovatelja u smjeru osi y 57

3.2.2.3. Odnos agrotehničkih podloga, brzine gibanja traktora te tlakova zraka u pneumaticima i razine proizvedenih vibracija na sustav ruka-šaka rukovatelja u smjeru osi z 58

3.2.3. Odnos agrotehničkih podloga, brzine gibanja traktora te tlakova zraka u pneumaticima i razine proizvedenih vibracija na trup 60

3.2.3.1. Odnos agrotehničkih podloga, brzine gibanja traktora te tlakova zraka u pneumaticima i razine proizvedenih vibracija na trup rukovatelja u smjeru osi x .. 60

3.2.3.2. Odnos agrotehničkih podloga, brzine gibanja traktora te tlakova zraka u pneumaticima i razine proizvedenih vibracija na trup rukovatelja u smjeru osi y .. 62

3.2.3.3. Odnos agrotehničkih podloga, brzine gibanja traktora te tlakova zraka u pneumaticima i razine proizvedenih vibracija na trup rukovatelja u smjeru osi z .. 63

3.3. Hijerarhijska analiza zavisnih varijabli 65

3.3.1. Odnos grupiranih agrotehničkih podloga i ostalih nezavisnih varijabli na zavisne varijable 67

3.3.1.1. Odnos grupiranih agrotehničkih podloga i ostalih nezavisnih varijabli na buku s desne strane 67

3.3.1.2. Odnos grupiranih agrotehničkih podloga i ostalih nezavisnih varijabli na buku s lijeve strane 68
3.3.1.3. Odnos grupiranih agrotehničkih podloga i ostalih nezavisnih varijabli na vibracije sustava ruka-šaka u smjeru x osi 69
3.3.1.4. Odnos grupiranih agrotehničkih podloga i ostalih nezavisnih varijabli na vibracije sustava ruka-šaka u smjeru y osi 70
3.3.1.5. Odnos grupiranih agrotehničkih podloga i ostalih nezavisnih varijabli na vibracije sustava ruka-šaka u smjeru z osi 70
3.3.1.6. Odnos grupiranih agrotehničkih podloga i ostalih nezavisnih varijabli na vibracije trupa u smjeru x osi 71
3.3.1.7. Odnos grupiranih agrotehničkih podloga i ostalih nezavisnih varijabli na vibracije trupa u smjeru y osi 72
3.3.1.8. Odnos grupiranih agrotehničkih podloga i ostalih nezavisnih varijabli na vibracije trupa u smjeru z osi..... 73
4. RASPRAVA 75
5. ZAKLJUČCI 82
6. LITERATURA 86
7. SAŽETAK 99
8. SUMMARY 101
9. PRILOG 103
ŽIVOTOPIS 121

1. UVOD

Poljoprivreda je sastavni dio sveukupnog globalnog ekološkog sustava, u kome se međusobno prožimaju aktivnosti ljudi, životinja, biljaka, klime i poljoprivredne tehnike. U Republici Hrvatskoj socijalno političke prilike na temelju kojih su ustrojena institucijska rješenja i agrarna politika, idu u smjeru poticanja proizvodnje hrane. Osnovna energetska jedinica svakog poljoprivrednog gospodarstva jest poljoprivredni traktor. Prema podatcima Državnog zavoda za statistiku, koji su prikupljeni Popisom poljoprivrede iz 2003. godine, Republika Hrvatska raspolaže sa ukupno 189.887 dvoosovinskih traktora, od čega se skoro 98 % nalazi u vlasništvu poljoprivrednih kućanstava (oko 5,7 ha korištenog poljoprivrednog zemljišta po jednom traktoru), dok je zabilježen ukupni broj traktora sa snagom većom od 100 kW iznosio 1.623 traktora od kojih se tek nešto više od 59 % nalazi u vlasništvu poljoprivrednih kućanstava.

Pravilna eksploatacija te ergonomski prilagođeno radno okruženje rukovatelja i korisnika mehanizacije bitni su čimbenici povećanja produktivnosti, ekonomičnosti, smanjenja opterećenja čovjeka, pravovremenog izvođenja radova, intenzivnijeg korištenja resursa, povećanja prinosa i ostalog. Mehanizacija nije sama sebi cilj te ona predstavlja značajan čimbenik racionalne proizvodnje. Brojna istraživanja ukazuju na to da o pravilno ergonomski oblikovanom radnom prostoru rukovatelja tehničkih sustava u velikoj mjeri ovisi i rezultat proizvodnje.

Budući sredstva mehanizacije zauzimaju značajno mjesto u suvremenoj poljoprivrednoj proizvodnji, uporaba sredstava mehanizacije predstavlja osnovu za ispunjavanje visokih kriterija koji su nametnuti suvremenoj poljoprivredi. Banaj i Šmrčković (2003.) ističu kako se važnost mehanizacije u ukupnim poljoprivrednim radovima posebno ističe kroz udjel troškova mehanizacije u ukupnim troškovima agrotehnike određenih kultura mogu dosegnuti i 50 %. Nadalje, uz troškove zemljišta, najvažniji troškovi koji utječu na dobit u biljnoj proizvodnji fiksni i radni troškovi poljoprivredne tehnike. Izravni troškovi mehanizacije pri nabavci nove visokoproduktivne mehanizacije često prelaze 300 EUR ha^{-1} godišnje, pri čemu navedeni iznos zavisi o trenutnoj ponudi strojeva i kapitala na tržištu. Isti autori navode kako fiksni ili troškovi posjedovanja u ukupnim troškovima tehnike iznose približno 56 %. Radni ili varijabilni troškovi rastu izravno sa povećanjem iskorištenosti stroja (odrađenog broja radnih sati), a u ukupnim troškovima mehanizacije iznose oko 44 %

(na troškove goriva i maziva otpada 34 %, a na troškove nastale uslijed popravka oko 10 %) i u odnosu na fiksne moguće ih je smanjiti.

Učinak ili proizvodnost rada najprikladniji je pokazatelj pomoću kojeg se može analizirati ne samo razina iskorištenja, već i uzroci što omogućuje zahvate u poboljšanju stupnja iskorištenja ugrađenog potencijala ili kapaciteta agregata (Brkić i sur., 2005.). Upravo se u povećanoj proizvodnosti gleda mogućnost i prigoda smanjenja varijabilnih troškova mehanizacije. Ranije spomenuti autori navode i čimbenike proizvodnosti agregata koji se dijele na: tehnički potencijal agregata, uvjete rada, organizaciju rada i ekonomičnost. Svaki od navedenih čimbenika utječe na učinak (proizvodnost), a koliki je utjecaj pojedinih čimbenika teško je procijeniti unatoč velikom broju istraživanja. Radi se pri procjeni moguće proizvodnosti i analize izvršenog rada, koriste veličine koje se mogu mjeriti jednostavnim metodama (primjerice radni zahvat stroja, brzina rada i radno vrijeme).

Pojam ergonomija izveden je iz grčkih riječi ergon (djelo, čin, rad) i nomos (odluka, red, pravo, zakon), a prvi ga je spomenuo poljski znanstvenik Wojciech Jastrzebowski 1857. u članku „Rys ergonomji czyli nauki o pracy, opartej na prawdach poczerpniętych z Nauki Przyrody“ (Pregled ergonomije: odnosno, znanost o radu na temelju istina uzetih iz prirodnih znanosti) što u prenesenom značenju znači znanost o radu. Prema današnjim shvaćanjima, znanost o radu je nadređeni pojam ergonomiji, tj. ergonomija je njezin interdisciplinarni dio. Ergonomija je mlada znanstvena disciplina čije je istraživanje usmjereno na interakciju čovjeka i tehničkih sustava. Zbog toga se ona s jedne strane temelji na znanostima o čovjeku, posebno na fiziologiji, psihologiji i antropologiji, a s druge strane na fizici i inženjerskim znanostima (Mikšić, 1997.). Ergonomija je znanost koja se bavi izučavanjem odnosa čovjek-radno mjesto-uvjeti rada odnosno bavi se proučavanjem radnog mjesta za ljude koji se nalaze na svojim radnim mjestima pretežito u sjedećem položaju. Prilagodba posla radniku može dovesti do smanjenja stresa i eliminirati mnoge potencijalne ergonomske poremećaje (Brkić i sur., 2005.; Griffin, 1990.). Isti autori navode kako suvremene konstrukcije poljoprivrednih strojeva nastoje svojim rješenjima stvoriti što povoljnije uvjete rada čovjeku (rukovatelju), maksimalno ga štiteći od negativnog utjecaja brojnih čimbenika kojima je izložen tijekom rada. Ovi čimbenici rezultat su djelovanja stroja, ali i proizvodne okoline na čovjeka. Isto se tako specifičnost primjene poljoprivrednih strojeva u odnosu na cestovna vozila očituje njihovim gibanjem po neravnoj proizvodnoj površini, na kojoj se ujedno odvija i biološki

proces te njihovim gibanjem po neuređenim poljskim putovima do proizvodnih površina. Mehaničke vibracije javljaju se kao posljedica gibanja traktora, rada motora, elemenata transmisije, priključnog stroja te radne brzine gibanja kao bitnog eksploatacijskog čimbenika koji utječe na nastanak vibracija. Iste djeluju negativno na elemente pojedinih tehničkih sustava i spojeva, što za posljedicu ima intenzivno trošenje i lom sustava. Vibracije se prenose na rukovatelja traktora preko sjedala, poda traktorske kabine, upravljača, ručica i komandi za upravljanje. Njihov utjecaj na rukovatelja je negativan, što se očituje u smanjenju koncentracije, te se time smanjuje i učinak ili proizvodnost agregata (Sherwin i sur., 2004.).

Ružić i Časniji (2011.) navode kako su ergonomske karakteristike kabine poljoprivrednog traktora podijeljene na tri skupine:

- dinamički čimbenici (vibracije, udari i ubrzanja);
- ambijentalni čimbenici (mikroklima, kvaliteta zraka, buka, vidljivost);
- prostorni čimbenici (unutarnje dimenzije, oblici, raspored komandi, sile aktivacije).

Isti autori navode kako mehaničke vibracije djeluju na središnji živčani sustav rukovatelja te mogu izazvati profesionalne bolesti (kralježnica, želudac). Prema Direktivi (44/2002.) svaki od unutarnjih organa u čovjeku ima svoju frekvenciju i ako se te frekvencije podudare s frekvencijama nastalih vibracija dolazi do pojave rezonancije, što za posljedicu ima narušavanje njihovog normalnog funkcioniranja.

Buka, kao jedan od bitnih čimbenika ergonomije posljedica je rada traktorskog motora, rada elemenata transmisije, ispušne cijevi, pročistača za zrak te rada priključnog stroja ili oruđa. Svaki neželjeni zvuk naziva se bukom. Negativan utjecaj buke na rukovatelja očituje se u smanjenju koncentracije rukovatelja, povećanoj razdražljivosti. Javljaju se poremećaji pri disanju, učestalije su pogreške tijekom rada, brže se javlja umor što ujedno utječe na učinak ili proizvodnost agregata (Sabanci, 1999.).

Svaki radni stroj u svojoj eksploataciji zahtijeva stanovito održavanje. U pravilu mjere tehničkog održavanja poljoprivrednog traktora dosta su složene. Danas se sve više konstruiraju i proizvode traktori sa značajno manjim brojem operacija tehničkog održavanja

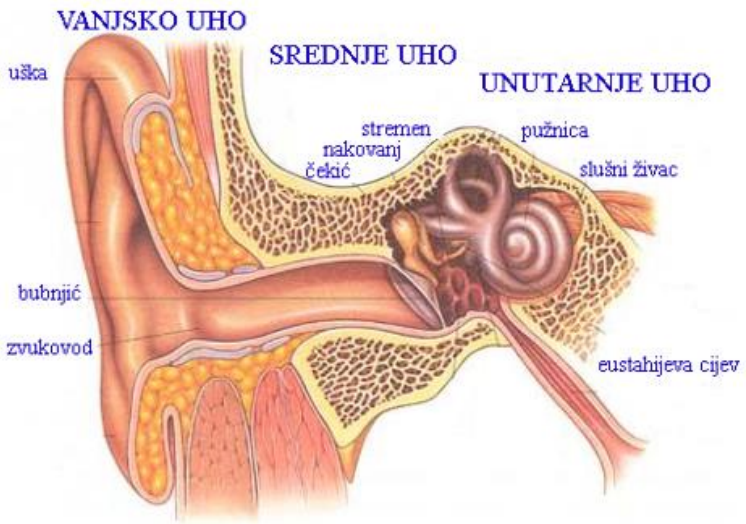
i sve više ergonomski oblikovanim radnim prostorom rukovatelja s ciljem što manjeg negativnog utjecaja mehaničkih vibracija i buke na rukovatelja.

Opsežna studija provedena od strane Scarlett i sur. (2007.), a prikazuje razine buke koje su izmjerene pri radu traktora bez agregatiranih priključnih strojeva. Vidljivo je kako različite vrste podloga i različite brzine gibanja traktora značajno utječu na proizvedenu razinu buke te time i na rukovatelja. Razina mehaničkih vibracija po tri osi (x, y, z) razvidno ovisi o vrsti podloge i brzini gibanja traktora. Vrsta podloge jedan je od temeljnih uzroka vibracija dok je traktor samo konstrukcija koja prenosi vibracije na rukovatelja.

1.1. Pregled literature

1.1.1. Buka

Uho je organ za sluh i ravnotežu, a sastoji se od vanjskog, srednjeg i unutarnjeg uha. Vanjsko uho je građeno tako da „hvata“ zvučne valove koji se preko srednjeg uha pretvaraju u mehaničku energiju. Unutarnje uho pretvara mehaničku energiju u živčane impulse koji zatim putuju u mozak, tj. kroz slušni živac impuls dolazi u mozak – čujemo šum, ton, zvuk ili prasak. Unutarnje uho također pomaže i u održavanju ravnoteže (Bajek i sur., 2007.; Neoroth, 2012.). Zvuk koji se čuje zapravo je valno titranje zraka određenom frekvencijom. Uška koja služi kao prijamnik, pomaže nam i odrediti smjer dolaska zvuka. Zvuk ulazi u zvukovod i dolazi do bubnjića. Valno titranje zraka tjera bubnjić na titranje. Bubnjić se može zamisliti kao elipsastu membranu koja odvaja vanjsko od srednjeg uha. U srednjem uhu nalaze se tri najniže koščice ljudskoga tijela: čekić, nakovanj i stremen što je prikazano na slici 1. Zajedno čine polužni sustav koji prenosi i pojačava titranje bubnjića u unutarnje uho. Binauralno slušanje ili slušanje s oba uha omogućuje određenje iz kojeg smjera dolazi zvuk. Uz mogućnost izdvajanja, tj. koncentriranja na određeni zvuk u prostoru s više izvora zvukova i izrazitu preciznost pri razabiranju frekvencija zvuka (Microton, 2011.).



Slika 1. Dijelovi uha
(Izvor: Microton, 2011.)

Buka je zagađenje okoliša inducirano zvukom koji nepovoljno utječe na ljudsko auditivno zdravlje, fiziološku i psihološku ravnotežu, smanjuje produktivnost (Klaeboe i sur., 2000.;

Trbojević i sur., 2009.). Buka je postala ozbiljan problem koji ugrožava mentalno i fizičko zdravlje ljudi, smanjuje njihov radni učinak i povećava postotak utroška energije za rad. Adekvatnom organizacijom uvjeta rada i prilagođavanjem okoline može se utjecati na smanjenje negativnog utjecaja prekomjerne buke (Bačić, 2017.). Buka je subjektivni pojam, određen fizikalnim značajkama zvuka i fiziološkim svojstvima uha i ljudskog organizma. Buka je zvučna akustična energija koja može štetno djelovati na fiziološko i psihološko stanje ljudi. Bukom se naziva svaki neželjeni i neugodni zvuk, odnosno smjesa zvukova različitih svojstava, koja može biti trajna, isprekidana i udarna, promjenljive razine, različitog trajanja i vremenske raspodjele (Linšak, 2014.). Isti autori navode kako je buka važan javnozdravstveni i ekološki problem jer prema brojnim istraživanjima, zagađenja bukom iz vanjskog i unutarnjeg okoliša utječu i još više će utjecati na ljudsko zdravlje.

Prema Zakonu o zaštiti od buke (NN, 20/2003.) izvor buke je svaki stroj, uređaj, instalacija, postrojenje, sredstvo za rad i transport, tehnološki postupak, elektroakustički uređaj za glasno emitiranje glazbe i govora, bučna aktivnost ljudi i životinja i druge radnje od kojih se širi zvuk (NN, 20/2003.). Pravilnik o postupku homologacije traktora za poljoprivredu i šumarstvo s obzirom na razinu buke koju osjeća rukovatelj traktora objavljenom u NN (79/2010.; 37/2007.) nalaže kako dopuštena razina buke u kabini traktora pri zatvorenim vratima i prozorima, koju rukovatelj može podnijeti pri osmosatnom izlaganju bez oštećenja sluha i zdravlja općenito, iznosi 90 dB (NN, 79/2010.; 37/2007.).

Tablica 1. Najviša dopuštena ekvivalentna razina buke L_{eq} u dB prema opisu posla

Opis posla	Najviša dopuštena ekvivalentna razina buke L_{eq} u dB
Najsloženiji poslovi upravljanja, rad vezan za veliku odgovornost, znanstveni rad	35
Rad koji zahtijeva veliku koncentraciju i/ili preciznu psihomotoriku	40
Rad koji zahtijeva često komuniciranje govorom	50
Lakši mentalni rad te fizički rad koji zahtijeva pozornost i koncentraciju	65

(Izvor: NN, 145/2004.)

Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (NN, 145/2004.) propisuje da je Ekvivalentna trajna razina buke L_{eq} jest ona razina stalne buke koja bi na rukovatelja jednako djelovala kao promatrana promjenjiva buka istog vremena

trajanja (tablica 1.). Najviša dopuštena dnevna ili tjedna osobna izloženost buci rukovatelja iznosi 85 dB.

Pravilnik o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu (NN, 46/2008.) propisuje granične vrijednosti izloženosti i upozoravajuće vrijednosti izloženosti tijekom osmosatnog radnog dana te sljedeće razine vršnih vrijednosti zvučnog tlaka:

- Granična vrijednost izloženosti: L (EX, 8 h) = 87 dB i p (peak) = 200 Pa (140 dB) u odnosu na referentni zvučni tlak 20 μPa);
- Gornja upozoravajuća granica izloženosti: L (EX, 8 h) = 85 dB i p (peak) = 140 Pa (137 dB u odnosu na referentni zvučni tlak 20 μPa);
- Donja upozoravajuća granica izloženosti: L (EX, 8 h) = 80 dB i p (peak) = 112 Pa (135 dB u odnosu na referentni zvučni tlak 20 μPa).

Trbojević (2011.) navodi kako se s obzirom na stupanj štetnosti područje buke dijeli u četiri stupnja:

- 30-55 dB - Područje psihološkog djelovanja;
- 55-85 dB - Područje ozbiljnih psiholoških i fizioloških smetnji;
- 85-120 dB - Područje oštećenja;
- iznad 120 dB - Područje akutnog oštećenja sluha.

Općenito se smatra da izloženost tijekom cijele radne smjene ukupnoj buci razine zvuka ispod 90 dB ne uzrokuje oštećenje sluha. U tablici 2. je navedeno vrijeme tijekom kojeg rukovatelj smije biti maksimalno izložen buci razine 90 dB i iznad (Doktor, 2018.).

Tablica 2. Dopušteno vrijeme izlaganja buci s obrzirom na razinu buke

Dopušteno vrijeme izlaganja buci (h)	Razina buke [dB]
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1,5	102
1	105
0,5	110
0,25	115

(Izvor: Doktor, 2018.)

Prema Pravilniku (NN, 46/2008.) propisane su dopuštene razine buke s obzirom na vrstu djelatnosti u tablici 3.

Tablica 3. Dopuštene razine buke s obzirom na vrstu djelatnosti (NN, 46/2008.)

Opis posla	Najviša dopuštena razina buke L_{eq} [dB]	
	a[1]	b[2]
Najzahtjevniji umni rad, vrlo velika usredotočenost, rad vezan za veliku odgovornost, najsloženiji poslovi upravljanja i rukovođenja	45	40
Pretežno umni rad koji zahtijeva usredotočenost, kreativno razmišljanje, dugoročne odluke istraživanje, projektiranje, komuniciranje sa skupinom ljudi	50	40
Zahtjevniji uredski poslovi, liječničke ordinacije, dvorane za sastanke, školska nastava, neposredno govorno i/ili telefonsko komuniciranje	55	45
Manje zahtjevni uredski poslovi, pretežno rutinski umni rad koji zahtijeva usredotočenje ili neposredno govorno i/ili telefonsko komuniciranje, komunikacijske centrale	60	50
Manje zahtjevni i uglavnom mehanizirani uredski poslovi, prodaja, vrlo zahtjevno upravljanje sustavima, fizički rad koji zahtijeva veliku pozornost i usredotočenost, zahtjevni poslovi montaže	65	55
Pretežno mehanizirani uredski poslovi, zahtjevno upravljanje sustavima, upravljačke kabine, fizički rad koji zahtijeva stalnu usredotočenost, rad koji zahtijeva nadzor sluhom, rad koji se obavlja na temelju zvučnih signala	70	60
Manje zahtjevni fizički poslovi koji zahtijevaju usredotočenost i oprez, manje zahtjevno upravljanje sustavima	75	65
Pretežno rutinski fizički rad sa zahtjevom na točnost, praćenje okoline slušanjem		

[1]Razina buke na radnome mjestu koja potječe od proizvodnih izvora
[2]Razina buke na radnome mjestu koja potječe od neproizvodnih izvora (ventilacija, klimatizacija, promet i dr.)
(Izvor: NN, 46/2008.)

Prema Kempenu i sur. (2002.) kroz sveobuhvatnu studiju utjecaja buke na ljudski organizam meta-analizom je proučen učinak profesionalne i okolišne buke na razne kardiovaskularne rizike uključujući i hipertenziju. Bies i Hansen (2009.) navode kako se zvuk smanjuje s udaljenosti, ali to ovisi o vrsti izvora. Za točkasti izvor, intenzitet zvuka varira obrnuto s kvadratom udaljenosti. Izvori zvuka su tijela koja titraju frekvencijom od 16 do 20 000 Hz u nekom elastičnom sredstvu, npr. napeta struna ili glazbena vilica u zraku. Najjednostavniji

oblik titranja izvora zvuka je harmoničko titranje. Harmoničko titranje stvara harmoničke valove. Čisti ton nastaje ako se frekvencija titranja ne mijenja. Složeni tonovi sadrže više frekvencija. Šum je posljedica potpuno nepravilnog titranja. Valovi nastali titranjem izvora frekvencijom većom od 20 kHz opisuju se kao ultrazvuk (mogu ih čuti neke životinje, npr. psi i šišmiši), a frekvencijom manjom od 16 Hz kao infrazvuk (mogu ih čuti primjerice patke i slonovi) (Akustika, 2016.).

Isti autori navode kako brzina zvučnih valova ovisi o sredstvu kroz koje se ti valovi šire. Tako je brzina zvuka u zraku 331 ms^{-1}, u vodi 1485 ms^{-1}, a u staklu 5500 ms^{-1}. Ako se izvor ili prijamnik zvučnih valova gibaju u odnosu na sredstvo kroz koje se valovi šire, prijamnik bilježi promjenu frekvencije tzv. dopplerov efekt. Pojava kada ljudsko uho osjeća zvukom izazvanu promjenu tlaka zraka naziva se akustički tlak. Za zvučni val frekvencije 1 kHz i jakosti koja odgovara pragu čujnosti ($I0 = 10–12\ W/m^2$), amplituda pomaka čestice iznosi oko 10 – 11 m. Amplituda akustičkoga tlaka iznosi oko $2 \cdot 10^{-5}$ Pa. Za zvuk na granici bola pomak je čestice 10 – 15 m, a akustički tlak 30 Pa.

Zvučni val se širi na dva načina. U zraku, plinovima i vodi zvučni val širi se isključivo kao longitudinalni val, jer prijenos čestice sredstva titraju u smjeru širenja vala. U čvrstim tvarima širi se kao transverzalni val, jer čestice materije titraju okomito na smjer širenja vala. (Bednjanec i Kos, 2014.). Isti autori navode kako je širenje zvuka u prostorijama drukčije od širenja zvuka u otvorenom prostoru. U otvorenom prostoru, u idealnim uvjetima, zvučni valovi ne nailaze na prepreke.

Problem buke povećan je u razvijenim zemljama i to porastom tehnologije, a kao takav utječe negativno na život. Činjenica je da za tu, štetnu razinu buke zna vrlo malo stanovnika (Kalipci i Arslan, 2007.). Prema podacima Hrvatskog zavoda za zdravstveno osiguranje, najčešće dijagnosticirane profesionalne bolesti u Republici Hrvatskoj su bolesti oštećenja sluha uzrokovana djelovanjem buke (HZZO, 2016.). Kako se ovi službeni podaci odnose samo na zaposlene radnike, uz ostalo i na radnike u poljoprivredi, za pretpostaviti je da se i kod članova poljoprivrednih gospodarstava pojavljuju navedene bolesti. Prekomjerna buka može uzrokovati oštećenja i gubitak sluha rukovatelja poljoprivrednog traktora. Danas se zaštita rukovatelja traktora i djelatnika na priključnim strojevima od negativnih utjecaja buke provodi osobnim zaštitnim sredstvima (ušni čepovi, vata za zaštitu od buke te ušni štitnici

koji su vrlo lagani i ugodni za nošenje). Ušni štitnici dobro naliježu oko ušnih školjki no često stvara neugodan osjećaj tlačenja kod duže uporabe zbog čega ih djelatnici nerado uporabljuju (Ozer i sur., 2009.; Fabijanić, 2010.). Ozer i sur. (2009.) u svom radu zaključuju kako neodgovarajuća razina buke negativno utječe na fizičke i psihičke karakteristike osoba izloženih negativnom utjecaju buke. Isti autori navode kako ovisno o trajanju i stupnju izloženosti, utjecaji buke na ljudsko zdravlje i udobnost mogu se podijeliti na četiri kategorije: fizički utjecaji kao što su oštećenje sluha; fiziološki utjecaji kao što su visoki krvni tlak, srčana aritmija i čir; psihički utjecaji kao što su primjerice nesanica i poremećaji spavanja, pretjerana osjetljivost i stres; te konačno utjecaji na radnu sposobnost kao što su smanjenje produktivnosti i pogrešno razumijevanje onoga što se čuje (Ingemansson i Elvhammar, 1995.). Razina buke od 90 dB, izaziva trajna oštećenja sluha, ako neprestano djeluje više od osam sati tijekom dana, a veličina koja opisuje buku naziva se razina buke i izražava se u decibelima (dB). Za mjerenje buke najčešće se koriste filteri A tipa (Čorak, 2001.).

Prema Zaštiti na radu (2012.) ako izmjerena ekvivalentna razina buke (zvučnog tlaka) prelazi 80 dB potrebno je izračunati normaliziranu dnevnu izloženost buci. Rukovatelj koji u osmosatnom radnom danu jedan sat dnevno provodi radeći na stroju gdje se javlja buka veća od 80 dB potencijalno je ugrožen te je nužno provesti proračun normalizirane dnevne izloženosti buci. Ako je izračunata dnevna izloženost buci između 80 i 85 dB preporuča se uporaba osobnih zaštitnih sredstava za zaštitu sluha (čepići, antifoni), a ako prelazi 85 dB uporaba osobnih zaštitnih sredstava za zaštitu sluha je obvezatna.

Murphy i sur. (2017.) navode da dugotrajno izlaganje visokim razinama zvuka rezultira gubitkom sluha kod poljoprivrednika. Poljoprivredna proizvodnja može stvoriti visoku razinu buke. Buku definiraju kao neželjeni, neugodan i opasan zvuk. Ozbiljna ozljeda sluha nije tako dramatična kao naglo prevrtanje traktora ili stroja, ali je stalna i opasna. Zvuk ima dva svojstva koja su važna u sprječavanju gubitka sluha uzrokovano bukom, a to su: frekvencija i intenzitet. Percipirana jačina zvuka uz frekvenciju i intenzitet ovisi i o tome koliko nam je blizu izvor zvuka i o zdravlju ušiju. Zaštita sluha započinje s prepoznavanjem koliko je zvuka odnosno buke previše štetno. Potrebno je ograničiti izloženost opasnim razinama. Razina buke također ovisi o starosti i održavanju traktora tako će tridesetogodišnji traktor s otvorenom kabinom biti glasniji, nego novi traktor s kabinom. Isto tako će stari

kompresor za zrak biti glasniji, nego novi kompresor s prigušivačem. Vallone i sur. (2016.) navode kako bi se prevladale nepovoljne razine buke obvezna je uporaba sredstva za osobnu zaštitu, poput čepića za uši kako bi se izolirala buka na traktorima bez kabine. Kao ključni čimbenik u procjeni razine buke kod traktora treba uzeti vrstu tla i broj radnih sati traktora.

Bilski (2017.) je utvrdio da su najintenzivniji izvori infrazvuka bili kod modernih i starih tipova poljoprivrednih strojeva. Vrlo važni štetni čimbenici jesu izloženost infrazvuku kod trudnica i tinejđera na radnim mjestima u poljoprivredi. Zvučna i infrazvučna buka je značajan rizik u poljoprivredi. U mnogim znanstvenim radovima ispitivana izloženost je buci, no izvori infrazvuka u poljoprivredi nisu u potpunosti ispitani i prezentirani. Infrazvuk se sastoji od akustičnih oscilacija čija je frekvencija ispod granice zvučnog zvuka. Izloženost zvučnoj i infrazvučnoj buci je vrlo karakteristična, ovisi o vrsti mehanizacije, organizacije rada, o radnom mjestu te vremenskim prilikama. Zaštita od infrazvuka je vrlo teška jer su infra valovi slabo prigušeni i lako se šire na velikim udaljenostima od izvora. Borba protiv infrazvuka mora biti na njegovom izvoru. Butkus i sur. (2015.) zaključuju da je tendencija promjene razine buke u međusobnoj povezanosti s godinom proizvodnje odnosno što je traktor noviji razina buke je manja. Primijećeno je prosječno smanjenje buke od 1 dB po godini proizvodnje traktora. Provedeno istraživanje obuhvatilo je 50 poljoprivrednih traktora od 1981. godine proizvodnje do najnovijih. Rezultati mjerenja pokazuju široku oscilaciju razine buke u kabinama. Kako je ovo istraživanje uključivalo suvremene i stare rabljene poljoprivredne traktore, razine buke variraju od 67,7 dB do 94,7 dB dok je najviša izmjerena vrijednost bila 119 dB. Analiza razine buke pokazuje da je u traktorima dominantna buka niske frekvencije od 16 do 125 Hz. Razine buke u traktorima proizvedenim nakon 2000. godine su u prosjeku za 13,4 dB niže, nego kod ostalih traktora što znači značajno poboljšanje u smanjenju razine buke. U starijim kabinama i traktorima bez kabina razina buke može dosegnuti od 95 do 100 dB. Buka koju rukovatelj traktora čuje također ovisi o traktorskoj opremi. Traktori koji rade pri najvišoj snazi ili s agregatiranim strojevima (balirke, malčeri, berači...) proizvode višu buku. Loše održavani traktori i traktorska kabina koja nije dobro zvučno izolirana proizvode više buke. Vrata i prozore treba držati zatvorenima kako bi se dobile najniže razine buke. Postoje materijali koji „upijaju“ buku unutar traktorskih kabina, oni smanjuju odjek buke. Primjeri su: meke pjene, porozni materijali, vuna. Stavljaju se oko sjedala sa strane i na krov kabine. Treba obavljati redovito održavanje i paziti da se pokriju rupe oko sjedala, kočnica, spojke i drugih otvora kako bi

zaustavili prodiranje buke u kabinu. Normalno je da korištenje audio uređaja u traktorima s kabinom povećava buku za 1 – 3 dB, ali korištenje audio uređaja u starijim strojevima može izazvati rukovateljima izloženost buci višoj nego je dopušteno (WorkSafe New Zealand, 2014.).

Butkus i Vasiliauskas (2016.) istraživali su o razini buke i vibracija na traktorima koji su proizvedeni u razdoblju od 1980. do 2013. godine. Detaljno mjerenje buke provedeno je na pet traktora s kotačima od kojih su tri proizvedena od 2006. do 2012., a dva traktora su proizvedena od 1988. do 1999. godine. MASSEY FERGUSON 6480 (proizveden 2008. godine, 1900 radnih sati), CLAAS ATLES 926 RZ (proizveden 2006. godine, 2100 radnih sati), BELARUS 920.4 (proizveden 2012 godine., 860 radnih sati), T-150K V8 (1988. godina proizvodnje, 6860 radnih sati). NEW HOLLAND 8870 (1999. godina proizvodnje, 9200 radnih sati). Rezultati mjerenja buke u kabinama kod navedenih traktora tijekom oranja i transporta pokazuju da je razina buke u rasponu od 71,5 dB do 92,3 dB. Nadalje, rezultatima mjerenja buke utvrđeno je kako tehnički razvoj traktorskih kabina ima značajan utjecaj na razinu buke koja se sa 90 dB (traktori proizvedeni 1980. – 1990. godine) smanjila do 73 dB (kod traktora proizvedenih 2000. godine i novije). Behroozi Lar i sur. (2012.) ukazuju na razlike u vrijednostima razine proizvedene buke obzirom na konstrukciju traktora, tj. provodili su istraživanja na traktorima sa i bez kabine. Rezultati ukazuju da je razina buke bila i veća od dopuštene granice kod traktora bez kabine dok je kod traktora sa kabinom bila manja. Istraživanje je obavljeno na traktoru MASSEY FERGUSON 285 pri različitim brzinama gibanja tijekom obavljanja agrotehničkih operacija. Pri mjerenju (na visini vozačevog desnog uha) utvrđeno je kako je pri 1000 okretaja motora u minuti izmjerena razina buke u dopuštenim granicama (78,8 dB), dok je izmjerena razine buke pri 2000 okretaja motora u minuti bila viša od dopuštene granice od 90 dB. Nadalje, utvrđeno je kako je rukovatelj bio izložen opasnosti u takvome okruženju, a kao uzrok više razine buke navedeni su: starost, težina obavljanih radova i nedovoljna briga o traktoru (Ghotbi i sur., 2013.). Behesht i Ghandhari (2015.) navode kako je buka na jednoosovinskom traktoru posljedica rada motora. Kao rješenje su predložili promjene na konstrukciji jednoosoviskog traktora, postavljanju ispušnih prigušivača koji bi stvarao pad tlaka, trenja i promjene u smjeru strujanja fluida te rasporedio ukupnu energiju tekućine i smanjio intenzitet buke. S obzirom na opseg uporabe tih uređaja naglašavaju na važnost provođenja preventivnog i redovitog održavanja jednoosovinskog traktora.

Aybek i sur. (2010.) na temelju analize svoje studije navode kako se u kabini traktora izmjerena razina buke preporuča smanjiti ispod granice opasnosti tijekom agrotehničkih operacija. Pri radu traktora bez kabine preporuča se korištenje zaštitnih uređaja koji mogu smanjiti ekvivalentnu razinu zvučnog tlaka od 10 do 45 dB. Kuznetsov i sur. (2016.) u istraživanju navode kako je razina buke na radnom mjestu povezana s korištenjem malih alata i opreme, te je stvarna prijetnja zdravlju rukovatelja. Rezultati istraživanja pokazuju da je maksimalna vrijednost ekvivalentne razine buke bila 81,2 dB, a minimalna 70,0 dB. Intenzitet smanjenja akustične razine tlaka u frekvencijskom pojasu je 0,3 - 0,4 dB po 1 metru udaljenosti od izvora zvuka. Goglia i sur. (2000.) analizom buke emitirane od traktora AGROMEHANIKA AGT 830 navode da su najviše razine zvučnog tlaka izmjerene na srednjoj frekvenciji od 250 Hz i značajno prelaze dozvoljene granice izlaganja. Najviša je izmjerena ukupna razina buke iznosila 96,4 dB. Mjerenjem buke pri četiri vrste opterećenja u kabini traktora JOHN DEERE 8520 dobivene razine buke bile su ispod dopuštenih granica utvrdili su Goglia i sur. (2005.). Isti autori navode da izmjerena razina buke omogućava rukovatelju stroja komforan rad kroz puno radno vrijeme bez pojave zamora. Goglia i sur. (2007.) mjerenjem razine buke u kabini traktora proizvođača IMT 549 utvrdili su kako ista iznosi 81 dB. Razina mjerene buke ne prelazi vrijednost najviše dnevne ili tjedne razine od dozvoljenih 85 dB te nema opasnosti za oštećenje sluha. Prema Mofrad i sur. (2014.) mjerena je razina buke na traktoru MASEY FERGUSON 399 sa i bez kabine pri 1500, 1750 i 2000 okretaja motora u min^{-1}. Kod traktora bez kabina najviša izmjerena buka iznosila je pri 2000 okretaja motora u min^{-1} 88 dB, dok je kod traktora s kabinom najviša razina buke pri 2000 okretaja motora u min^{-1} iznosila 72 dB što je značajno manja razina buke u odnosu na traktor bez kabine. Na traktoru istog proizvođača mjerena je razina buke pri opterećenju utovara šećera s kabinom i bez kabine. Izmjerene razine buke imale su odstupanja do 1 % u odnosu na punu žlicu šećera i praznu. Vidljivo je kako traktor s kabinom ostvaruje manje razine buke i time osigurava bolje uvjete za rukovatelja stroja. Riccioni i sur. (2015.) obavili su istraživanje koje je trajalo od 1991. do 2012. godine na području Italije. Mjerenje je obavljeno na traktorima s gusjenicama te na traktorima s kotačima sa i bez kabine. Kod traktora s gusjenicama mjerenje je obavljeno na 123 traktora. Kod čak 96 % traktora je razina buke prelazila je 90 dB, samo je 4 % ostalih traktora bilo u granicama od 76,4 do 90 dB. Najniža izmjerena razina buke bila je 76,4 dB dok je najviša bila 106,4 dB. Kod traktora s kotačima ispitano je 432 traktora od čega 77 traktora s kabinom, a ostali su bez kabine. Točno 49,35 % traktora s kabinom imalo je vrijednosti buke ispod 80 dB odnosno 38 traktora, dok

je kod 31 % traktora s kabinom izmjerena buka iznad 90 dB, a kod ostalih razina buke je unutar dopuštenih vrijednosti. Traktori bez kabine mahom su starije proizvodnje te je kod njih od ukupno 355 ispitanih 152 odnosno 43 % prelazilo 90 dB, 107 traktora bez kabine bilo je ispod 80 dB, a ostalih 96 traktora su unutar 80 do 90 dB. Bilski (2013.) navodi rezultate izmjerenih razina buke u rasponu 62,1 do 87,4 dB pri obavljanju različitih agrotehničkih operacija na traktorima raspona snage od 96 do 227 kW, te utvrđuje kako izmjerena prosječna razina buke ne utječe negativno na rukovatelja stroja. Prema Savin i sur. (2006.) mjerena je buka na traktoru marke FENDT 930 u kabini rukovatelja pri punom opterećenju motora (oranju) i iznosila je 77,5 dB. Osim unutarnje mjerena je i vanjska buka na razmaku 7,5 m od uzdužne osi traktora na visini od 1 m. Manja razina buke izmjerena je s lijeve strane traktora (82 dB), dok je veća izmjerena s desne strane (88,9 dB). Razlog zašto je veća buka izmjerena s desne strane traktora je ispušna cijev pogonskog motora smještena sa spomenute strane traktora. Mjerenjem vanjske i unutarnje buke kod traktora YTO 454 razina vanjske buke sa strane ispušne cijevi iznosila je 85,3 dB, dok je sa suprotne strane iznosila 84,2 dB. Izmjerena unutarnja razina buke pri zatvorenim vratima i prozorima iznosila je 88,1 dB, a pri otvorenim vratima i prozorima iznosila je 89,2 dB (Savin i sur., 2011.).

Prema Environmental (2003.) mjerena je buka na utovarivaču kontejnera koji se nalazi na brodovima. Mjerena su obavljena u četiri točke gdje su izmjerene razine buke iznosile redom: u točki A 68,3 dB, u točki B 64,0 dB, u točki C 73,9 dB i u točki D 71,6 dB, dok je vrijednost izmjerene pozadinske buke iznosila 58,5 dB. Suchomel i sur. (2010.) proveli su istraživanje proizvedene razine buke koja utječe na rukovatelja pri radu usitnjavača drveta i utvrdili kako zabilježene vrijednosti buke nisu prelazile dopuštene granice regulirane normama. Za istraživanje su koristili kabinu traktora VALTRA T 191 u kombinaciji s usitnjavačem drveta BOBR 80 S i KESLA FORESTER C 4560 LF. Najviša izmjerena razina buke pri radu s usitnjavačem drveta BOBR 80 S, iznosila je 77,70 dB. Najviša izmjerena razina buke pri radu s usitnjavačem drveta KESLA FORESTERI C 4560 LF iznosila je 76,70 dB. Prema Plaščak i sur. (2015.) pri tehnološkoj operaciji sitnjenja biljnih ostataka izvedena su mjerenja buke u 26 mjernih točaka radi određivanja intenziteta proizvedene buke te praćenja iste sukladno Zakonu o zaštiti na radu (NN, 154/2014.) i ostalim pozitivnim zakonskim aktima koji reguliraju to područje i utvrđeno je kako buka nije prelazila 90 dB. Goglia i Đukić (2005.) navode rezultate istraživanja nekih ergonomskih značajki skidera

(šumarski stroj za pretovar trupaca) ECOTRAC 120V te njihovu kontrolu nakon jedne godine uporabe. U istraživanju su ustanovili kako su izmjerene razine buke u novoj kabini takve da rukovatelj može kroz osmosatno radno vrijeme raditi bez osobnih zaštitnih sredstava. U svim režimima rada izmjerena razina buke niža je od granične osim pri najvišem broju okretaja motora. Vrijeme rada motora pri najvišem broju okretaja zastupljeno je razmjerno manjim udjelom. Autori su utvrdili kako će i ekvivalentna doza buke (100 % doza je maksimalna zadana ekvivalentna razina buke mjerena 8 sati) biti ispod dopuštenih granica. Barač (2013.) mjereći razinu buke unutar i izvan kabine na tri traktora FENDT 410 utvrđuje kako izmjerena razina ne prelazi 90 dB. Isti autor napominje kako je održavanje bitan čimbenik koji utječe na pojavu i razinu buke. Barač i sur. (2014.) istražujući razinu buke na istim traktorima utvrdili su kako je razina emitirane vanjske buke u uvjetima kretanja bila veća kod traktora s manjim brojem radnih sati za razliku od izmjerene razine emitirane buke na mjestu rukovatelja u uvjetima kretanja koje je viša kod traktora s većim brojem radnih sati. Jurić i sur. (1997.); Barač i sur. (2015.) ukazuju kako na pojavu i razinu buke utječu redovite mjere održavanja poljoprivrednog traktora. Celen i Ann (2003.) navode da buka na traktoru NEW HOLLAND L 95 iznosi 81,6 dB na prednjem dijelu, a 80,6 dB na stražnjem dijelu traktora. Barač i sur. (2016.a) pri mjerenju razine buke na traktoru LANDINI POWERFARM DT100A utvrđuju kako niti jedna izmjerena vrijednost ne prelazi dopuštenu granicu od 90 dB. Monazzan i sur. (2012.) istražujući razinu buke na rumunjskom traktoru M-650 utvrđuju najvišu razinu buke pri 1700 okretaja motora. Isti autori navode da na lijevoj strani buka iznosi 91,6 dB, dok na desnoj strani 98,6 dB. Autori navode da ovaj traktor pri 850 okretaja motora, proizvodi razinu buke od 87,2 dB na lijevoj strani te 85,9 dB na desnoj strani. Potočnik i Poje (2010.) istražujući zagađenost okoliša bukom analiziraju tri čimbenika koji imaju utjecaj na širenje buke, pri radu s motornom pilom „Stihl“ Najviši utjecaj na smanjenje buke ima oblik izvora buke te godišnje doba (uvjeti okoliša) napominju autori.

Izmjerena razina buke na mjestu rukovatelja traktora bez priključnog stroja manja je tijekom gibanja na makadamskoj cesti, u odnosu na izmjerenu razinu buke pri agrotehničkoj operaciji sjetve (Pobedin i sur., 2015.). Abd-El-Tawwab i sur. (2000.) istražujući proizvedenu razinu buke na mjestu rukovatelja traktora s kabinom i bez kabine, a pri gibanju po agrotehničkoj podlozi, utvrdili su kako je kod traktora bez kabine izmjerena viša razina buke (94 dB) u odnosu na traktor s kabinom (88 dB). Barač i sur. (2016.b) obavili su mjerenje proizvedene razine buke na traktorima marke FENDT 410. Isto je provedeno na mjestu

rukovatelja unutar i izvan kabine poljoprivrednog traktora. Utvrđeno je kako niti jedna izmjerena vrijednost ne prelazi dopuštenu granicu od 90 dB. Prema Barač i sur. (2016.b; 2016.c) obavljeno je istraživanje na tri traktora FENDT model 410 s ciljem utvrđivanja promjene proizvedene razine buke u odnosu na povećani broj radnih sati traktora. Rezultati su pokazali da niti jedan od ispitivanih traktora nije proizveo višu razinu buke od dozvoljenih 90 dB. Vallone i sur. (2016.) navode kako je na ispitivanih šest traktora na tri lokacije izmjerena najniža srednja vrijednosti buke na traktoru (T1) 90,15 dB, dok je najviša razina izmjerena na traktoru (T6) 99,68 dB. Ostali traktori bili su između traktora (T1 i T6). Mjerenje razine buke obavljeno je na pet kosilica. Izmjerene vrijednosti buke pri frekvenciji zvuka od 125 do 2000 Hz prelazile su vrijednosti od 85 dB (Tint i sur., 2012.). Seifi i sur. (2016.) u istraživanju gdje je mjerena razina buke u odnosu na vrste goriva navode kako je vrsta goriva znatno utjecala na razinu buke motora. Osim pri 1900 okretaja motora u min^{-1}, razlike između količine buke motora pri učestalosti paljenja i ostalih utjecaja bile su veće od 10 dB. Kod svih mješavina goriva, emisija buke motora bila je vrlo visoka u položaju rukovatelja te isti ne bi smio upravljati traktorom dulje od 1 sat. Calvo i sur., (2016.) istražujući razinu buke na šest rukovatelja na javnim i privatnim površinama pri košnji trave utvrđeno je kako vrijednost buke prelazi 87 dB kod rukovatelja 1, 2 i 4 (javna površina) te kod rukovatelja 6 (privatna površina). Razina buke kod rukovatelja 5 (privatna površina) prelazi 85 dB, dok jedino kod rukovatelja 3 (javna površina) ne prelazi 80 dB.

Istraživanje Khadatkar i sur. (2017.) obavljeno je na pet rukovatelja traktora i pet uredskih radnika s ciljem određivanja razine buke s lijeve i desne strane. Izmjerene vrijednosti prikazuju kako je viša razine buke s lijeve i desne strane izmjerena kod rukovatelja poljoprivrednog traktora u odnosu na uredske radnike. Uspoređujući frekvencije i buku vidljivo je kako na rasponu frekvencije od 1250 Hz do 8000 Hz buka nije prelazila 40 dB. Zewdie i Pavel (2017.) u istraživanju obavljaju mjerenje razine buke unutar kabine na dva kombajna (E517 i CLAAS 450) i tri traktora (ZETOR 7711, CASE IH i ZETOR 7045). Utvrđeno je kako razina buke nije prelazila 85 dB. Najniža razina buke izmjerena je unutar kabine traktora CASE IH (72,8 dB) dok je najviša razina buke izmjerena na traktoru ZETOR 7711 (84,3 dB), ostali su bili između najniže i najviše vrijednosti razine buke.

1.1.2. Vibracije

Svako gibanje koje se ponavlja u nekom vremenskom razdoblju nazivamo vibracijom. Uzroci vibracija mogu biti različiti, primjerice rad mehaničke opreme: grijanje, ventilacija, klima-uređaji. Vibracije na strojevima su vibracije motora koje se prenose na stroj. Vibracije često ukazuju na propust učinjen pri montaži, tako one mogu biti uzrok nezategnutog vijčanog spoja pri montaži motora ili nezategnutog remenskog prijenosa (Grubišić i Guljaš, 2010.). Broj oscilacija u jedinici vremena naziva se frekvencija, a jedinica za frekvenciju je Hertz (Hz). Prema frekvenciji vibracije mogu biti: visokofrekventne, srednje frekventne i niskofrekventne (vibracije ispod 16 Hz).

Anđelović i Jovanović (2009.) napominju da ljudsko tijelo percipira i apsorbira vibracije od 1 do 1000 Hz. Isti autori navode kako je za bolje razumijevanje frekvencija vibracija potrebno je razumjeti pojam pomaka, brzine i ubrzanja vibracija. Pomak predstavlja udaljenost tijela od njegovog ravnotežnog položaja, a izražava se u m i stalno se mijenja. Brzina vibracija je udaljenost koju vibrirajuće tijelo prijeđe u jedinici vremena, a izražava se u ms^{-1}. Ubrzanje vibracija je promjena brzina vibracija u jedinici vremena, a jedinica mu je ms^{-2}. Vibracije predstavljaju oscilatorno gibanje čvrstih tijela ili čestica tijela u području infrazvučnih i djelomično zvučnih frekvencija. Čovjekovo izlaganje vibracijama možemo podijeliti u tri grupe: one koje izazivaju umor i narušavaju djelotvornost rada, one koje narušavaju zdravlje samoga radnika na pojedinom radnom mjestu i one koje narušavaju udobnost na pojedinom radnom mjestu (Griffin, 1990.; Stanković i Tričković, 1984.).

Vibracije na radnom mjestu rukovatelja poljoprivrednog traktora rezultat su interakcije gibanja, podloge, rada priključnog stroja i traktorskog pogonskog agregata navode (Matthews, 1966.; Stayner i Bean, 1975.; Lines i sur., 1995.). Proizvedene vibracije se na cijelo tijelo rukovatelja prenose sa kola upravljača, upravljačkih ručica i poluga, te sjedala i poda kabine napominju isti autori.

Proizvedene razine vibracija na traktoru tijekom uporabe često su više od međunarodno prihvaćenih razina i mogu se svrstati u: sinusne (neizravne) i nasumične (slučajne, izravne), (HRN ISO 2631-1, 1999.). Mehaničke vibracije koje utječu na rukovatelja traktora mogu se podijeliti u dvije grupe: pravocrtne i rotacijske (ili kutne) ukazuju Sanders i McCormick

(1987.). Opće se vibracije javljaju kada se rukovatelj nalazi u vibrirajućoj sredini. Njihovo djelovanje ima utjecaj na cijelo tijelo. Pravocrtne vibracije (uzdužne-x, poprečne-y i vertikalne-z) prenose se na rukovatelja u odgovarajućim smjerovima u prostornom koordinatnom sustavu čije je ishodište u predjelu srca. Sukladno navedenom tri su komponente vibracija (az, ax i ay). Za razliku od općih koje djeluju na kompletno tijelo, lokalne vibracije djeluju samo na pojedine dijelove tijela, a pravac djelovanja ovih vibracija određuje se trima osima. Vibracije koje utječu na sustav ruka-šaka su najčešće uzrokovane ručnim električnim ili pneumatskim alatom, upravljačem stroja i slično (Neugebauer i sur., 2010.).

Najčešće dijagnosticirane profesionalne bolesti u Republici Hrvatskoj prema podacima Hrvatskog zavoda za zdravstveno osiguranje su bolesti izazvane štetnim djelovanjem vibracija (HZZO, 2016.). Grubišić i Guljaš (2010.) navode kako vibracijski sindrom predstavlja ozbiljan zdravstveni problem, a poznato je i da većina profesionalnih sjekača u šumarstvu ima problema s nekom od posljedica vibracijskog sindroma. Intenzivne vibracije niskih frekvencija koje se prenose na šake i ruke mogu također uzrokovati degenerativne promjene u kostima šake, zglobovima prstiju i ručnog zgloba, kao i u području lakta i ramena. Najefikasniji prigušivači vibracija u ljudskom tijelu su upravo zglobne i zračne šupljine. 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.). Izloženost vibracijama visokih frekvencija tijekom godina može dovesti do poremećaja krvotoka u prstima, pa rukovatelji mogu patiti od povremenih zdravstvenih poteškoća u kojima prsti pobijele i javlja se gubitak osjećaja u prstima (bijeli prsti ili vibracijski sindrom sustava šaka-ruka) (Neugebauer i sur., 2010.). Čitava skupina profesionalnih bolesti koje su posljedica dugotrajnih izlaganja povišenim razinama vibracija naziva se vibracijski sindrom (Hand arm vibration syndrom). Kod rukovatelja izloženih ovim vibracijama mogu se javiti i neurološki poremećaji koji se manifestiraju kao utrnulost, obamrlost prstiju i šaka, smanjenja osjeta dodira i temperature kao i manualne spretnosti (Poplašen i Kerner, 2013.)

Prema Goglia i sur. (2012.) napominju da su uz frekvencijsku karakteristiku još dva parametra važna za ocjenu opasnosti izlaganja vibracijama, a to su:

- razine vibracija ili intenzitet i
- vrijeme izlaganja.



Slika 2. Vibracijski sindrom šake i ruke
(Izvor: Rsi faktori rizika, 2004.)

Prema Poplašen i Kerner (2013.) ukazuju da oštećenja zdravlja vibracijama nastaju pri rukovanju alatima na komprimirani zrak i rotirajućim alatom (upotreba motornih pila, industrijska sječa drva, zakivanje metala, rudarski radovi itd.). Tako prenesene vibracije smanjuju udobnost i učinkovitost rukovatelja, a izlaganje vibracijama iznad određenih granica može izazvati trajne posljedice na zdravlje čovjeka. Kod rukovatelja koji su redovito izloženi vibracijama koje se sa strojeva prenose na sustav ruka - šaka nakon nekog vremena može doći do niza oštećenja, odnosno poremećaja u krvožilnom, živčanom ili mišićno-koštanom sustavu ruka - šaka. Krvožilni poremećaji se kod radnika javljaju kao posljedice izlaganja vibracijama te se radnici 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. Rukovatelji s dugotrajnim izlaganjima vibracijama obično se žale na slabost mišića, bolove u šakama i rukama. Vibracije isto tako utječu na smanjenje stiska šake. Cijeni se da je to izravna posljedica mehaničkog oštećenja perifernih živaca, navode isti autori.

Singh (2014.) napominje kako su ozljede kuka, vrata, stražnjice i kralježnice kod rukovatelja traktora posljedica izloženosti vibracijama koje se prenose na trup rukovatelja i zauzimanja nepovoljnog fiziološkog položaja pri sjedenju u traktoru tijekom izvođenja agrotehničkih zahvata. Bogadi-Šare (1993.) i Taboršak (1994.) ukazuju da će se osobama koje su izložene općim vibracijama pojaviti bolest koštano-zglobnog sustava. Isti autori navode da se prvi simptomi oštećenja zdravlja javljaju tek poslije 5 godina konstantnog izlaganja visokim vibracijama. Zeng (2016.) navodi da konstantno izlaganje vibracijama predstavlja veliki rizik po zdravlje. U obzir bi se trebalo uzeti i modificiranje dizajna traktora kako bi se smanjila količina vibracija tijekom radnih operacija. Autor ukazuje na potrebu modificiranja dizajna traktora u cilju smanjenja količine vibracija.

Janeway (1975.) u svojem istraživanju navodi kako pri mjerenju vibracija na traktoru prevladavaju vibracije koje nastaju uslijed gibanja traktora koje ujedno predstavljaju i najopasnije vibracije po zdravlje. Vrijednosti uzdužnih i poprečnih vibracija ovise o vrsti agrotehničkih operacija (Stayner i sur., 1984.). Griffin i sur. (1982.) navode kako skretanje s pravca, promjena nagiba i pojava ljuljanja rezultiraju pojavom kutnih vibracija. Kutne (rotacijske) vibracije obično ne utječu negativno na udobnost rukovatelja, za razliku od vibracija koje djeluju po vertikalnoj osi. U nekim slučajevima, kao što je gibanje traktora po neravnom terenu, promjena nagiba ili ljuljanje sjedala mogu biti značajnije uznemirujuće nego pravocrtne vibracije. Fahy i Thompson (2015.) navode kako se vibracije prenesene na trup rukovatelja javljaju kada se tijelo oslanja na površinu koja vibrira (primjerice rukovatelj sjedi na sjedalu koje vibrira, stoji na vibrirajućem podu ili leži na vibrirajućoj površini). Vibracije se mjere na granici između tijela i površine na kojoj se to tijelo pridržava (primjerice na sjedalu ispod kojih se nalazi motor i za stojeću osobu ispod nogu gdje stoji).

Negativan utjecaj mehaničkih vibracija na radnom mjestu rukovatelja poljoprivrednog traktora pokušava se smanjiti ogibljenjem sjedala i traktorske kabine te ogibljenjem prednjeg mosta. Najraširenij način zaštite rukovatelja od utjecaja mehaničkih vibracija je ogibljenjem sjedala jer upravo ta vrsta ogibljenja u odnosu na spomenuta ima prednosti koje se očituju u: jednostavnijoj konstrukciji ogibljenja, većoj pouzdanosti, jednostavnijem održavanju te nižoj cijeni koštanja.

Gomez-Gil i sur. (2014.) navode kako su moderni traktori često opremljeni raznim komponentama s ciljem smanjenja vibracija koje se prenose na rukovatelja. Uporaba modernih pneumatika niskog tlaka zraka pozitivno djeluje na razinu vibracija budući se smanjenjem tlaka zraka u pneumaticima smanjuje i razina vibracija. Isti autor tvrdi kako pneumatsko ogibljenje sjedala i kabine, te ogibljenje prednjeg mosta značajno utječu na smanjenje razine vibracija (gdje ogibljenje prednjeg mosta uspije smanjiti vrijednost vibracija koje djeluju na rukovatelja za čak 30 %). Pobedin i sur. (2016.) navode da se u kabini mogu instalirati prigušivači vibracija kako bi se smanjila količina vibracija koje utječu na trup rukovatelja. Primarni uzrok povećanja vibracija koje utječu na rukovatelja je rezonancija tijekom rada stroja. Isto tako ukazuju na upotrebu elastomerni (elastičnih) prigušivača vibracija kao i aksijalnih prigušivača (koji smanjuju ukupnu količinu vibracija i do 33 %) ukazuju (Shinde i Jadhav, 2016.).

Petrović i sur. (2005.) upozoravaju da su faktori koji utječu na pojavu vibracija izravno povezani sa silama i momentima koji nastaju u motoru izazvanim procesom rada, načinom ugradnje motora, odnosno prenošenjem vibracija od motora preko transmisije i konstrukcije do sjedala rukovatelja. Nadalje od interakcije neravnih podloga, terena, traktora, vrste pneumatika (radijalni ili dijagonalni), elastičnosti pneumatika, tlaka zraka u pneumaticima i slično. Mnogobrojne faktore koji utječu na pojavu vibracija, a koji se putem elastičnih, polu elastičnih i krutih veza prenose do sjedala vozača, teško je eliminirati, ali različitim konstrukcijskim izvedbama intenzitet vibracija se može smanjiti. Behesht i Ghandhari (2015.) navode kako je djelovanje vibracija na rukovatelja pri radu sa kultivatorima posljedica rada motora. Đukić i Goglia (2007.) navode kako je uz rad većine strojeva vezana i pojava vibracija koje nastaju tijekom rada i u praksi ih je teško izbjeći. One se obično pojavljuju zbog promjenjivog djelovanja proizvodnih tolerancija, zazora, kontakata među dijelovima strojeva pri kotrljanju i trenju te zbog neuravnoteženih sila u rotirajućim i povratnim dijelovima. Vibracije su bitne pri praćenju stanja strojeva (održavanje strojeva prema stanju), ali i zbog njihovog utjecaja na kvalitet obrade materijala (pogotovo je važan utjecaj samopoticajnih vibracija alata, zbog čega nastaju značajna odstupanja kvalitete). Ako razine vibracija prelaze određene granice, mogu utjecati na udobnost, ali i na zdravlje rukovatelja.

Mehaničke ozljede većinom su posljedica djelovanja prevelike sile na tijelo rukovatelja. Rukovatelj poljoprivrednog traktora najviši dio svog radnog vremena (70 % i više) provede sjedeći. Chow i Odell (1978.) navode da tijekom sjedenja tlak koji djeluje na sjedeću površinu rukovatelja ima jednu od glavnih uloga u nastajanju kožnih čireva. Povećani tlak tijekom dužeg sjedenja može smanjiti dotok krvi u tkiva. Dobar jastuk na sjedalici raspoređuje tlak ravnomjernije po površini kože rukovatelja te se smanjuje učestalost pojave čireva i produljuje podnošljivo razdoblje s obzirom na položaj tijela pri sjedenju.

Istraživanja vezana za mjerenje promjene tlaka na sjedalu rukovatelja bila su do pojave i uporabe senzora teško provediva. Veliki broj senzora nije namijenjen radu u dinamičkim uvjetima opterećenja (Drummond i sur., 1982.; Holley i sur., 1979.; Jaros i sur., 1988.).

Niske frekvencije vibracija nastale tijekom vožnje traktora predstavljaju značajan problem rukovateljima koji se manifestira u smanjenoj koncentraciji rukovatelja, uznemirenošću rukovatelja i mogućnosti ozljede kralježnice. Iste su tek nedavno zakonodavstvom uvedene kao preporučena ograničenja izloženosti rukovatelja vibracijama cijelog tijela (Direktiva, 44/2002.).

Tanković i sur. (2015.) navode kako Europska zajednica smatra da je rizik oštećenja zdravlja zanemariv tijekom osmosatnog izlaganja vibracijama ubrzanja do 1 ms^{-2}. Ako je ubrzanje vibracija do 2,5 ms^{-2} potrebno je radnike upoznati sa opasnostima od djelovanja vibracija, ako je pri ubrzanju vibracija 2,5 - 5 ms^{-2} predložen je zdravstveni nadzor zbog otkrivanja ranih znakova djelovanja vibracija. Kod vrijednosti ubrzanja iznad 5 ms^{-2} mogu se očekivati jasna oštećenja zdravstvenog stanja. Isti autori navode kako radnici smiju biti izloženi djelovanju vibracija ubrzanja 20 ms^{-2} i više samo tijekom nekoliko minuta i uz sve raspoložive zaštitne mjere. Direktiva o vibracijama propisuje upozoravajuću vrijednosti izloženosti, iznad koje su poslodavci dužni kontrolirati rizike koji su proizašli iz vibracija koje se prenose na trup i sustav ruka-šaka, kao i graničnu vrijednost, koja u profesionalnim uvjetima ne smije biti premašena (Direktiva, 44/2002.). Prema Pravilniku o zaštiti radnika (NN, 155/2008.) granične vrijednosti i upozoravajuće vrijednosti izloženosti vibracija su slijedeće:

- Vibracije koje utječu na sustav ruka-šaka rukovatelja:

- granična vrijednost dnevne izloženosti, normirana na referentno razdoblje od osam sati iznosi 5 ms^{-2},
- upozoravajuća vrijednost dnevne izloženosti, normirana na referentno razdoblje od osam sati iznosi 2,5 ms^{-2} i

▪ Vibracije koje utječu na trup rukovatelja:

- granična vrijednost dnevne izloženosti, normirana na referentno razdoblje od osam sati iznosi 1,15 ms^{-2}
- upozoravajuća vrijednost dnevne izloženosti, normirana na referentno razdoblje od osam sati iznosi 0,5 ms^{-2} (Direktiva, 44/2002.; NN, 155/2008.).

Futatsuka i sur. (1998.) mjereći vibracije na poljoprivrednim strojevima zaključuju kako rukovatelji na pojedinim strojevima ne bi trebali raditi cijelo osmosatno radno vrijeme jer su bili izloženi vibracijama većim od preporučenih. Cardinale i Wakeling (2005.) navode kako zbog 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, a ukoliko se iste nastave to može dovesti do ozbiljnih zdrastvenih problema.

Istraživanjima razine proizvedenih vibracija na radnom mjestu rukovatelja ocjenjuje i njegov subjektivni osjećaj udobnosti, koji se dijele na: neugodno, nervozno i vrlo neugodno. Isti autori navode kako su pokušali povezati fizičke karakteristike vibracija (od kojih su najznačajnije frekvencija i ubrzanje) kako bi se dobila s procjenom udobnosti rukovatelja stroja (Ashley, 1970.; Shoenberger i Harris, 1971.; Jones i Saunders, 1972.; Oborne i Clarke, 1974.). Istraživanja uglavnom rezultiraju jednakom definicijom udobnosti za kombinaciju frekvencije i ubrzanja ukazuje Oborne (1976.).

Deboli i sur. (2008.) istraživali su proizvedene vibracije na četiri traktora koji su bili opremljeni različitim pneumaticima pri gibanju na tri različite podloge (makadam, asfalt i kombinacija makadama i asfalta u kojoj su se prilikom gibanja traktora dva kotača vozila po makadamu, a druga dva po asfaltu). Bez obzira na tip pneumatika sve izmjerene vibracija bile su najniže na asfaltnoj podlozi. Servadio i sur. (2007.) istraživali su razinu vibracija koje se prenose na tijelo rukovatelja na asfaltu tijekom gibanja traktora. Mjerenja su obavljena na traktorima sa dva različita tipa pneumatika pri brzinama gibanja od 11,1 i 13,9 ms^{-1}.

Izmjerene srednje vrijednosti vibracija koje utječu na rukovatelja nisu prešle dozvoljene granice djelovanja vibracija na trup. Vibracije koje utječu na tijelo rukovatelja možemo smanjiti ogibljenjem sjedala, ogibljenjem prednjeg mosta i kabine te ogibljenjem oruđa, napominju isti autori. Nekoliko studija simuliralo je karakteristike vibracija tijekom vožnje na ogibljenim traktorima. Iako, u rijetkim slučajevima simulacija je dala različite rezultate od mjernih rezultata (Dale, 1978.). Isti autor je opisao linearnu simulaciju temeljenu na traktoru sa zaokretnom prednjom osovinom i linearnim svojstvima guma.

Cheng i sur. (2015.) istražuju razinu vibracija koja utječe na trup rukovatelja te mogućnost apsorpcije vibracija pomoću hidrauličkog sustava. Rezultati istraživanja ukazuju kako se tijekom rada s traktorom koji je bio agregatiran nošenim oruđem, vrijednost vibracija povećala. Njihova razina bila je ispod dopuštenih granica. Uslijed većeg opterećenja prednjih kotača došlo je do lošijeg upravljanja traktorom, napominju autori. Langer i sur. (2015.) navode kako se vrijednost vibracija povećava ili smanjuje obzirom na radnu površinu. Vožnja uzbrdo i nizbrdo s pogonom na sva četiri kotača pokazala se kao najviše povećanje količine stvorenih vibracija s usporednom na vožnju pri ravnom tlu imala je za posljedicu povećanje razine vibracija obzirom na razinu vibracija pri gibanju traktora po ravnom terenu.

Cvetanović i sur. (2014.) navode gdje pojedine studije ukazuju da oko 10 % svih rukovatelja traktora tijekom osmosatnog radnog vremena, izloženo razinama vibracija iznad dnevne granične vrijednosti izloženosti. Ukoliko je slučaj da je prekoračeno radno vrijeme od navedenog (8 sati) taj postotak je veći 27 %.

Djelovanja vibracija na zdravlje čovjeka su brojna. Često se zbog udruženosti vibracija sa drugim profesionalnim opasnostima i štetnostima. Ne može se potpuno jasno uspostaviti uzročno posljedična veza između djelovanja vibracija i oštećenja zdravlja. Kraća, ali i konstantna izloženost visokim vrijednostima vibracijama može izazvati bol u stomaku i grudima, nedostatak daha, mučninu i vrtoglavicu. Dugotrajna i konstantna izloženost može dovesti do poremećaja psihomotornog, fiziološkog i psihološkog sustava. Isti autori mjereći razinu vibracija koje utječu na rukovatelja u stvarnim radnim uvjetima utvrđuju da noviji traktori renomiranih proizvođača imaju znatno manji utjecaj vibracija na rukovatelja u odnosu na starije traktore proizvođača IMT. Autori ukazuju kako nakon osmosatnog radnog

vremena postoji mogućnost kako će doći do nastanka profesionalnih bolesti i upozoravaju da se posljedice konstantnog izlaganja visokoj razini vibracija primjećuju tek nakon pet godina rada (razni poremećaji zdravstvenog stanja). Štetnost djelovanja vibracija je često podcjenjena. Yang i sur. (2009.) navode kako je udobnost vožnje jedan od najkritičnijih faktora za procjenu performansi vozila, te je zanimljiva tema za istraživanje već dugi niz godina. Najučinkovitija je eksperimentalna metoda jer nudi realne rezultate, ali je ona u većini slučajeva vrlo skupa i ograničena sigurnosnim zahtjevima.

Istražujući razinu vibracija koje utječu na rukovatelja, Almeida i sur. (2015.), na traktoru bez kabine (proizvedenom 1997. godine) i sa kabinom (proizvedenom 2014. godine) utvrđuju kako razina vibracija ne prelazi dopuštenu granicu kojoj rukovatelj smije biti izložen. Nadalje, navode kako je razina izmjerenih vibracija manja kod traktora sa kabinom obzirom na traktor bez kabine te da iste nisu prelazile dopuštenu granicu.

Barač i sur. (2016.d) istražujući razinu vibracija koje utječu na trup rukovatelja traktora navode kako su sve vrijednosti izmjerenih vibracija niže od dopuštenih 1,15 ms^{-2}. Ahmadi i Altintas (2013.) navode kako su izmjerene vibracije koje utječu na trup rukovatelja tijekom oranja okretnim plugom niske razine frekvencije (0-3 Hz) te da neće imati štetno djelovanje na zdravlje.

Prosječna starost vozila viša od 15 godina u pravilu negativno utječe na sigurnost i zdravlje rukovatelja (stara sjedala su ergonomski lošija)te je stoga vrlo bitno redovno održavanje traktora u cilju očuvanja zdravlja rukovatelja upozoravaju Cvetanović i Zlatković (2013.). Crolla i Dale (1980.) navode kako su pri vuči prikolice opterećene teretom u odnosu na praznu prikolicu prisutne značajno veće razine vibracija u smjeru sve tri osi, a koje utječu negativno na zdravlje rukovatelja. Barač i sur. (2017.a) navode kako sve izmjerene vrijednosti mehaničkih vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka rukovatelja tijekom agrotehničkih operacija ne prelaze dopuštenu graničnu vrijednost od 5 ms^{-2}. Dewangan i Tewarib (2009.) je obavio istraživanja na makadamu s motokultivatorom pri tri brzine gibanja (1,11, 1,71 i 2,31 ms^{-2}) tijekom transporta i pri tri brzine (0,30, 0,45 i 0,63 ms^{-2}) tijekom obrade tla u smjeru sve tri osi (x, y i z). Razina vibracija iznosila je 5,52 ms^{-2} tijekom transporta i 8,07 ms^{-2} pri obradi tla. Najviše izmjerene vibracije bile u smjeru x osi, zatim z

osi i y osi pri frekvenciji od 31,5 Hz. Analiza (ANOVA) izmjerenih razina vibracije pokazala je statistički značajan utjecaj vibracija koje se prenose na ruke tijekom oba načina rada.

Istražujući utjecaj vibracija koje se prenose na trup rukovatelja sa sjedala, Dewangan i sur. (2015.), obavljaju merenje istih, pri uporabi sjedala s naslonom i bez njega te različitih materijala sjedala ((ravno; od oblikovane poliuretanske pjene (PUF); zračni jastuk) i na krutom sjedalu). Utvrđena je manja razina vibracija prenesena na rukovatelja pri upotrebi sjedala izrađenog od poliuretanske pjene u odnosu na ono sa zračnim jastukom, osim pri nižim frekvencijama. Vibracija znatno su se smanjile pri uporabi sjedala s naslonom u odnosu na ono bez naslona.

Barač i sur. (2017.b) istražuju utjecaj vibracija na sustav ruka-šaka rukovatelja traktora tijekom gibanja traktora po različitim agrotehničkim podlogama i pri izvođenju raspršivanja i malčiranja. Vibracije pri radu raspršivača i malčera na različitim površinama ne prelaze granične vrijednosti te neće imati negativnih utjecaja na sustav ruka–šaka rukovatelja. Obavljeno je mjerenje vibracija koje utječu na trup rukovatelja pri dvije agrotehničke operacije. Utvrđeno je da pri prvom mjerenju u 2017. godini razlike po osima u izmjerenoj razini (koje utječu na trup rukovatelja) tijekom obje operacija nisu bile velike (0.05 do 0.11 ms^{-2}). Najviša promjena prikazana je u smjeru y osi gdje se vrijednost povećala i do četiri puta pri radu s malčerom. Povećanje razine vibracija u smjeru z osi pri radu s raspršivačem može se pretpostaviti da je razlog što je raspršivač nošeni stroj. Pri radu u spremniku se također nalazi i određena količina zaštitnog sredstva, a i traktor tijekom pokreta može naići na otpore na tlu. Svi ti parametri mogu dovesti do povećanja vibracija. Bitno je napomenuti kako niti jedna izmjerena vrijednost vibracija koje utječu na trup rukovatelja nisu prelazile dopuštenu graničnu vrijednost od 1.15 ms^{-2} (Barač i sur., 2017.c).

Gialamas i sur. (2016.) mjerili su razinu vibracija koje utječu na trup rukovatelja tijekom gibanja traktora bez priključnog stroja, gibanja traktora s povećanom brzinom te gibanja s priključnim strojem. Autori navode kako su najviše vibracije izmjerene kada je traktor agregatiran s radnim strojem. Pri agregatiranju traktora sa radnim strojem, pri radu s plugom izmjerene su najviše vibracije i postoje statistički značajne razlike proizvedene vrijednosti vibracija u usporedbi s drugim priključnim strojevima.

Scarlett i sur. (2007.) istražujući vibracije koje djeluju na trup rukovatelja se javljaju kao posljedica rada traktora tijekom obavljanja četiri agrotehničke operacije te utvrđuju kako su vibracije u smjeru x osi, najviše pri agrotehničkoj operaciji transporta (što objašnjavaju brojnim trzajima koje poteznica prikolice prenosi na traktor). Isti autori navode kako količina takvih vibracija ovisi i o podlozi po kojoj se odvija transport.

Utvrđujući utjecaj vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka, Cutini i sur. (2017.) obavljaju istraživanja na dva traktora istih karakteristika tijekom gibanja po četiri agrotehničke podloge, pri dvije brzine (13 i 20 kmh^{-1}) i dva tlaka zraka u pneumaticima (0,9 i 1,6 bar). Najviše izmjerene vrijednosti vibracija su na glatkoj traci pri svim brzinama gibanja i tlakovima zraka u pneumaticima, dok su najniže vrijednosti izmjerene na asfaltnoj podlozi. Uspoređujući slične podloge poljski put i travnatu podlogu te asfalt i testnu traku vidljivo je kako su veće vrijednosti vibracija na poljskom putu pri tlaku zraka u pneumaticima 1,6 bar (pri svim brzinama gibanja) i pri tlaku od 0,9 bar (pri brzini gibanja od 13 kmh^{-1}). Analizirajući podlogu ili razinu vibracija pri gibanju po poljskom putu, travnatoj podlozi i glatkoj traci vidljivo je kako su u korelaciji jedna s drugom (ne gledajući asfaltnu podlogu). Uočljivo je da je razina vibracija na svim podlogama, pri svim brzinama gibanja traktora i tlakovima zraka prešla dopuštenu vrijednost vibracija od 1,15 ms^{-2} osim na asfaltnoj podlozi.

Deboli i sur. (2012.) istražuju razinu vibracija koje utječu na trup rukovatelja, na tri traktora različite snage koji se gibaju različitim podlogama (travnata podloga, tanjurana podloga, asfaltna podloga, poljski put i glatka traka) i različitim brzinama gibanja (10, 14, 30 i 41 kmh^{-1}). Rezultati ukazuju kako niti jedna vrijednost vibracija ne prelazi dopuštenu granicu od 1,15 ms^{-2}. Ova studija za cilj je imala utvrditi da se glatkom testnom trakom mogu simulirati slične podloge tj. razine vibracije na istim podlogama.

Vallone i sur (2016.) istražuju dnevne vrijednosti izloženosti rukovatelja vibracijama na njegovom radnom mjestu. Istraživanje je obavljeno na šest traktora i tri lokacije. Rezultati istraživanja ukazuju da su vibracije na svim traktorima prešle dnevnu vrijednost izloženosti rukovatelja (0,5 ms^{-2}). Kod dva traktora utvrđeno je prekoračenje dnevne granične izloženosti vibracijama od 1,15 ms^{-2}, bez obzira na vrstu tla.

Istražujući razinu vibracija tijekom košnje koje utječu na trup rukovatelja i sustav ruka-šaka, Tint i sur. (2012.) obavili su istraživanje na tri samokretne i dvije traktorske kosilice. Autori su utvrdili da se razine vibracija koje utječu na trup rukovatelja (mjerene na samokretnim kosilicama) iznose u rasponu od najniže 0,11 ms^{-2} do najviše 0,99 ms^{-2}. Kod vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka (koje su mjerene na traktorskim kosilicama) dobivene vrijednosti (2,76-3,72 ms^{-2}) nisu prelazile dopuštenih 5 ms^{-2}.

Tewari i sur. (2013.) nalaze da pri različitim agrotehničkim operacijama (4) i brzinama gibanja traktora (5) razina vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka izmjerena je u rasponu od 2,11 do 2,52 ms^{-2}. Izmjerena razina vibracija koje utječu na trup rukovatelja je u rasponu 0,54 do 0,82 ms^{-2}. Utvrđeno je kako razina vibracija nije prešla dozvoljene granice vibracija od 5 ms^{-2} (sustav ruka-šaka rukovatelja) i 1,15 ms^{-2} (trup rukovatelja).

Calvo i sur. (2014.) navode izmjerene vrijednosti vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka rukovatelja (tri rukovatelja) ručnim tresačima maslina na prednjoj i stražnjoj poziciji ruku. Izmjerene vrijednosti vibracija na prednjoj poziciji (13,37 do 18,45 ms^{-2}) i stražnjoj poziciji (9,94 do 13,10 ms^{-2}) ruku rukovatelja bez opterećenja tresača prelaze dopuštene vrijednosti od 5 ms^{-2}. Iz izmjerenih vrijednosti vibracija pri punom opterećenju vidljivo je povećanje na prednjoj (21,77 do 25,57 ms^{-2}) i stražnjoj poziciji (17,55 do 23,19 ms^{-2}) ruku. Deboli i sur. (2014.) navode u radu gdje je mjerena razina vibracija koje utječe na sustav ruka-šaka rukovatelja tresača maslina na različitim sortama kako vrijednost prelazi dopuštenih 5 ms^{-2}. Raspon vibracija bio je od 10,73 do 18,87 ms^{-2}. Istražujući razinu vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka rukovatelja pri radu s ručnim tresačem u berbi maslina, Lenzuni i sur. (2016.) u laboratoriju na simulatoru stabla utvrđuju razinu istih s ciljem primjene dobivenih vrijednosti vibracija za procjenu možebitnih razina vibracija u eksploataciji. Izmjerene su vibracije koje djeluju u smjeru x osi (8,5 do 33 ms^{-2}), y osi (1,4 do 2,5 ms^{-2}) i z osi (5,2 – 11,3 ms^{-2}) gdje je vidljivo kako vibracije u smjeru x i z osi prelaze dopuštenu granicu od 5 ms^{-2}.

Problematikom utjecaja vibracija na trup rukovatelja i sustav ruka-šaka bavili su se i Calvo i sur. (2016.) istražujući razinu vibracija koje utječu na rukovatelja (6 rukovatelja) tijekom košnje trave. Utvrđeno je kako vrijednost vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka kod jednog rukovatelja prelazi dopuštenih 5 ms^{-2} za 0,06 ms^{-2}. Kod ostalih rukovatelja razina

vibracija bila je manja od dopuštene. Vrijednosti vibracija koje utječu na trup rukovatelja kod svih rukovatelja ne prelazi dopuštenu granicu od 1,15 ms^{-2}.

Deboli i sur. (2017.) .) istražuju utjecaj ogibljenja traktorskog sjedala, agrotehničke podloge, brzine gibanja traktora i tlaka zraka u pneumaticima na razinu vibracija koje utječu na trup rukovatelja. Istraživanje je obavljeno traktorom s pneumatskim ogibljenjem sjedala, pri čemu se isti gibao na različitim agrotehničkim podlogama (asfalt, tanjurana podloga, travnata podloga i poljski put) sa različitim tlakovima zraka u pneumaticima (0,9 i 1,6 bar) i pri različitim brzinama gibanja traktora (2,78 i 5,56 ms^{-1}). Najniža izmjerena vrijednosti vibracija koje utječu na trup rukovatelja pri brzini gibanja 2,78 ms^{-1} i tlaku zraka u pneumaticima 0,9 bar je na asfaltnoj podlozi u smjeru x osi (0,93 ms^{-2}), y osi (0,87 ms^{-2}) i z osi (0,42 ms^{-2}). Najviša vrijednost razine vibracija izmjerena na tanjuranoj podlozi u smjeru x osi (1,60 ms^{-2}) i z osi (0,79 ms^{-2}) te y osi (1,42 ms^{-2}) bile su na poljskom putu. Mjerenjem vibracija pri istoj brzini gibanja traktora 2,78 ms^{-1} i tlaku zraka u pneumaticima 1,6 bar evidentno je kako su najniže vrijednosti na asfaltnoj podlozi u smjeru osi x (0,93 ms^{-2}), osi y (0,85 ms^{-2}) i osi z (0,59 ms^{-2}), a najviše vrijednosti izmjerene su na tanjuranoj površini u smjeru x osi (1,63 ms^{-2}) i y osi (1,38 ms^{-2}) te u smjeru z osi na poljskom putu (0,72 ms^{-2}). Pri brzini gibanja traktora 5,56 ms^{-1} i tlaku zraka u pneumaticima 1,6 bar izmjerena je najniža razina vibracija na asfaltnoj podlozi u smjeru x osi (1,37 ms^{-2}), na travnatoj podlozi u smjeru y osi (1,48 ms^{-2}) i na tanjuranoj podlozi u smjeru z osi (0,65 ms^{-2}). Najviše razine vibracija pri istoj brzini gibanja traktora izmjerene su na tanjuranoj podlozi u smjeru x osi (2,40 ms^{-2}), asfaltnoj podlozi u smjeru y osi (1,96 ms^{-2}) i na poljskom putu u smjeru z osi (0,75 ms^{-2}). Autori utvrđuju kako je vrijednost vibracija prešla dopuštenu granicu (1,15 ms^{-2}) pri svim brzinama gibanja, tlakovima i podlogama osim pri tlaku 0,9 i 1,6 bar i brzini 2,78 ms^{-1} na asfaltnoj podlozi u smjeru x, y osi i na svim podlogama u smjeru z osi te pri brzini od 5,56 ms^{-1} na svim podlogama u smjeru sve tri osi.

1.2. Cilj istraživanja

Cilj istraživanja je utvrditi zavisnost istraživanih veličina (unutarnja buka u kabini traktora, vibracije trupa rukovatelja i vibracije sustava ruka-šaka rukovatelja) i eksploatacijskih parametara (podloga, brzina gibanja i tlak zraka u pneumaticima poljoprivrednog traktora) te izraditi teorijski model optimalizacije brzine gibanja i tlaka zraka u pneumaticima za pojedine istraživane podloge.

Postavljena hipoteza istraživanja je da će se pri različitim eksploatacijskim parametrima, značajno razlikovati i istraživane veličine te da će se izmjerene vrijednosti istraživanih veličina, značajno razlikovati u odnosu na vrijednosti istih veličina u kontroliranim uvjetima tijekom ispitivanja na testnim trakama.

2. MATERIJAL I METODE RADA

Istraživanje je provedeno na proizvodnim poljoprivrednim površinama i pristupnim putovima Poljoprivredne i veterinarske škole Osijek. Cilj je bio izmjeriti proizvedenu razinu buke i mehaničkih vibracija (koje se prenose na trup rukovatelja i sustav ruka-šaka rukovatelja poljoprivrednog traktora). Pri mjerenju gibanje je bilo po četiri različite agrotehničke podloge (slika 3.) i dvije standardizirane (testne trake: glatka i gruba) (slika 4.) sukladno normi HRN ISO 5008 (2001.).



Slika 3. Različite agrotehničke podloge po kojima je obavljeno istraživanje (asfalt (1.), makadam (2.), trava (3.) i poljski put (4.))
(Izvor: Barač, Ž.)

Istraživanje je obavljeno na traktoru proizvođača LANDINI TIPA POWERFARM 100 (tablica 4.) (slika 5.), nominalne snage 68 kW. Isti traktor ima ogibljenje prednjeg dijela odnosno prednjeg mosta i ogibljenje kabine. Ogibljenje sjedala pneumatske je izvedbe. Pri istraživanju je tlak zraka u pneumaticima bio propisani (2,4 bar), manji od propisanog (1,9 bar) i veći od propisanog (2,9 bar) (slika 6.). Brzine gibanja traktora po odabranim

podlogama su odabrane prema normi HRN ISO 5008 (2001.) i iznosile su 6, 5, 4, 3, 2 i 1 kmh^{-1}. Preporučene brzine gibanja po glatkoj traci bile su do 12 kmh^{-1}, a po gruboj traci do 5 kmh^{-1} (HRN ISO 5008, 2001.).



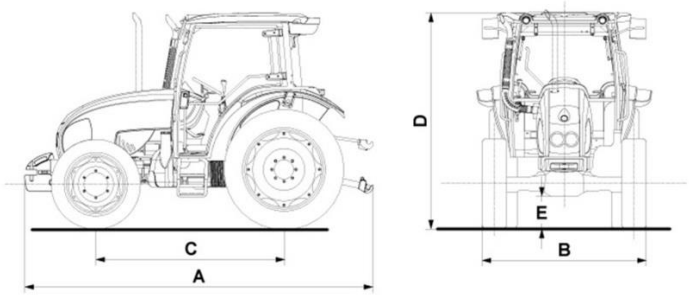
Slika 4. Testne trake (glatka (1.) i gruba (2.))

(Izvor: Barač, Ž.)

Tablica 4. Tehničke karakteristike traktora LANDINI POWERFARM 100

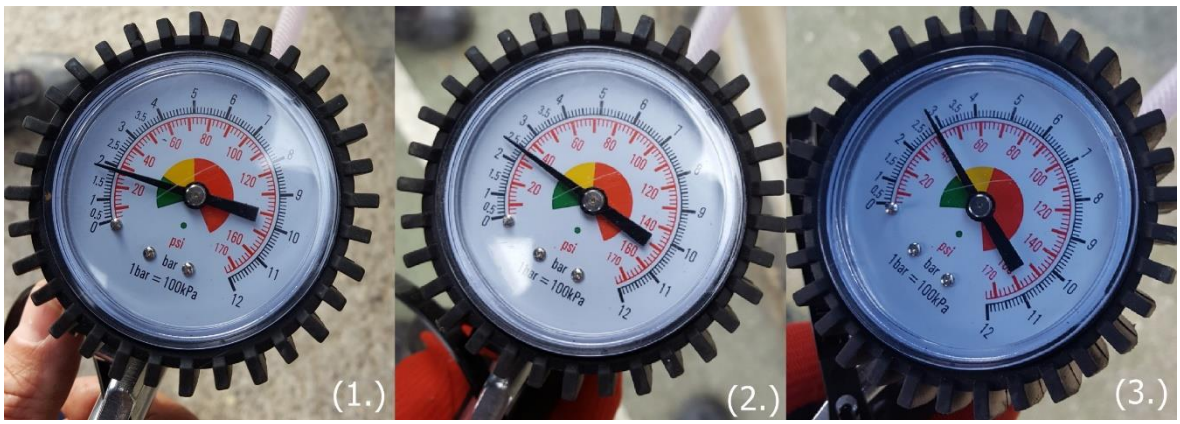
Maksimalna snaga motora (kW/KS)	68/92,5
Maksimalni okretni moment (Nm)	363
Broj cilindara/zapremina (Br/cm^3)	4/4400
Brzine	12+12
Kapacitet podizanja (kg)	260
Obujam spremnika (l)	102
Masa (bez utega i kabine) (kg)	3330
Masa kabine (kg)	150
Pneumatici	18,4-R30
Dužina (A)	4136 mm
Širina (B)	2063 mm
Razmak između osovina (C)	2341 mm
Visina s kabinom (D)	2550 mm
Klirens (E)	453 mm

(Izvor: Tractordata, 2016.)



Slika 5. Dimenzije traktora LANDINI POWERFARM 100

(Izvor: Tractordata, 2016.)



Slika 6. Tlak zraka u pneumaticima pri svim mjerenjima (1,9 bar (1.), 2,4 bar (2.) i 2,9 bar (3.))

(Izvor: Barač, Ž.)

Prema HRN ISO 5008 (2001.) izrađene su dvije testne trake, glatka (dužine 100 m) i gruba (dužine 35 m). Trake su izrađene za svaki red kotača posebno od gume koja je korištena kao podloga i drvenih letvica koje oponašaju neravnine. Letvice su izrađene i postavljene redom u skladu s navedenom normom.

Buka je mjerena zvukomjerom marke METREL tipa MI 6201 MULTINORM (tablica 5.) opremljenim s pripadajućim mikrofonom filtera A (tablica 6.) (slika 7.). Navedeni uređaj uz mjerenje buke namijenjen je i mjerenju temperature zraka, osvjetljenja, relativne vlažnosti i brzine strujanja zraka na radnom mjestu.

Tablica 5. Tehničke karakteristike uređaja METREL tipa MI 6201 MULTINORM

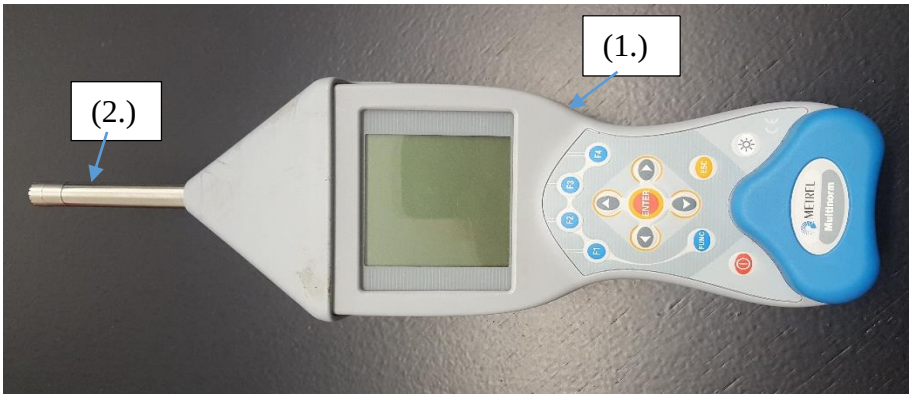
Komunikacija	Serijsko sučelje RS 232 za priključak na računalom, potpuno optički izolirano, 57600 bauda, 9 pinski konektor D-tipa
Memorija	cca. 4000 vrijednosti
Loger	cca. 4000 vrijednosti
Dimenzije (ŠxVxD)	110 x 85 x 220 mm
Masa	0,56 kg (bez baterija)
Baterije	6 x 1,2 V AA, punjive, s unutarnjim punjačem
Zaslon	Grafički LCD s pozadinskim osvjetljenjem, 160 x 160 točaka
Stupanj zagađenja	2
Stupanj zaštite	IP 42
Radna temperature	-10 ºC do 40 ºC
Temperatura skladištenja	-20 ºC do 70 ºC
Maksimalna vlaga	95 % RH, bez kondenzacije

(Izvor: Korisničke upute Metrel, 2004.a)

Tablica 6. Tehničke karakteristike zvučne sonde A 1146

Dimenzije (ŠxVxD)	19 x 19 x 157 mm
Masa	750 g
Stupanj onečišćenja	2
Stupanj zaštite	IP 42
Vlažnost	25 % do 90 %
Temperatura	-10 ºC do 50 ºC
Temperatura skladištenja	-15 ºC do 60 ºC
Vlažnost kod skladištenja	20 % do 80 %, nekondenzirajuća
Osjetljivost	50 mV/Pa
Polarizacijski napon	0 V
Kapacitivnost mikrofona	16 pF
Frekvencijsko područje	20 Hz do 20000 Hz
Mjerno područje (vrednovanja A, C i Z)	30 dB do 130 dB
Dinamičko područje	80 dB
Frekvencija vrednovanja	A, C i Zero
Vremenska vrednovanja	Fast, Slow, Impulse
Napon napajanja	6,6 V do 12 V

(Izvor: Korisničke upute Metrel, 2004.b)



Slika 7. Uređaj za mjerene buke (1.) s pripadajućim senzorom (2.)
(Izvor: Barač, Ž.)

Mjerenjem razine zvučnog tlaka ne dobiva se veličina koja odgovara subjektivnom osjetu buke. Kako bi se to izbjeglo, zvukomjer ima ugrađene elektronične krugove čija osjetljivost varira s frekvencijom na isti način kao uho. Tako simuliraju jednake krivulje glasnoće. Rezultat ovoga su četiri različito standardizirana korekcijska filtera „A“, „B“, „C“ i „D“. Filter „A“ mjeri signal na način koji je obrnuto proporcionalan krivulji glasnoće kod niske razine zvučnog tlaka. Korekcijski filter „B“ odgovara krivulji glasnoće kod srednje razine zvučnog tlaka. Korekcijski filter „C“ je linearan od 30 do 8000 Hz, a filter „D“ je namijenjen za mjerenje buke zrakoplova. U istraživanju, kako je ranije i navedeno, korišten je korekcijski filter „A“ budući da namjene filtera „B“ i „C“ ne odgovaraju subjektivnom osjetu buke zato što su izrađeni za čisti ton. Buka se gotovo uvijek sastoji od složenih tonova. Većina buke kojaje mjerena ima promjenjivu razinu. Zato su standardizirane dvije brzine detekcije odziva, a označene kao „F“ (brzo=125 ms) i „S“ (sporo= 1000 ms). U ovom istraživanju korištena je brzina detekcije odziva „F“, zato što ista u vremenskom razdoblju obavlja više mjerenja (približno 7 mjerenja u sekundi). Iz toga uređaj izračunava srednju vrijednost, u odnosu na „S“ (jedno mjerenje u sekundi) te zato što je to i preporučeno korisničkim uputama, Metrel (2004.). Prijenos i obrada podataka obavljena je programom METREL SOUNDLINK LITE/PRO A 1162.

Zvukomjer je postavljen u prema normi HRN ISO 6396 (2000.) koja nalaže da se mjerenje obavlja unutar kabine rukovatelja traktora pri kretanju.Tijekom mjerenja vrata, prozori ili bilo koji drugi otvori na kabini traktora bili su zatvoreni. Za vrijeme mjerenja ventilacija nije proizvodila strujanje zraka koje će bi moglo utjecati na mikrofon. Rukovatelj traktora na sebi nije nosio odjeću koja bi mogla proizvoditi dodatnu buku ili ujedno i ublaživati buku te nije

nosio kacigu. Visina je rukovatelja kada sjedi od 800 mm do 960 mm i to od sjedeće površine sjedala do vrha glave.

Norma HRN ISO 5131 (2000.) nalaže kako se zvukomjer nalazi 250 mm ± 20 mm od sredine glave rukovatelja i visine 700 mm ± 20 mm iznad referentne točke sjedala i 100 mm ± 20 mm naprijed od referentne točke sjedala kako s lijeve tako i s desne strane (Slika 8.). Navedena norma nalaže kako se 20 m u krugu od ispitivanog traktora ne smije nalaziti zgrada ili nešto slično. Nadalje, brzina vjetra ne smije prelaziti 5 ms^{-1}. Temperatura pri mjerenju mora biti unutar raspona od -5 ºC do 30 ºC i pri mjerenju unutar kabine smije se nalaziti samo rukovatelj traktora.

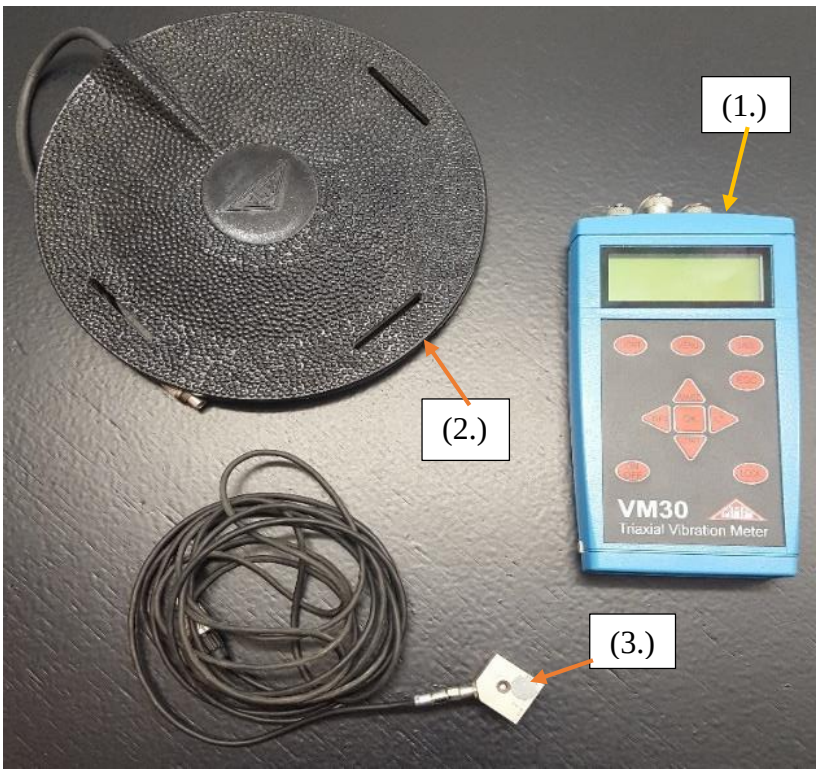


Slika 8. Postavljeni zvukomjer s lijeve (1.) i s desne (2.) strane pri mjerenju na trakama i agrotehničkim podlogama
(Izvor: Barač, Ž.)

U radu su korištene slijedeće kratice (Korisničke upute Metrel, 2004.b):

- L_{eq} – Vremenski usrednjena ili ekvivalentna trajna zvučna razina mjeri se u oba mjerna kanala, najvažnija i najkorištenija veličina. Predstavlja srednju vrijednost zvučne razine za cijelo vrijeme mjerenja.
- LF_{max} – Najviša vremenski usrednjena zvučna razina mjeri se u oba kanala. Predstavlja najvišu vrijednost LAF za cijelo vrijeme mjerenja.
- LF_{min} – Najniža vremenski usrednjena zvučna razina mjeri se u oba kanala. Predstavlja najnižu vrijednost LAF za cijelo vrijeme mjerenja.

Mehaničke vibracije mjerene su uređajem marke MMF tipa VM30 (slika 9.) opremljenim s pripadajućim senzorom za mjerenje vibracija trupa rukovatelja i senzorom za mjerenje vibracija sustav ruka-šaka, one se preko kola upravljača traktora prenose na sustav ruka-šaka rukovatelja (tablica 7.).



Slika 9. Uređaj za mjerenje vibracija (1.) s pripadajućim senzorima za mjerenje vibracija trupa (2.) i sustava ruka-šaka (3.)

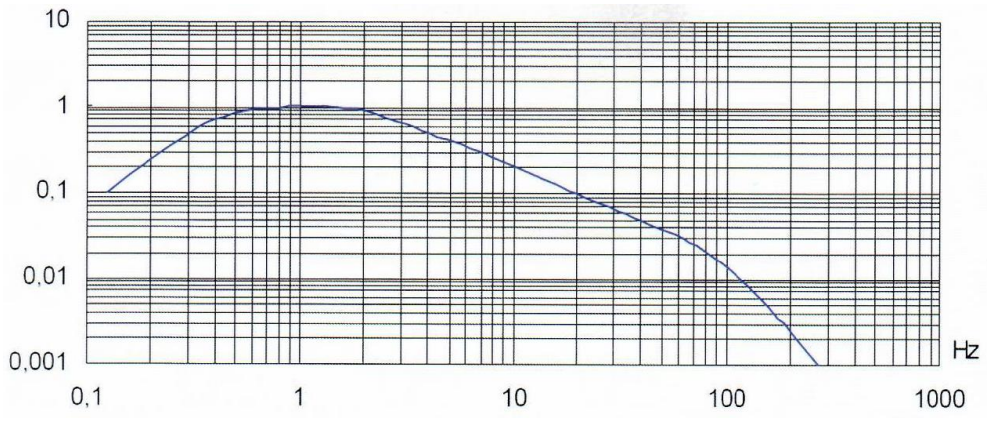
(Izvor: Barač, Ž.)

Tablica 7. Tehničke karakteristike uređaja za mjerenje vibracija MMF tip VM30

Mjerni opseg	Senzor (1 mV / ms^{-2})	Vibracije ljudskog tijela 0,10-12,00 / 1,0-120,0 / 10-1200 / 1000 / 6000 ms^{-2}_{peak}; Ubrzanje 0,10-12,00 / 1,0-120,0 / 10-1200 / 1000 / 6000 ms^{-2}_{peak}; Brzina 0,001-0,120 / 0,010-1200 / 0,10-0,12 / 1,00 / 60,00 ms^{-1}_{peak}; Pomak 0,001-0,120 / 0,010-1200 / 0,10-0,12 / 1,00 / 60,00 mm_{peak}.
	Senzor (10 mV / ms^{-2})	Vibracije ljudskog tijela 0,010-1200 / 0,10-12,00 / 1,0-120,0 / 10 / 600 ms^{-2}_{peak}; Ubrzanje 0,010-1200 / 0,10-12,00 / 1,0-120,0 / 10 / 600 ms^{-2}_{peak}; Brzina 0,10-12,00 / 1,0-120,0 / 10-1200 / 100 / 6000 ms^{-1}_{peak}; Pomak 0,10-12,00 / 1,0-120,0 / 10-1200 / 100 / 6000 ms^{-1}_{peak}.
Mod prikazivanja zaslona		Radna RMS (1 s), maksimum radne RMS (MTVV), interval RMS (do 10 h), vrijednost procijenjene količine vibracija (eVDV), ukupna vrijednost vibracija (A_{hv}), najviša vrijednost (1 s), maksimum najviše vrijednosti i crest faktor
Težinski filteri		W_b, W_c, W_d, W_e, W_g, W_h, W_j, W_k, W_m
Zaslon		Grafički LCD zaslon sa 32 x 120 točaka i LED pozadinskim osvjetljenjem, 3 vrijednosti vibracija sa jedinicama i modom rada
Ulaz za senzore		3 IEPE ulaza, utikač tipa Binder 711, ženski, 4 pina
IEPE napajanje		3 izvora konstantne struje, 2 A, ukupnog napona 20V
Preporučeni senzori		KS943B.10 za mjerenje sustav ruka-šaka (1 mV/s^{-2}) KB103SV-100 za mjerenje vibracija trupa (1 mV/s^{-2})
Memorija		Fleš memorija za 1000 do 3000 izmjerenih vrijednosti, u zavisnosti od moda snimanja
Načini snimanja		Ručno pomoću tipke SAVE ili Logging mod, vremenski kontroliran od 1 s do 10 h
Opseg radne temperature		-20 ºC do 40 ºC
Relativna vlažnost zraka		Manje od 95 %, bez kondenzacije
Dimenzije		165 x 92 x 31 mm^3

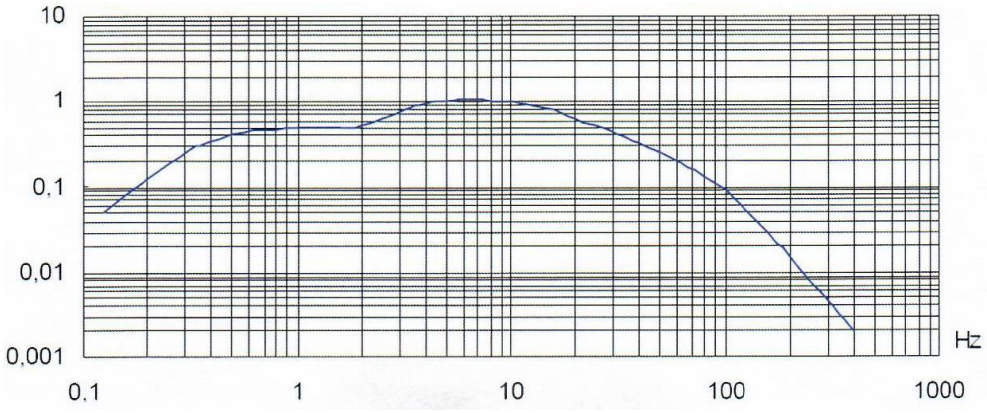
(Izvor: Weber, M., 2006.)

Mjerenje vibracija trupa obavljena su prema propisanim normama HRN ISO 2631-1 (1999.) i HRN ISO 2631-4 (2010.). Normom HRN ISO 2631-1 (1999.) opisane su vibracije koje se mjere u tri predjela rukovatelja koordinatnim sustavom vibracija u smjeru x, y i z osi te koji težinski filter koristiti pri mjerenju. Težinski filteri koji su korišteni pri mjerenju vibracija koje utječu na trup rukovatelja u sjedećem položaju su W_d (mjerenje vibracija u smjeru x i y osi) (slika 10.) i W_k (mjerenje vibracija u smjeru z osi) (slika 11.) (HRN ISO 2631-1, 1999.).



Slika 10. Težinski filteri za mjerenje vibracija koje utječu na trup rukovatelja u smjeru x i y osi (W_d)

(Izvor: HRN ISO 2631-1, 1999.)



Slika 11. Težinski filteri za mjerenje vibracija koje utječu na trup rukovatelja u smjeru z osi (W_k)

(Izvor: HRN ISO 2631-1, 1999.)

Prema HRN ISO 2631-1 (1999.) 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 (ms^{-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 (ms^{-2})

Norma HRN ISO 2631-4 (2010.) navodi smjernice za procjenu učinaka vibracija i rotacijskog gibanja na putnika i udobnost rukovatelja u transportnom sustavu. Navedena norma nalaže kako postaviti senzor za mjerenje vibracija trupa na sjedište (slika 12.), na način da su osi orijentirane prema slijedećem:

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



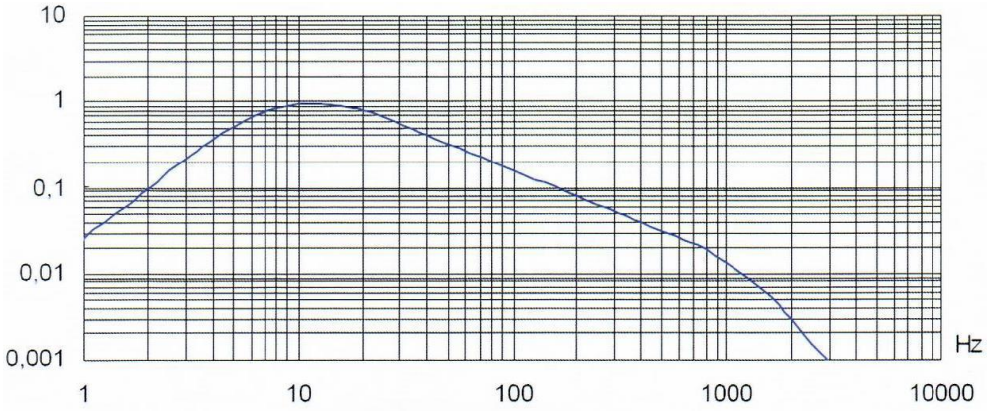
Slika 12. Postavljeni senzor za mjerenje vibracija koje utječu na trup rukovatelja (Izvor: Barač, Ž.)

Mjerenje vibracija sustava ruka-šaka provedene su prema propisanim normama HRN ISO 5349-1 (2008.) i HRN ISO 5349-2 (2008.). Norma HRN ISO 5349-1 (2008.) nalaže kako postaviti senzor na kolo upravljača (slika 13.) te koji težinski filter odabrati. Prema navedenoj normi težinski filter pri mjerenju vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka rukovatelja je W_h (slika 14.). Senzor je postavljen tako da je os x u smjeru gibanja traktora, os y okomito na smjer gibanja traktora i z os vertikalno na smjer gibanja traktora.



Slika 13. Postavljen senzor za mjerenje vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka rukovatelja

(Izvor: Barač, Ž.)



Slika 14. Težinski filter za mjerenje vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka rukovatelja u smjeru x, y i z osi (W_h)

(Izvor: HRN ISO 5349-1, 2008.)

Prema HRN ISO 5349-2 (2008.) navedeno je minimalno vrijeme trajanja mjerenja vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka rukovatelja od 1 minute. U slučaju da je vrijeme trajanja kraće od jedne minute potrebno je uzeti više uzoraka kako bi ukupno vrijeme bilo 1 minuta. Senzor je postavljen bliže hvatišta ruku i čvrsto pričvršćen na kolo upravljača. U više slučajeva dnevna izloženost radnika proizlazi iz niza operacija. Za svaku operaciju i, treba se izmjeriti ukupna vrijednost vibracije, a_{hvi}, te vrijeme izlaganja tom izvoru, T_i. Dnevna izloženost vibracijama $A(8)$, in ms^{-2}, računa se prema:

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

Gdje je:

T_0 referentno trajanje 8 sati (28800 sekundi)

n je broj operacija.

Kako bi se omogućila usporedba između različitih operacija i procjena individualnog doprinosa pojedinog rada na dnevne izloženosti vibracijama *A(8),* izračun parcijalne izloženosti za pojedinu operaciju $A_i(8)$, je prema:

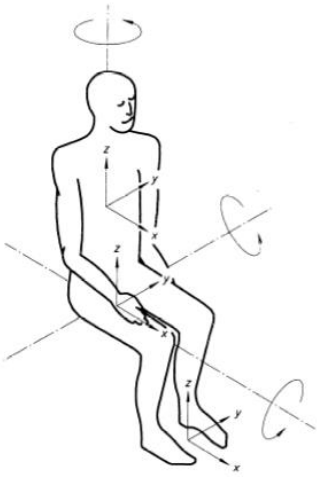
$$A_i(8) = a_{hvi}\sqrt{\frac{T_i}{T_0}}$$

Dnevne izloženosti vibracijama računate su kao:

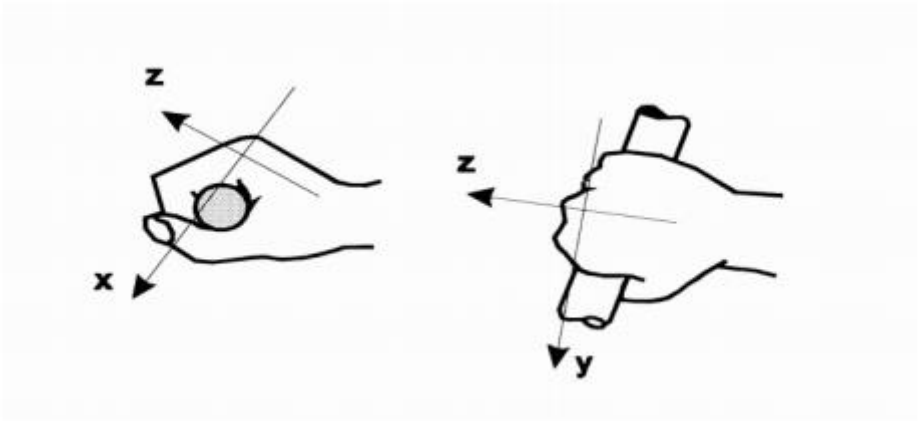
$$A(8) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} A_i^2(8)}$$

Mjerni opseg pri mjerenju vibracija koje utječu na trup rukovatelja i sustav ruka-šaka rukovatelja je 12 ms^{-2}. Korišten je ovaj opseg kako bi dobivene vrijednosti bile dovoljne preciznosti (dvije decimale). Obrada i prijenos podataka obavljen je MICROSOFT EXCEL FILE-om koji uključuje VISUAL BASIC MAKRO (Weber, M., 2006.).

Mjerenja vibracija koje utječu na trup rukovatelja (slika 15.) i sustav ruka-šaka (slika 16.) u sjedećem položaju za određeni dio tijela obavljena su prema koordinatnom sustavu u smjeru x, y i z osi.



Slika 15. Prikaz koordinatnog sustava za određeni dio vibracija trupa u sjedećem položaju (Izvor: HRN ISO 2631-1, 1999.)



Slika 16. Prikaz koordinatnog sustava za sustav ruka-šaka (Izvor: HRN ISO 5349-1, 2008.)

Istraživanje je pri planiranju eksperimenta postavljeno kao trofaktorijalno u kojemu su glavni čimbenici A - podloga (glatka i gruba testna traka s drugim izabranim agrotehničkim podlogama - (6)), B - brzina gibanja (6) i C - tlak u pneumaticima (3). Istraživanjem su dobivene vrijednosti buke unutar kabine traktora, vibracije trupa te vibracije sustava ruka-šaka rukovatelja.

Statistička obrada podataka obavljena je statističkim programom SAS/STAT Software 9.4 (2014./2017.). Statistička obrada i interpretacija rezultata uz deskriptivnu statistiku obuhvaćala je i trofaktorijalnu analizu varijance (ANNOVA – AxBxC) u šest repeticija -

mjerenja. Obavljen je test multiple korelacije i regresijske analize važnijih odnosa između čimbenika kao nezavisnih varijabli te vibracija i buke kao zavisnih.

Zbog velike varijabilnosti rezultata korištenjem prethodnih statističkih metoda, bilo je nužno provesti određenu vrstu grupiranja zavisnih varijabli. Obzirom kako je zavisna varijabla agrotehnička podloga neparametrijska (ordinalna) za potrebe grupiranja iste odabrana je i provedena hijerarhijska analiza analitičkim hijerarhijskim procesom (AHP – Analitycal Hierarchy Process). Rezultat hijerarhijske analize je dendrogram koji je ustvari sažeto vizualizirana matrica različitosti.

Pored navedenih izvora u radu su korišteni podaci iz svjetske literature glede komparacije i dopune s vlastitim istraživanjem.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

3.1. Rezultati istraživanih ergonomskih pokazatelja prema varijantama

U tablicama 8.- 13. iskazane su srednje vrijednosti izmjerene buke na desnoj i lijevoj strani, srednje vrijednosti izmjerenih vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka te vibracija koje utječu na trup rukovatelja stroja, prema varijantama istraživanja A1B1C1 – A6B6C3 i obzirom na svaku agrotehničku podlogu po kojoj se gibao traktor. Izračunat je odnos između najviših i najnižih srednjih vrijednosti mjerenih veličina i predočen kao relativni pokazatelj.

Tablica 8. Vrijednosti istraživanih ergonomskih pokazatelja za glatku traku (A1) prema varijantama istraživanja

Varijante	Buka (dB)		Vibracije sustav ruka-šaka (ms^{-2})			Vibracije trup (ms^{-2})		
	desno	lijevo	x os	y os	z os	x os	y os	z os
A1B1C1	72,933	74,683	1,302	0,472	0,202	0,102	0,102	0,095
A1B1C2	70,633	75,433	1,200	0,805	0,090	0,198	0,098	0,098
A1B1C3	72,117	73,600	1,168	0,703	0,180	0,198	0,095	0,098
A1B2C1	73,167	74,367	1,197	0,633	0,097	0,303	0,205	0,098
A1B2C2	74,200	72,783	0,903	0,433	0,088	0,353	0,198	0,248
A1B2C3	73,667	73,917	1,003	0,533	0,093	0,300	0,103	0,298
A1B3C1	73,367	74,333	1,070	0,672	0,098	0,302	0,297	0,255
A1B3C2	74,783	73,283	1,033	0,568	0,097	0,403	0,200	0,298
A1B3C3	73,150	73,517	0,898	0,627	0,100	0,405	0,203	0,303
A1B4C1	73,200	73,450	0,903	0,735	0,092	0,253	0,553	0,252
A1B4C2	73,950	73,583	0,825	0,667	0,097	0,503	0,300	0,355
A1B4C3	73,200	74,050	0,828	0,665	0,102	0,448	0,302	0,403
A1B5C1	74,000	73,483	0,833	0,797	0,103	0,302	0,698	0,305
A1B5C2	74,133	73,300	0,795	0,825	0,100	0,500	0,302	0,448
A1B5C3	72,750	73,117	0,830	0,668	0,133	0,497	0,300	0,497
A1B6C1	74,350	74,883	0,825	0,833	0,133	0,300	0,853	0,502
A1B6C2	75,767	74,850	0,825	0,768	0,098	0,552	0,502	0,597
A1B6C3	73,633	74,883	0,902	0,803	0,102	0,497	0,503	0,498

A1 glatka traka;

B1 brzina gibanja 1 kmh^{-1}
B2 brzina gibanja 2 kmh^{-1}
B3 brzina gibanja 3 kmh^{-1}
B4 brzina gibanja 4 kmh^{-1}
B5 brzina gibanja 5 kmh^{-1}
B6 brzina gibanja 6 kmh^{-1}

C1 tlak u pneumaticima 1,9 bar
C2 tlak u pneumaticima 2,4 bar
C3 tlak u pneumaticima 2,9 bar

Pri gibanju traktora po glatkoj traci najviša izmjerena vrijednost buke s desne strane rukovatelja bila je u kombinaciji varijante A1B6C2. Najniža vrijednost buke s desne strane

utvrđena je u kombinaciji A1B1C2, dok je u istoj izmjerena najviša vrijednost buke s lijeve strane. Najniže vrijednosti vibracija izmjerene su pri propisanom tlaku zraka u pneumaticima, a najviše u sustava ruka-šaka u smjeru x i z osi izmjerene su pri najnižoj brzini gibanja i tlaku zraka u pneumaticima. Najviše vibracije u smjeru y osi izmjerene su pri najvišoj brzini i najnižem tlaku zraka u pneumaticima. Minimalne vrijednosti vibracija trupa u smjeru sve tri osi izmjerene su pri brzini 1 kmh^{-1}. Najviše izmjerene pri brzine gibanja traktora od 6 kmh^{-1} (tablica 8.). Potrebno je naglasiti da niti jedna vrijednost izmjerenih pokazatelja nije prelazila normama propisane vrijednosti.

Tablica 9. Vrijednosti istraživanih ergonomskih pokazatelja za grubu traku (A2) prema varijantama istraživanja

Varijante	Buka (dB)		Vibracije sustav ruka-šaka (ms^{-2})			Vibracije trup (ms^{-2})		
	desno	lijevo	x os	y os	z os	x os	y os	z os
A2B1C1	75,117	69,800	0,732	0,200	0,027	0,298	0,098	0,103
A2B1C2	70,667	74,900	0,803	0,132	0,020	0,268	0,097	0,102
A2B1C3	71,967	72,433	0,833	0,297	0,048	0,203	0,097	0,102
A2B2C1	74,233	70,633	0,633	0,202	0,067	0,833	0,302	0,433
A2B2C2	73,267	74,000	0,703	0,198	0,058	0,803	0,298	0,402
A2B2C3	72,867	72,600	0,667	0,498	0,055	0,803	0,498	0,302
A2B3C1	74,767	70,100	0,600	0,668	0,147	1,202	1,173	0,803
A2B3C2	73,200	73,933	0,600	0,697	0,142	1,198	0,933	0,672
A2B3C3	73,967	72,767	0,600	0,598	0,177	1,202	0,897	0,572
A2B4C1	74,833	70,617	1,003	1,428	0,097	1,365	2,067	0,870
A2B4C2	73,700	73,933	0,833	1,298	0,097	1,267	1,765	0,800
A2B4C3	73,867	73,300	0,803	1,102	0,098	1,268	1,568	0,632
A2B5C1	76,683	75,267	1,302	2,103	0,402	1,433	2,605	1,072
A2B5C2	75,267	75,400	1,470	2,198	0,598	1,433	2,472	0,998
A2B5C3	74,733	76,433	1,333	2,073	0,602	1,398	2,273	0,997
A2B6C1	78,717	77,933	1,700	2,625	0,772	1,703	2,802	1,503
A2B6C2	77,167	79,067	1,998	2,773	0,897	1,700	2,703	1,768
A2B6C3	76,367	79,133	2,033	2,670	1,133	1,573	2,595	1,498

A2 gruba traka;
B1 brzina gibanja 1 kmh^{-1}
B2 brzina gibanja 2 kmh^{-1}
B3 brzina gibanja 3 kmh^{-1}
B4 brzina gibanja 4 kmh^{-1}
B5 brzina gibanja 5 kmh^{-1}
B6 brzina gibanja 6 kmh^{-1}
C1 tlak u pneumaticima 1,9 bar
C2 tlak u pneumaticima 2,4 bar
C3 tlak u pneumaticima 2,9 bar

Odnos između najviših i najnižih srednjih vrijednosti izmjerene buke s desne strane iznosio je 7,30 %, dok je s lijeve strane bio upola manji (3,64 %). Pri mjerenju vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka ovaj odnos se znatno razlikovao za sve tri osi djelovanja vibracija i

iznosio je 63,77 % za vibracije koje utječu u smjeru osi x, 92,38 % za vibracije koje djeluju u smjeru osi y te 124,44 % u smjeru osi z. Najviši odnos je zabilježen između najviših i najnižih izmjerenih srednjih vrijednosti vibracija koje utječu na trup rukovatelja (441 % u smjeru osi x, 797,89 % u smjeru osi y te 528,42 % u smjeru osi z) (tablica 8.).

Najniže vrijednosti svih ergonomskih pokazatelja izmjerene su kod gibanja traktora po gruboj traci (tablica 9.) pri najnižoj brzini, izuzev pri vibracijama sustava ruka-šaka gdje su izmjerene najniže vrijednosti (0,600 ms^{-2}) u rasponu varijanti A1B3C1 do A1B3C3. U pogledu utjecaja tlaka zraka u pneumaticima uglavnom su najniže vrijednosti izmjerene pri propisanom tlaku, a najviše pri najvišoj brzini gibanja.

Odnos između najviših i najnižih vrijednosti izmjerene buke s desne strane u relativnim pokazateljima iznosio je 11,40 %, buke s lijeve 13,40 %, vibracija sustava ruka-šaka u smjeru osi x 238,83 %, osi y 2000,75 % i osi z 5565,00 %. Isti odnos bio je za vibracije koje utječu na trup, a iznosio je 738,90 % u smjeru osi x, 2788,66 % u smjeru osi y te 1633,33 % u smjeru osi z (tablica 9.).

Tablicom 10. su prikazane vrijednosti buke, vibracije trupa i sustava ruka-šaka pri gibanju a utvrđene gibanjem traktora po asfaltnoj podlozi. Izuzev za vibracije sustava ruka-šaka (gdje su najviše vibracije izmjerene u smjeru osi x i osi z pri najnižoj brzini i nižem tlaku zraka u pneumaticima) sve ostale najviše vrijednosti utvrđene su pri većim brzinama (5 i 6 kmh^{-1}) i u većini pri propisanom tlaku zraka u pneumaticima.

Odnos između najviših i najnižih srednjih izmjerenih vrijednosti za buku s desne i lijeve strane je relativno mali (4,09 % za buku s desne strane odnosno 5,64 % s lijeve strane), za razliku kod vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka (95.70 % u smjeru osi x, 259,90 % u smjeru osi y i 300,00 % u smjeru osi z) kao i vibracija koje utječu na trup (192,50 % u smjeru osi x, 221,05 % u smjeru osi y i 155,00 % u smjeru osi z) (tablica 10.).

Tablica 10. Vrijednosti istraživanih ergonomskih pokazatelja za asfaltnu podlogu prema varijantama istraživanja

Varijante	Buka (dB)		Vibracije sustav ruka-šaka (ms^{-2})			Vibracije trup (ms^{-2})		
	desno	lijevo	x os	y os	z os	x os	y os	z os
A3B1C1	71,800	72,600	1,767	0,698	0,152	0,070	0,082	0,107
A3B1C2	74,200	73,167	1,232	0,202	0,092	0,045	0,102	0,060
A3B1C3	71,700	72,167	0,903	0,370	0,132	0,060	0,060	0,068
A3B2C1	72,400	72,467	1,703	0,535	0,085	0,057	0,043	0,147
A3B2C2	74,467	75,667	1,203	0,625	0,075	0,048	0,038	0,100
A3B2C3	73,167	73,133	1,165	0,700	0,092	0,040	0,048	0,113
A3B3C1	73,667	72,267	1,533	0,498	0,102	0,053	0,043	0,102
A3B3C2	74,633	76,033	1,227	0,570	0,087	0,048	0,062	0,112
A3B3C3	73,633	74,033	1,072	0,633	0,113	0,067	0,060	0,147
A3B4C1	73,667	72,000	1,635	0,530	0,087	0,070	0,065	0,082
A3B4C2	74,367	75,733	1,233	0,633	0,097	0,068	0,070	0,067
A3B4C3	73,300	74,333	1,102	0,633	0,113	0,070	0,063	0,090
A3B5C1	74,067	72,200	1,633	0,533	0,038	0,093	0,080	0,100
A3B5C2	74,633	76,067	1,230	0,627	0,053	0,092	0,112	0,087
A3B5C3	73,600	74,333	1,098	0,703	0,102	0,087	0,088	0,117
A3B6C1	73,867	71,900	1,528	0,633	0,103	0,115	0,105	0,153
A3B6C2	74,500	76,000	1,233	0,697	0,050	0,117	0,122	0,118
A3B6C3	73,767	74,333	1,198	0,727	0,050	0,090	0,093	0,145

A3 asfaltna podloga;
B1 brzina gibanja 1 kmh^{-1}
B2 brzina gibanja 2 kmh^{-1}
B3 brzina gibanja 3 kmh^{-1}
B4 brzina gibanja 4 kmh^{-1}
B5 brzina gibanja 5 kmh^{-1}
B6 brzina gibanja 6 kmh^{-1}
C1 tlak u pneumaticima 1,9 bar
C2 tlak u pneumaticima 2,4 bar
C3 tlak u pneumaticima 2,9 bar

Gibanjem traktora po makadamu (tablica 11.) utvrđena je najviša vrijednost vibracija koja utječe trup u smjeru sve tri osi pri najvišoj brzini gibanja i višem tlaku zraka u pneumaticima. Najniža vrijednost istih izmjerena pri najnižoj brzini gibanja. Najniže i najviše srednje vrijednosti ostalih pokazatelja utvrđene su većinom pri ne propisanom tlaku (C1 ili C3). U kombinaciji A4B3C3 izmjerena je najviša vrijednost buke s lijeve strane dok je najniža srednja vrijednost vibracija koje djeluju na sustav ruka-šaka bila u smjeru osi x. Utvrđene su maksimalne vrijednosti vibracija sustava ruka-šaka u smjeru osi y i minimalne vibracije sustava ruka-šaka u smjeru osi z.

Tablica 11. Vrijednosti istraživanih ergonomskih pokazatelja za makadam (A4) prema varijantama istraživanja

Varijante	Buka (dB)		Vibracije sustav ruka-šaka (ms^{-2})			Vibracije trup (ms^{-2})		
	desno	lijevo	x os	y os	z os	x os	y os	z os
A4B1C1	72,667	72,967	1,765	0,600	0,080	0,083	0,083	0,083
A4B1C2	75,067	74,267	1,272	0,632	0,065	0,085	0,072	0,062
A4B1C3	74,433	74,500	1,197	0,733	0,038	0,110	0,082	0,100
A4B2C1	72,767	74,333	1,233	0,430	0,083	0,145	0,080	0,173
A4B2C2	74,567	74,467	1,297	0,473	0,078	0,127	0,082	0,132
A4B2C3	74,700	75,433	1,175	0,568	0,060	0,182	0,128	0,208
A4B3C1	73,600	73,967	1,202	0,303	0,107	0,200	0,140	0,188
A4B3C2	74,667	74,733	1,173	0,433	0,118	0,192	0,148	0,208
A4B3C3	74,667	75,567	0,932	0,570	0,097	0,267	0,192	0,282
A4B4C1	73,300	72,800	1,233	0,633	0,200	0,260	0,215	0,218
A4B4C2	73,867	74,833	1,135	0,533	0,200	0,223	0,258	0,197
A4B4C3	73,267	75,167	1,127	0,667	0,182	0,322	0,247	0,300
A4B5C1	73,633	73,233	1,270	0,573	0,092	0,278	0,232	0,248
A4B5C2	73,867	74,633	1,168	0,533	0,102	0,283	0,273	0,240
A4B5C3	73,733	75,033	1,165	0,673	0,082	0,380	0,320	0,373
A4B6C1	73,800	72,667	1,333	0,572	0,097	0,325	0,273	0,322
A4B6C2	73,700	74,967	1,225	0,633	0,098	0,315	0,313	0,288
A4B6C3	73,833	74,867	1,035	0,697	0,085	0,452	0,385	0,437

A4 makadam;

B1 brzina gibanja 1 kmh^{-1}
B2 brzina gibanja 2 kmh^{-1}
B3 brzina gibanja 3 kmh^{-1}
B4 brzina gibanja 4 kmh^{-1}
B5 brzina gibanja 5 kmh^{-1}
B6 brzina gibanja 6 kmh^{-1}

C1 tlak u pneumaticima 1,9 bar
C2 tlak u pneumaticima 2,4 bar
C3 tlak u pneumaticima 2,9 bar

Promatrajući odnos između najviših i najnižih srednjih vrijednosti (tablica 11.), uočljivo je da je on najniži pri mjerenju buke s desne i lijeve strane (3,30 % odnosno 3,99 %), značajno izražen kod vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka (89,40 % u smjeru osi x, 141,91 % u smjeru osi y i 426,31 % u smjeru osi z) kao i kod vibracija koje utječu na trup rukovatelja (444,60 % u smjeru osi x, 434,72 % u smjeru osi y i 604,83 % u smjeru osi z).

Pri gibanju traktora po travnatoj podlozi izmjereni rezultati prikazani su u tablici 12. Najniže vrijednosti svih pokazatelja izmjerene su pri varijanti sa manjim brzinama (1 i 2 kmh^{-1}). U kombinaciji A5B6C3 izmjerene su najviše vrijednosti vibracija koje utječu na sustav-šaka u smjeru osi y te najniže vrijednosti vibracija u smjeru osi x. Najviše vrijednosti pokazatelja utvrđene su uglavnom pri najvišoj brzini (6 kmh^{-1}) i ne propisanom tlaku zraka u pneumaticima (C1 i C3).

Tablica 12. Vrijednosti istraživanih ergonomskih pokazatelja za travnatu podlogu (A5) prema varijantama istraživanja

Varijante	Buka (dB)		Vibracije sustav ruka-šaka (ms^{-2})			Vibracije trup (ms^{-2})		
	desno	lijevo	x os	y os	z os	x os	y os	z os
A5B1C1	73,467	72,200	1,802	0,533	0,087	0,093	0,088	0,068
A5B1C2	74,433	74,533	1,528	0,602	0,078	0,073	0,065	0,048
A5B1C3	74,667	75,300	1,168	0,573	0,075	0,057	0,060	0,072
A5B2C1	72,967	72,833	1,773	0,500	0,113	0,122	0,095	0,150
A5B2C2	74,233	75,900	1,448	0,548	0,097	0,058	0,058	0,112
A5B2C3	74,700	75,083	1,205	0,402	0,095	0,080	0,083	0,095
A5B3C1	73,467	73,067	1,433	0,095	0,100	0,205	0,163	0,207
A5B3C2	74,100	76,700	1,273	0,400	0,102	0,073	0,088	0,193
A5B3C3	74,600	75,500	1,033	0,403	0,113	0,123	0,100	0,178
A5B4C1	73,233	72,700	1,433	0,202	0,090	0,227	0,200	0,220
A5B4C2	74,100	75,633	1,203	0,403	0,098	0,105	0,130	0,183
A5B4C3	74,700	74,967	1,005	0,302	0,123	0,143	0,137	0,170
A5B5C1	73,733	72,900	1,368	0,503	0,072	0,282	0,232	0,248
A5B5C2	74,400	75,333	1,072	0,502	0,057	0,133	0,190	0,138
A5B5C3	75,433	74,633	0,932	0,303	0,097	0,182	0,182	0,188
A5B6C1	73,433	72,600	1,275	0,535	0,100	0,300	0,293	0,322
A5B6C2	74,633	75,367	0,935	0,303	0,077	0,173	0,265	0,168
A5B6C3	75,883	75,367	0,870	0,603	0,088	0,197	0,248	0,223

A5 travnata podloga;
B1 brzina gibanja 1 kmh^{-1}
B2 brzina gibanja 2 kmh^{-1}
B3 brzina gibanja 3 kmh^{-1}
B4 brzina gibanja 4 kmh^{-1}
B5 brzina gibanja 5 kmh^{-1}
B6 brzina gibanja 6 kmh^{-1}
C1 tlak u pneumaticima 1,9 bar
C2 tlak u pneumaticima 2,4 bar
C3 tlak u pneumaticima 2,9 bar

Odnos između najviših i najnižih srednjih vrijednosti izmjerene buke s desne i lijeve strane pokazuje neznatnu razliku istog (3,99 % odnosno 6,23 %), što nije slučaj kod vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka gdje je ovaj odnos posebno visok kod vibracija koje utječu u smjeru osi z (115,80 % u smjeru osi x, 426,31 % u smjeru osi y i 570,83 % u smjeru osi z) (tablica 12.).

Tablicom 13. prikazane su vrijednosti ergonomskih pokazatelja utvrđene gibanjem traktora po poljskom putu. Najviše vrijednosti uglavnom su izmjerene u varijantama pri najvišoj (B6) i najnižoj (B1) brzini te propisanom tlaku (C2). Najniže vrijednosti mjerenih veličina utvrđene su pri najnižim brzinama gibanja (B1 i B2), izuzev buke s lijeve strane rukovatelja koja je izmjerena pri najvišoj brzini (B6). Minimalne vrijednosti svih pokazatelja izmjerene

su pri nižem (C1) i propisanom (C2) tlaku zraka u pneumaticima, osim vibracija sustava ruka-šaka u smjeru z osi (C3).

Tablica 13. Vrijednosti istraživanih ergonomskih pokazatelja za poljski put (A6) prema varijantama istraživanja

Varijante	Buka (dB)		Vibracije sustav ruka-šaka (ms^{-2})			Vibracije trup (ms^{-2})		
	desno	lijevo	x os	y os	z os	x os	y os	z os
A6B1C1	71,633	72,533	0,123	0,100	0,080	0,108	0,110	0,158
A6B1C2	72,967	74,067	0,103	0,103	0,060	1,697	0,600	0,012
A6B1C3	72,900	73,167	1,432	0,202	0,045	1,697	0,398	0,040
A6B2C1	72,300	72,533	0,120	0,080	0,160	0,122	0,078	0,188
A6B2C2	72,933	73,333	0,120	0,078	0,143	1,533	0,570	0,060
A6B2C3	72,500	73,400	1,470	0,202	0,092	1,533	0,198	0,047
A6B3C1	71,967	72,300	0,135	0,115	0,257	0,123	0,112	0,207
A6B3C2	72,600	72,600	0,147	0,132	0,300	1,268	0,305	0,088
A6B3C3	72,133	73,100	1,298	0,302	0,102	1,295	0,202	0,080
A6B4C1	72,300	72,733	0,147	0,142	0,242	0,125	0,140	0,218
A6B4C2	72,533	72,467	0,147	0,162	0,252	1,233	0,500	0,082
A6B4C3	72,033	72,533	1,333	0,427	0,102	1,333	0,433	0,067
A6B5C1	72,433	72,000	0,162	0,182	0,228	0,170	0,177	0,225
A6B5C2	72,667	72,367	0,168	0,210	0,242	1,202	0,565	0,040
A6B5C3	72,133	72,533	1,200	0,335	0,092	1,235	0,505	0,090
A6B6C1	72,400	71,700	0,198	0,232	0,230	0,208	0,222	0,262
A6B6C2	72,400	72,033	0,195	0,248	0,253	1,168	0,703	0,103
A6B6C3	72,300	72,167	1,167	0,633	0,095	1,233	0,665	0,097

A6 poljski put;
B1 brzina gibanja 1 kmh^{-1}
B2 brzina gibanja 2 kmh^{-1}
B3 brzina gibanja 3 kmh^{-1}
B4 brzina gibanja 4 kmh^{-1}
B5 brzina gibanja 5 kmh^{-1}
B6 brzina gibanja 6 kmh^{-1}
C1 tlak u pneumaticima 1,9 bar
C2 tlak u pneumaticima 2,4 bar
C3 tlak u pneumaticima 2,9 bar

Odnos između najviših i najnižih vrijednosti buke pri gibanju traktora po poljskom putu najniži je izmjeren u odnosu na sve druge podloge (1,90 %, buka desno i 3,30 %, buka lijevo). Ovaj odnos za vibracije koje utječu na sustav ruka-šaka u smjeru sve tri osi bile su veće obzirom na sve vrste podloge po kojima se traktor gibao izuzev pri gibanju po gruboj traci (1327,2 % u smjeru osi x, 711,53 % u smjeru osi y i 566,66 % u smjeru osi z). Odnos između najviših i najnižih srednjih vrijednosti vibracija koje utječu na trup rukovatelja u smjeru osi x i osi z bio je pri gibanju po poljskom putu veći nego pri gibanju traktora po gruboj traci i to 1471,39 % u smjeru osi x i 2083,33 % u smjeru osi z). Vibracije koje utječu

u smjeru osi y (801,30 %) bile veće od svih izmjerenih pri gibanju po drugim vrstama podloga izuzev grube trake (tablica 13.).

3.2. Rezultati istraživanih ergonomskih pokazatelja prema faktorima

3.2.1. Odnos agrotehničkih podloga, brzine gibanja traktora te tlakova zraka u pneumaticima i razine proizvedene buke

3.2.1.1. Odnos agrotehničkih podloga, brzine gibanja traktora te tlakova u pneumaticima i razine proizvedene buke s desne strane rukovatelja

Iz tablice 14. vidljivo je kako agrotehničke podloge A1 (glatka traka) i A3 (asfaltna podloga) nemaju značajan utjecaj na razinu proizvedene buke. Razlika između najviše vrijednosti kod A2 (gruba traka) i najniže kod A6 (poljski put) bila je svega 2,94 %. Istraživanjem je utvrđeno kako brzine B2 (2 kmh^{-1}) i B4 (4 kmh^{-1}) također nemaju opravdan utjecaj na buku. U pogledu utjecaja tlaka zraka u pneumaticima na razinu proizvedene buke postoje razlike, većinom nesignifikantne. Samo je pri tlaku zraka u pneumaticima C2 (2,4 bar) razlika bila visoko signifikantna.

Sa stanovišta odnosa podloga i buke najviše vrijednosti izmjerene su u varijantama A2 (gruba traka) i A5 (travnata podloga). Ostale vrijednosti buke bile su relativno ujednačene, a najniža vrijednost izmjerena je u varijanti na poljskom putu (72,396 dB). Vrijednosti buke u odnosu na brzinu gibanja bile su veće u B6 varijanti (6 kmh^{-1}), a ostale vrijednosti bile su ujednačene, izuzev u B1 pri brzini 1 kmh^{-1}. Odnos tlakova zraka u pneumaticima promatran kroz buku kretao se u rasponu od 73,554 – 73,613 dB.

Tablica 14. Utjecaj faktora na razinu proizvedene buke s desne strane

Utjecaj agrotehničkih podloga na razinu buke, (dB)			
faktor	Srednja vrijednost buke	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$
A1	73,500	n. s.	n. s.
A2	74,521	0,143	0,188
A3	73,635	n. s.	n. s.
A4	73,896	0,143	0,188
A5	74,232	0,143	0,188
A6	72,396	0,143	0,188
Utjecaj brzine gibanja traktora na razinu buke, (dB)			
faktor	Srednja vrijednost buke	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$
B1	72,965	0,143	0,188
B2	73,506	n. s.	n. s.
B3	73,721	0,143	0,188
B4	73,523	n. s.	n. s.
B5	73,994	0,143	0,188
B6	74,473	0,143	0,188
Utjecaj tlaka zraka u pneumaticima na razinu buke, (dB)			
faktor	Srednja vrijednost buke	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$
C1	73,554	n. s.	n. s.
C2	73,924	0,101	0,133
C3	73,613	n. s.	n. s.
Interakcije istraživanih faktora			
faktori	Srednja vrijednost buke	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$
AB	19,430	0,572	0,753
AC	29,194	0,471	0,619
BC	9,284	0,607	0,799
ABC	9,284	0,607	0,799

A1 glatka traka; A2 gruba traka; A3 asfaltna podloga; A4 makadam; A5 travnata podloga; A6 poljski put

B1 brzina gibanja 1 kmh^{-1}; B2 brzina gibanja 2 kmh^{-1}; B3 brzina gibanja 3 kmh^{-1}; B4 brzina gibanja 4 kmh^{-1}; B5 brzina gibanja 5 kmh^{-1}; B6 brzina gibanja 6 kmh^{-1}

C1 tlak u pneumaticima 1,9 bar; C2 tlak u pneumaticima 2,4 bar; C3 tlak u pneumaticima 2,9 bar

AB interakcija; AC interakcija; BC interakcija; ABC interakcija

Značajno najniža razina buke izmjerena je u interakcijama BC i ABC. Pri navedenim brzinama i tlakovima zraka u pneumaticima, buka je bila značajno niža, vidljivo iz provedene statističke analize.

3.2.1.2. Odnos agrotehničkih podloga, brzine gibanja traktora te tlakova zraka u pneumaticima i razine proizvedene buke s lijeve strane rukovatelja

Provedenom analizom varijance vidljivo je kako agrotehničke podloge A1 (glatka traka) i A2 (gruba traka) nemaju značajan utjecaj na razinu proizvedene buke dok podloge A4 (makadam) i A5 (travnata podloga) nisu visoko signifikantne. To je suprotno od podloga A3 (asfaltna podloga) i A6 (poljski put).

Tablica 15. Utjecaj faktora na proizvedenu razinu buke s lijeve strane

Utjecaj agrotehničkih podloga na razinu buke, (dB)			
faktor	Srednja vrijednost buke	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$
A1	73,973	n. s.	n. s.
A2	74,013	n. s.	n. s.
A3	73,801	0,119	0,157
A4	74,357	0,119	n. s.
A5	74,478	0,119	n. s.
A6	72,642	0,119	0,157
Utjecaj brzine gibanja traktora na razinu buke, (dB)			
faktor	Srednja vrijednost buke	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$
B1	73,462	0,119	n. s.
B2	73,715	n. s.	n. s.
B3	73,766	n. s.	n. s.
B4	73,601	n. s.	n. s.
B5	74,014	0,119	0,157
B6	74,706	0,119	0,157
Utjecaj tlaka zraka u pneumaticima na razinu buke, (dB)			
faktor	Srednja vrijednost buke	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$
C1	72,862	0,084	0,111
C2	74,593	0,084	0,111
C3	74,177	0,084	0,111
Interakcije istraživanih faktora			
faktori	Srednja vrijednost buke	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$
AB	27,762	0,758	0,998
AC	47,710	0,578	0,760
BC	15,747	0,508	0,668
ABC	15,747	0,508	0,668

A1 glatka traka;	B1 brzina gibanja 1 kmh^{-1}	C1 tlak u pneumaticima 1,9 bar	AB interakcija
A2 gruba traka;	B2 brzina gibanja 2 kmh^{-1}	C2 tlak u pneumaticima 2,4 bar	AC interakcija
A3 asfaltna podloga;	B3 brzina gibanja 3 kmh^{-1}	C3 tlak u pneumaticima 2,9 bar	BC interakcija
A4 makadam;	B4 brzina gibanja 4 kmh^{-1}		ABC interakcija
A5 travnata podloga;	B5 brzina gibanja 5 kmh^{-1}		
A6 poljski put	B6 brzina gibanja 6 kmh^{-1}		

Najviša razina buke (A5) u odnosu na najnižu razinu (A6) veća je za svega 2,53 %. Nadalje, istraživanjem je utvrđeno kako brzine B2 (2 kmh^{-1}), B3 (3 kmh^{-1}) i B4 (4 kmh^{-1}) također nemaju opravdan utjecaj na razinu buke te brzina B1 (1 kmh^{-1}) nije značajno opravdana. U pogledu utjecaja tlaka zraka u pneumaticima na razinu proizvedene buke postoje značajne razlike pri svim tlakovima zraka u pneumaticima i to visoko signifikantne. Srednja vrijednost pri propisanom tlaku zraka u pneumaticima C2 (2,4 bar) veća je za svega 2,40 % u odnosu pri manjem tlaku zraka u pneumaticima C1 (1,9 bar).

Vrijednosti buke u odnosu na agrotehničke podloge bile su veće u A2 (gruba traka), A4 (makadam) i A5 (travnata podloga) varijanti, a ostale vrijednosti bile su ujednačene, izuzev u A6 varijanti na poljskom putu. Sa stanovišta odnosa brzine gibanja traktora i buke najviše vrijednosti izmjerene su u varijantama B5 (5 kmh^{-1}) i B6 (6 kmh^{-1}), dok su ostale vrijednosti buke bile relativno ujednačene. Odnos tlakova zraka u pneumaticima C2 (2,4 bar) i C3 (2,9 bar) bio je relativno ujednačen, izuzev tlaka C1 (1,9 bar) koji je iznosio 72,862 dB.

Najviša vrijednost za buku izmjerena je u interakciji AC, što znači da je međusobno djelovanje agrotehničke podloge i tlakova zraka u pneumaticima proizvelo najvišu razinu buke za značajnih 203 % u odnosu su na najnižu vrijednost. Značajno najniža razina buke mjerena je u interakcijama BC i ABC. Pri navedenim brzinama gibanja traktora i tlakovima zraka u pneumaticima, buka je bila značajno niža, vidljivo iz testa analize varijance (tablica 15.).

3.2.2. Odnos agrotehničkih podloga, brzine gibanja traktora te tlakova zraka u pneumaticima i razine proizvedenih vibracija na sustav ruka-šaka

3.2.2.1. Odnos agrotehničkih podloga, brzine gibanja traktora te tlakova zraka u pneumaticima i razine proizvedenih vibracija na sustav ruka-šaka rukovatelja u smjeru osi x

Utvrđeno je kako postoje visoko signifikantne razlike između vibracija u pogledu utjecaja agrotehničkih podloga. Najviša razina vibracija izmjerena je na asfaltnoj podlozi (A3) u odnosu na najnižu vrijednost na poljskom putu (A6) za značajnih 145,52 %. Nadalje, utjecaj brzine gibanja traktora B3 (3 kmh^{-1}) i B4 (4 kmh^{-1}) na vibracije je signifikantan dok kod drugih brzina traktora nije potvrđen. Utjecaj tlaka zraka u pneumaticima na razinu

proizvedenih vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka rukovatelja je visoko signifikantan pri propisanom tlaku (C2). Ovdje je utvrđena najniža vrijednost u odnosu na najvišu pri tlaku zraka u pneumaticima C1 za svega 14,11 %.

U pogledu odnosa podloga i vibracija najviše vrijednosti izmjerene su u varijantama A3 (asfaltna podloga) i A5 (travnata podloga). Ostale vrijednosti bile su relativno ujednačene, a najniža vrijednost izmjerena je na poljskom putu (0,536 ms^{-2}).

Tablica 16. Utjecaj faktora na razinu vibracija sustava ruka-šaka u smjeru x osi

Utjecaj agrotehničke podloge na razinu vibracija, (ms^{-2})			
faktor	Srednja vrijednost vibracija	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$
A1	0,963	0,030	0,039
A2	1,036	0,030	0,039
A3	1,316	0,030	0,039
A4	1,218	0,030	0,039
A5	1,264	0,030	0,039
A6	0,536	0,030	0,039
Utjecaj brzine gibanja traktora na razinu vibracija, (ms^{-2})			
faktor	Srednja vrijednost vibracija	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$
B1	1,129	n. s.	n. s.
B2	1,056	n. s.	n. s.
B3	0,958	0,030	n. s.
B4	0,996	0,030	n. s.
B5	1,057	n. s.	n. s.
B6	1,137	n. s.	n. s.
Utjecaj tlaka zraka u pneumaticima na razinu vibracija, (ms^{-2})			
faktor	Srednja vrijednost vibracija	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$
C1	1,108	n. s.	n. s.
C2	0,971	0,021	0,028
C3	1,088	n. s.	n. s.
Interakcije istraživanih faktora			
faktori	Srednja vrijednost vibracija	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$
AB	2,130	0,194	0,255
AC	5,232	0,115	0,152
BC	1,135	0,127	0,167
ABC	1,135	0,127	0,167

A1 glatka traka;	B1 brzina gibanja 1 kmh^{-1}	C1 tlak u pneumaticima 1,9 bar	AB interakcija
A2 gruba traka;	B2 brzina gibanja 2 kmh^{-1}	C2 tlak u pneumaticima 2,4 bar	AC interakcija
A3 asfaltna podloga;	B3 brzina gibanja 3 kmh^{-1}	C3 tlak u pneumaticima 2,9 bar	BC interakcija
A4 makadam;	B4 brzina gibanja 4 kmh^{-1}		ABC interakcija
A5 travnata podloga;	B5 brzina gibanja 5 kmh^{-1}		
A6 poljski put	B6 brzina gibanja 6 kmh^{-1}		

Vrijednosti vibracija u odnosu na brzinu gibanja traktora bile su veće u B1 (1 kmh^{-1}) i B6 (6 kmh^{-1}), a ostale vrijednosti bile su ujednačene, izuzev u B3 varijanti pri brzini gibanja traktora od 3 kmh^{-1}. Odnos tlakova zraka u pneumaticima C1 (1,9 bar) i C3 (2,9 bar) bio je prilično sličan, izuzev C1 (1,9 bar) a iznosio je 0,971 ms^{-2}.

Najviše vibracije izmjerene su u interakciji AC, što znači da je međusobno djelovanje agrotehničkih podloga i tlakova zraka u pneumaticima proizvelo najviše vibracije. Najniža razina vibracija izmjerena je u interakcijama BC i ABC, a razlika između najviše i najniže vrijednosti bila je čak 361 %. Vidljivo je kako je pri navedenim brzinama gibanja traktora i tlakovima zraka u pneumaticima, razina vibracija bila niža od dopuštene osim pri interakciji AC (tablica 16.).

3.2.2.2. Odnos agrotehničkih podloga, brzine gibanja traktora te tlakova zraka u pneumaticima i razine proizvedenih vibracija na sustav ruka-šaka rukovatelja u smjeru osi y

Utjecaj agrotehničkih podloga na razinu vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka je većinom visoko signifikantan, osim na podlogama A3 i A4. Razlika između najviše vrijednosti kod A2 i najniže kod A6 bila je čak 462 %. Uočeno je kako nije bilo značajnosti pri svim brzinama gibanja traktora B1, B2 i B3 na razinu vibracija. Kod drugih brzina utvrđena je visoko signifikantna razlika. Promatrajući utjecaj tlaka zraka u pneumaticima na razinu vibracija utvrđena je statistička značajnost pri većem tlaku zraka u pneumaticima C3 (2,9 bar) u odnosu na tlakove C1 (1,9 bar) i C2 (2,4 bar).

Najviše vrijednosti odnosa agrotehničkih podloga i vibracija izmjerena je u varijanti A2 (gruba traka). Ostale vrijednosti vibracija bile su relativno ujednačene, a najniža vrijednost izmjerena je u varijanti na poljskom putu (0,215 ms^{-2}). Vrijednosti vibracija u odnosu na brzinu gibanja traktora bile su veće u varijantama B4, B5 i B6, dok su ostale vrijednosti bile ujednačene, osim u B2 varijanti pri brzini 2 kmh^{-1}. Odnos tlakova zraka u pneumaticima promatran kroz vibracije iznosio je u rasponu od 0,586 – 0,655 ms^{-2}.

U interakciji AB (agrotehničke podloge i brzine gibanja traktora) zabilježena je najviša vrijednost vibracija u odnosu na druge interakcije (vidljivo iz provedene analize varijance).

Najniža vrijednost utvrđena je kod interakcije BC i ABC gdje je razlika između najviše vrijednosti (AB) i najniže (AC i ABC) bila visokih 195,71 % (tablica 17.).

Tablica 17. Utjecaj faktora na razinu vibracija sustava ruka-šaka u smjeru y osi

Utjecaj agrotehničke podloge na razinu vibracija, (ms^{-2})			
faktor	Srednja vrijednost vibracija	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$
A1	0,678	0,028	0,037
A2	1,208	0,028	0,037
A3	0,586	n. s.	n. s.
A4	0,539	n. s.	n. s.
A5	0,428	0,0287	0,037
A6	0,215	0,0287	0,037
Utjecaj brzine gibanja traktora na razinu vibracija, (ms^{-2})			
faktor	Srednja vrijednost vibracija	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$
B1	0,442	n. s.	n. s.
B2	0,424	n. s.	n. s.
B3	0,460	n. s.	n. s.
B4	0,620	0,028	0,037
B5	0,796	0,028	0,037
B6	0,943	0,028	0,037
Utjecaj tlaka zraka u pneumaticima na razinu vibracija, (ms^{-2})			
faktor	Srednja vrijednost vibracija	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$
C1	0,586	n. s.	n. s.
C2	0,601	n. s.	n. s.
C3	0,655	0,020	0,026
Interakcije istraživanih faktora			
faktori	Srednja vrijednost vibracija	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$
AB	4,483	0,090	0,118
AC	3,608	0,190	0,251
BC	1,516	0,121	0,160
ABC	1,516	0,121	0,160

A1 glatka traka;	B1 brzina gibanja 1 kmh^{-1}	C1 tlak u pneumaticima 1,9 bar	AB interakcija
A2 gruba traka;	B2 brzina gibanja 2 kmh^{-1}	C2 tlak u pneumaticima 2,4 bar	AC interakcija
A3 asfaltna podloga;	B3 brzina gibanja 3 kmh^{-1}	C3 tlak u pneumaticima 2,9 bar	BC interakcija
A4 makadam;	B4 brzina gibanja 4 kmh^{-1}		ABC interakcija
A5 travnata podloga;	B5 brzina gibanja 5 kmh^{-1}		
A6 poljski put	B6 brzina gibanja 6 kmh^{-1}		

3.2.2.3. Odnos agrotehničkih podloga, brzine gibanja traktora te tlakova zraka u pneumaticima i razine proizvedenih vibracija na sustav ruka-šaka rukovatelja u smjeru osi z

Iz tablice 18. vidljivo je kako podloge A3 (asfaltna podloga) i A5 (travnata podloga) nemaju značajan utjecaj na razinu proizvedenih vibracija dok je kod podloga A1 (glatka traka), A2 (gruba traka), A4 (makadam) i A6 (poljski put) utvrđena značajnost pri razini $LSD_{0,01}$.

Razlika između vrijednosti kod grube trake (A2) i asfaltne podloge (A3) je čak 234,44 %. Nadalje, istraživanjem je utvrđeno kako brzine gibaja traktora B5 (5 kmh^{-1}) i B6 (6 kmh^{-1}) imaju opravdan utjecaj na vibracije, a što je suprotno pri ostalim brzinama gibanja traktora. U pogledu utjecaja tlaka zraka u pneumaticima na razinu vibracija utvrđeno je da ne postoje značajne razlike niti pri jednom tlaku.

Tablica 18. Utjecaj faktora na razinu vibracija sustava ruka-šaka u smjeru z osi

Utjecaj agrotehničke podloge na razinu vibracija, (ms^{-2})			
faktor	Srednja vrijednost vibracija	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$
A1	0,111	0,005	0,007
A2	0,301	0,005	0,007
A3	0,090	n. s.	n. s.
A4	0,103	0,005	0,007
A5	0,092	n. s.	n. s.
A6	0,165	0,005	0,007
Utjecaj brzine gibanja traktora na razinu vibracija, (ms^{-2})			
faktor	Srednja vrijednost vibracija	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$
B1	0,086	n. s.	n. s.
B2	0,090	n. s.	n. s.
B3	0,130	n. s.	n. s.
B4	0,131	n. s.	n. s.
B5	0,177	0,005	0,007
B6	0,247	0,005	0,007
Utjecaj tlaka zraka u pneumaticima na razinu vibracija, (ms^{-2})			
faktor	Srednja vrijednost vibracija	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$
C1	0,144	n. s.	n. s.
C2	0,145	n. s.	n. s.
C3	0,141	n. s.	n. s.
Interakcije istraživanih faktora			
faktori	Srednja vrijednost vibracija	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$
AB	0,455	0,030	0,040
AC	0,246	0,066	0,087
BC	0,159	0,023	0,031
ABC	0,159	0,023	0,031

A1 glatka traka;	B1 brzina gibanja 1 kmh^{-1}	C1 tlak u pneumaticima 1,9 bar	AB interakcija
A2 gruba traka;	B2 brzina gibanja 2 kmh^{-1}	C2 tlak u pneumaticima 2,4 bar	AC interakcija
A3 asfaltna podloga;	B3 brzina gibanja 3 kmh^{-1}	C3 tlak u pneumaticima 2,9 bar	BC interakcija
A4 makadam;	B4 brzina gibanja 4 kmh^{-1}		ABC interakcija
A5 travnata podloga;	B5 brzina gibanja 5 kmh^{-1}		
A6 poljski put	B6 brzina gibanja 6 kmh^{-1}		

Vrijednosti vibracija u odnosu na agrotehničke podloge bile su veće u varijantama A2 (gruba traka) i A6 (poljski put), a ostale vrijednosti bile su ujednačene, izuzev na asfaltnoj podlozi. U pogledu odnos brzine gibanja traktora i vibracija najviše vrijednosti izmjerene su u

varijantama B5 (5 kmh^{-1}) i B6 (6 kmh^{-1}), dok su ostale vrijednosti vibracija bile relativno ujednačene, osim u B1 varijanti (1 kmh^{-1}). Odnos tlakova zraka u pneumaticima promatran kroz vibracije kretao se u rasponu od 0,141 – 0,145 ms^{-2}.

Najviša vrijednost vibracija izmjerena je u interakciji AB, što znači da je međusobno djelovanje agrotehničke podloge i brzine gibanja traktora proizvelo najvišu razinu vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka. Značajno najniža razina vibracija mjerena je u interakcijama BC i ABC, dok je razlika između najviše vrijednosti (interakcija AB) i najniže (interakcije BC i ABC) bila visokih 186,20 %. Pri navedenim brzinama i tlakovima, vibracije koje utječu na sustav ruka-šaka bile su niže od dopuštenih vrijednosti.

3.2.3. Odnos agrotehničkih podloga, brzine gibanja traktora te tlakova zraka u pneumaticima i razine proizvedenih vibracija na trup

3.2.3.1. Odnos agrotehničkih podloga, brzine gibanja traktora te tlakova zraka u pneumaticima i razine proizvedenih vibracija na trup rukovatelja u smjeru osi x

Statističkom analizom faktorijalnog tipa utvrđen je značajan utjecaj svih agrotehničkih podloga na razinu vibracija koja utječe na trup rukovatelja. Najviša vrijednost vibracija utvrđena je u varijanti A2 (gruba traka) u odnosu na najnižu razinu u A3 (asfaltna podloga) koja je manja za čak 1447 %. Nadalje, brzine gibanja traktora imale su značajan utjecaj na razinu vibracija koja utječe na trup. Analizom je utvrđen značajan utjecaj tlaka zraka u pneumaticima na vibracije gdje je vrijednost vibracija pri većem tlaku C3 (2,9 bar) veća za 63 % od najniže vrijednosti.

U pogledu odnosa podloga i vibracija najviše vrijednosti izmjerene su u varijantama A2 (gruba traka) i A6 (poljski put). Ostale vrijednosti bile su gotovo ujednačene, osim u varijanti A1 (0,356 ms^{-2}) te najniže vrijednost izmjerene u varijanti na asfaltnoj podlozi (0,071 ms^{-2}). Vrijednosti vibracija u odnosu na brzinu gibanja traktora bile su veće u varijantama B5 (5 kmh^{-1}) i B6 (6 kmh^{-1}). Ostale vrijednosti bile su približne, osim u B1 pri brzini 1 kmh^{-1}. Odnos tlakova zraka u pneumaticima C2 (2,4 bar) i C3 (2,9 bar) varijanti bio je skoro ujednačen, izuzev u C1 (tablica 19.).

Interakcija AC proizvodi najviše vibracije za čak 427,2 % veću u odnosu na najnižu vrijednost pri interakcijama BC i ABC. Navedene vrijednosti po faktorima istraživanja nisu prelazile dopuštene vrijednosti osim kod interakcija AB (228,17 %), AC (630,43 %) te BC i ABC (38,52 %).

Tablica 19. Utjecaj faktora na razinu vibracija trupa u smjeru x osi

Utjecaj agrotehničke podloge na razinu vibracija, (ms^{-2})			
faktor	Srednja vrijednost vibracija	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$
A1	0,356	0,008	0,010
A2	1,108	0,008	0,010
A3	0,071	0,008	0,010
A4	0,234	0,008	0,010
A5	0,145	0,008	0,010
A6	0,960	0,008	0,010
Utjecaj brzine gibanja traktora na razinu vibracija, (ms^{-2})			
faktor	Srednja vrijednost vibracija	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$
B1	0,302	0,008	0,010
B2	0,413	0,008	0,010
B3	0,479	0,008	0,010
B4	0,515	0,008	0,010
B5	0,554	0,008	0,010
B6	0,612	0,008	0,010
Utjecaj tlaka zraka u pneumaticima na razinu vibracija, (ms^{-2})			
faktor	Srednja vrijednost vibracija	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$
C1	0,339	0,005	0,007
C2	0,542	0,005	0,007
C3	0,556	0,005	0,007
Interakcije istraživanih faktora			
faktori	Srednja vrijednost vibracija	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$
AB	3,774	0,165	0,217
AC	8,400	0,097	0,128
BC	1,593	0,033	0,044
ABC	1,593	0,033	0,044

A1 glatka traka; A2 gruba traka; A3 asfaltna podloga; A4 makadam; A5 travnata podloga; A6 poljski put

B1 brzina gibanja 1 kmh^{-1}; B2 brzina gibanja 2 kmh^{-1}; B3 brzina gibanja 3 kmh^{-1}; B4 brzina gibanja 4 kmh^{-1}; B5 brzina gibanja 5 kmh^{-1}; B6 brzina gibanja 6 kmh^{-1}

C1 tlak u pneumaticima 1,9 bar; C2 tlak u pneumaticima 2,4 bar; C3 tlak u pneumaticima 2,9 bar

AB interakcija; AC interakcija; BC interakcija; ABC interakcija

3.2.3.2. Odnos agrotehničkih podloga, brzine gibanja traktora te tlakova zraka u pneumaticima i razine proizvedenih vibracija na trup rukovatelja u smjeru osi y

Najviša vrijednost vibracija koje utječu na trup pri utjecaju agrotehničkih podloga je u A2 (gruba traka) dok je najniža kod A3 (asfaltna podloga). Nadalje, brzina gibanja traktora B6 (6 kmh^{-1}) najviše utječe na vibracije i to čak za 471,30 % više od utvrđene vrijednosti pri brzini gibanja traktora B1 (1 kmh^{-1}). U pogledu uloge tlaka zraka u pneumaticima veća vrijednost izmjerena je kod najnižeg tlaka C1 (1,9 bar), što je svega 4,81 % više nego utvrđene pri tlaku C3 (2,9 bar) (tablica 20.).

Tablica 20. Utjecaj faktora na razinu vibracija trupa u smjeru y osi

Utjecaj agrotehničke podloge na razinu vibracija, (ms^{-2})			
faktor	Srednja vrijednost vibracija	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$
A1	0,323	0,012	0,015
A2	1,402	0,012	0,015
A3	0,074	0,012	0,015
A4	0,195	0,012	0,015
A5	0,148	0,012	0,015
A6	0,360	0,012	0,015
Utjecaj brzine gibanja traktora na razinu vibracija, (ms^{-2})			
faktor	Srednja vrijednost vibracija	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$
B1	0,132	0,012	0,015
B2	0,172	0,012	0,015
B3	0,295	0,012	0,015
B4	0,500	0,012	0,015
B5	0,644	0,012	0,015
B6	0,758	0,012	0,015
Utjecaj tlaka zraka u pneumaticima na razinu vibracija, (ms^{-2})			
faktor	Srednja vrijednost vibracija	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$
C1	0,419	0,008	0,011
C2	0,432	0,008	0,011
C3	0,400	0,008	0,011
Interakcije istraživanih faktora			
faktori	Srednja vrijednost vibracija	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$
AB	6,961	0,073	0,097
AC	8,032	0,197	0,260
BC	2,339	0,051	0,067
ABC	2,339	0,051	0,067

A1 glatka traka; A2 gruba traka; A3 asfaltna podloga; A4 makadam; A5 travnata podloga; A6 poljski put

B1 brzina gibanja 1 kmh^{-1}; B2 brzina gibanja 2 kmh^{-1}; B3 brzina gibanja 3 kmh^{-1}; B4 brzina gibanja 4 kmh^{-1}; B5 brzina gibanja 5 kmh^{-1}; B6 brzina gibanja 6 kmh^{-1}

C1 tlak u pneumaticima 1,9 bar; C2 tlak u pneumaticima 2,4 bar; C3 tlak u pneumaticima 2,9 bar

AB interakcija; AC interakcija; BC interakcija; ABC interakcija

Sa stanovišta odnosa podloga i vibracija najviša vrijednost izmjerena je u varijanti A2 (gruba traka). Vrijednosti vibracija u varijantama A1 i A6 te u A4 i A5 bile su prilično ujednačene. Najniža vrijednost izmjerena je na asfaltnoj podlozi (0,074 ms^{-2}). Vrijednosti vibracija u odnosu na brzinu gibanja traktora bile su veće u varijantama B4 (4 kmh^{-1}), B5 (5 kmh^{-1}) i B6 (6 kmh^{-1}). Ostale vrijednosti bile su slične, izuzev u B1 varijanti i pri brzini 1 kmh^{-1}. Vrijednost vibracija pri različitim tlakovima zraka u pneumticima kretao se u rasponu 0,400-0,432 ms^{-2}.

Interakcijama istraživanih faktora utvrđena je statistička značajnost između vrijednosti vibracija koje utječu na trup, gdje je najviša vrijednost vidljiva u interakciji AC, a što je značajno više za čak 243,3 % od najniže pri interakciji BC i ABC (tablica 20.). Navedene vrijednosti u varijanti A2 (gruba traka) i kod svih interakcija značajno prelaze graničnu vrijednost od 1,15 ms^{-2}.

3.2.3.3. Odnos agrotehničkih podloga, brzine gibanja traktora te tlakova zraka u pneumaticima i razine proizvedenih vibracija na trup rukovatelja u smjeru osi z

U tablici 21. vidljivo je kako podloge A3 (asfaltna podloga) i A6 (poljski put) imaju značajan utjecaj na vibracije razine P=5 %, dok je na podlogama A1, A2, A4 i A5 utvrđena značajnost razine P=1 %. Najviša vrijednost na A2 podlozi veća je za čak 612,3 % od najniže vrijednosti na asfaltnoj podlozi. Sve brzine gibanja traktora imale su opravdan utjecaj na vibracije, gdje je najniža vrijednost utvrđena pri brzini gibanja B1 (1 kmh^{-1}) i najviša vrijednost pri brzini gibanja B6 (6 kmh^{-1}). U pogledu utjecaja tlaka zraka u pneumaticima na vibracije postoje značajne razlike pri svim tlakovima, a izuzetak čini tlak C1, gdje je utvrđena značajnost $LSD_{0,01}$. Razlika između najviše (C1) i najniže (C2) vrijednosti iznosila je svega 10,30 %.

Vrijednosti vibracija u odnosu na agrotehničke podloge bile su veće u varijantama A1 (glatka traka) i A2 (gruba traka). Ostale vrijednosti bile su nesignifikantne osim u A3 varijanti na asfaltnoj podlozi. U pogledu odnosa brzine gibanja traktora i vibracija najviše vrijednosti izmjerene su u varijantama B5 (5 kmh^{-1}) i B6 (6 kmh^{-1}), dok su ostale vrijednosti bile slične, izuzev u B1 varijanti (1 kmh^{-1}). Izmjerene vrijednosti vibracija pri svim tlakovima zraka u pneumaticima kretale su se u rasponu od 0,269 do 0,296 ms^{-2}.

Tablica 21. Utjecaj faktora na razinu vibracija trupa u smjeru z osi

Utjecaj agrotehničke podloge na razinu vibracija, (ms^{-2})			
faktor	Srednja vrijednost vibracija	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$
A1	0,313	0,007	0,010
A2	0,757	0,007	0,010
A3	0,106	0,007	n. s.
A4	0,225	0,007	0,010
A5	0,165	0,007	0,010
A6	0,114	0,007	n. s.
Utjecaj brzine gibanja traktora na razinu vibracija, (ms^{-2})			
faktor	Srednja vrijednost vibracija	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$
B1	0,082	0,007	0,010
B2	0,183	0,007	0,010
B3	0,271	0,007	0,010
B4	0,289	0,007	0,010
B5	0,356	0,007	0,010
B6	0,500	0,007	0,010
Utjecaj tlaka zraka u pneumaticima na razinu vibracija, (ms^{-2})			
faktor	Srednja vrijednost vibracija	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$
C1	0,296	0,005	0,007
C2	0,269	0,005	n. s.
C3	0,275	0,005	n. s.
Interakcije istraživanih faktora			
faktori	Srednja vrijednost vibracija	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$
AB	1,718	0,041	0,054
AC	1,995	0,098	0,129
BC	0,580	0,033	0,044
ABC	0,580	0,033	0,044

A1 glatka traka; A2 gruba traka; A3 asfaltna podloga; A4 makadam; A5 travnata podloga; A6 poljski put

B1 brzina gibanja 1 kmh^{-1}; B2 brzina gibanja 2 kmh^{-1}; B3 brzina gibanja 3 kmh^{-1}; B4 brzina gibanja 4 kmh^{-1}; B5 brzina gibanja 5 kmh^{-1}; B6 brzina gibanja 6 kmh^{-1}

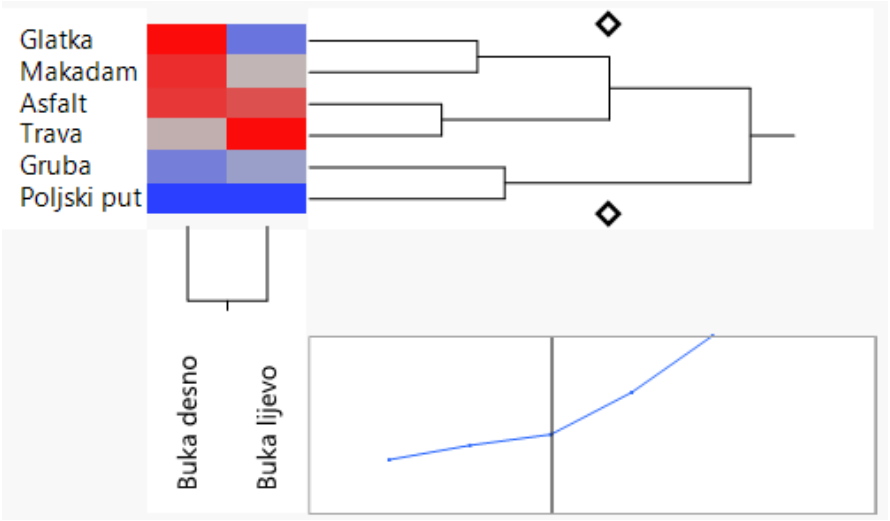
C1 tlak u pneumaticima 1,9 bar; C2 tlak u pneumaticima 2,4 bar; C3 tlak u pneumaticima 2,9 bar

AB interakcija; AC interakcija; BC interakcija; ABC interakcija

Značajno najviša vrijednost za vibracije izmjerena je u interakciji AC, što znači da je međusobno djelovanje agrotehničke podloge i tlaka zraka u pneumaticima proizvelo najvišu razinu vibracija koje utječu na trup. Značajno najniža izmjerena je u interakcijama BC i ABC. Razlika između najviših i najnižih vibracija pri navedenim interakcijama bila je za čak 243,7 %. Pri navedenim brzinama gibanja traktora i tlakovima zraka u pneumaticima, vibracije koje utječu na trup bile su niže od dopuštene osim kod interakcija AB i AC.

3.3. Hijerarhijska analiza zavisnih varijabli

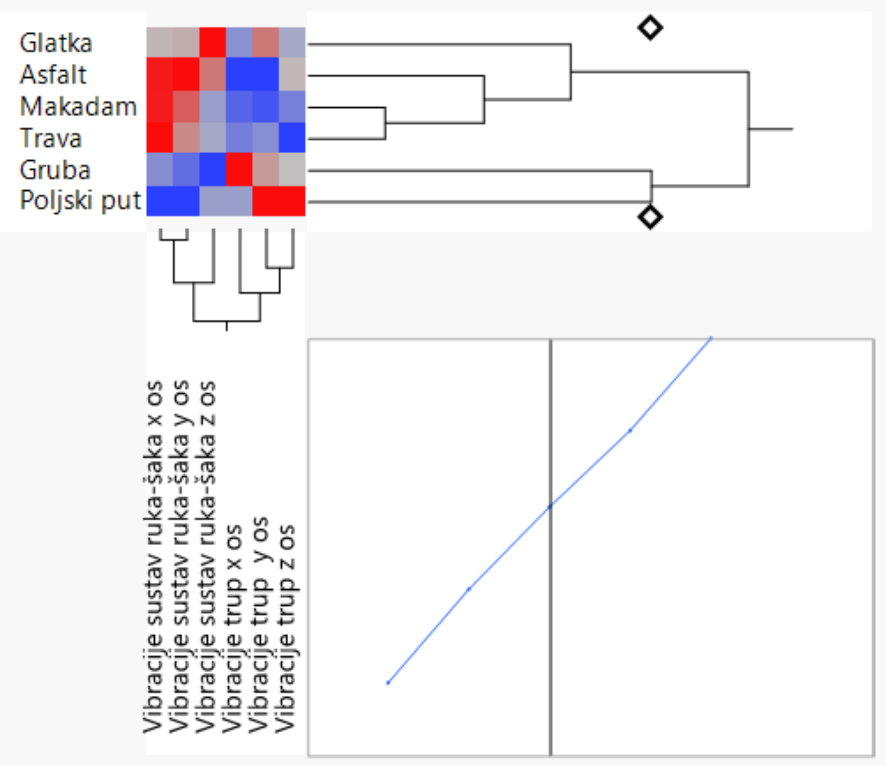
Zbog velike varijabilnosti dobivenih rezultata korištenjem prethodnih statističkih metoda, bilo je nužno provesti određenu vrstu grupiranja zavisnih varijabli. Obzirom kako je zavisna varijabla agrotehnička podloga neparametrijska (ordinalna) za potrebe grupiranja iste odabrana je i provedena hijerarhijska analiza analitičkim hijerarhijskim procesom (AHP – Analitycal Hierarchy Process). Rezultat hijerarhijske analize je dendrogram koji je ustvari sažeto vizualizirana matrica različitosti.



Slika 17. Prikaz grupiranja podataka po AHP-u za buku
(Izvor: Barač, Ž.)

Provedenom analizom analitičkog hijerarhijskog procesa kojim su u obzir uzete agrotehničke podloge kao nezavisna varijabla te buka s desne i lijeve strane kao zavisne varijable te metodom dvosmjernog grupiranja dobiven je rezultat prikazan slikom 17. Vidljivo je kako je u prvoj razini grupiranja riječ o tri grupe agrotehničkih podloga (Glatka-Makadam, Asfalt-Trava, Gruba-Poljski put). U drugoj razini grupiranja dvije su od navedene tri grupe (Glatka-Makadam i Asfalt-Trava) blizu jedna drugoj te su iste grupirane u jednu zajedničku grupu (Glatka-Makadam-Asfalt-Trava).

U daljnjoj analizi ista je korištena kao grupa glatka (GL). Nasuprot GL grupi nalazi se grupa gruba (prema AHP-u samo Poljski put). U daljnjoj analizi ista je korištena kao grupa gruba (GR).



Slika 18. Prikaz grupiranja podataka po AHP-u za vibracije sustava ruka-šaka i trupa (Izvor: Barač, Ž.)

Za potrebe provedbe analize analitičkim hijerarhijskim procesom kojim su također u obzir kao nezavisne varijable uzete agrotehničke podloge, a vibracije sustava ruka-šaka u smjeru sve tri osi i vibracije trupa u smjeru sve tri osi kao zavisne varijable. Metodom dvosmjernog grupiranja dobiven je rezultat prikazan slikom 18. Vidljivo je kako je u prvoj razini grupiranja riječ o dvije grupe agrotehničkih podloga (Makadam-Trava i Gruba-Poljski put) te o dvije pojedinačne agrotehničke podloge Asfalt i Glatka. Obzirom da su blizu jedna drugoj u drugoj razini grupiranja pojedinačna podloga Asfalt pridružena je grupi Makadam-Trava. U trećoj razini grupiranja grupi Asfalt-Makadam-Trava pridružena je pojedinačna agrotehnička podloga Glatka čime nastaje glatka grupa agrotehničkih podloga (GL). Nasuprot GL grupi ostaje grupa Gruba-Poljski put (gruba grupa – GR).

3.3.1. Odnos grupiranih agrotehničkih podloga i ostalih nezavisnih varijabli na zavisne varijable

Jednosmjernom analizom varijance srednjih vrijednosti zavisnih varijabli, a prema grupama nezavisnih koje su utvrđene hijerarhijskom analizom (AHP-om), dobiven rezultati predočeni su u tablicama 22. – 29. Bojama su označene skupine tlakova zraka u pneumaticima od najnižeg do najvišeg sljedećim redosljedom: zelena boja najniži (C1), crvena boja propisani (C2) i plava boja najviši (C3).

3.3.1.1. Odnos grupiranih agrotehničkih podloga i ostalih nezavisnih varijabli na buku s desne strane

Jednosmjernom analizom varijance srednjih vrijednosti buke s desne strane između ranije AHP-om određenih grupa (gruba grupa - GR i glatka grupa - GL) utvrđene su signifikantne razlike pri gibanju traktora brzinama 2, 3 i 4 kmh^{-1}, pri propisanom tlaku zraka u pneumaticima (2,4 bar).

Tablica 22. Analiza varijance buke s desne strane

Varijante	F	Pr > F	R^2	K. V. (%)	x
B1C1	1,41	0,2432	0,039833	2,149603	72,93611
B1C2	6,11	0,0186	0,152269	2,770089	72,99444
B1C3	3,72	0,0622	0,098608	1,599629	72,96389
B2C1	3,34	0,0763	0,089521	0,936298	72,97222
B2C2	127,85	<,0001	0,789934	0,428494	73,94444
B2C3	36,28	<,0001	0,516212	0,877292	73,60000
B3C1	0,24	0,6254	0,007089	1,237161	73,47222
B3C2	45,54	<,0001	0,572531	0,932242	73,99722
B3C3	9,47	0,0041	0,217930	1,200197	73,69167
B4C1	0,56	0,4612	0,016075	1,119879	73,42222
B4C2	27,74	<,0001	0,449327	0,694731	73,75278
B4C3	5,21	0,0288	0,132874	1,125570	73,39444
B5C1	2,23	0,1442	0,061667	1,787670	74,09167
B5C2	0,96	0,3349	0,027369	1,137254	74,16111
B5C3	1,20	0,2812	0,034067	1,561835	73,73056
B6C1	6,19	0,0179	0,154106	2,589418	74,42778
B6C2	0,06	0,8125	0,001678	2,111781	74,69444
B6C3	0,01	0,9185	0,000312	2,000975	74,29722

B1 brzina gibanja 1 kmh^{-1} B4 brzina gibanja 4 kmh^{-1} C1 tlak u pneumaticima 1,9 bar
B2 brzina gibanja 2 kmh^{-1} B5 brzina gibanja 5 kmh^{-1} C2 tlak u pneumaticima 2,4 bar
B3 brzina gibanja 3 kmh^{-1} B6 brzina gibanja 6 kmh^{-1} C3 tlak u pneumaticima 2,9 bar

Srednja vrijednost buke s desne strane smanjuje se porastom brzine dok se u isto vrijeme koeficijent varijacije povećava. Porastom brzine ujedno se smanjuje i koeficijent determinacije (od 78,99 do 44,93 %) za varijante kod kojih je utvrđena signifikantnost. Osim navedenog utvrđena je i značajna razlika između GR i GL pri brzini gibanja (2 kmh^{-1}) traktora, ali u ovom slučaju pri tlaku zraka višeg od propisanog (tablica 22.).

3.3.1.2. Odnos grupiranih agrotehničkih podloga i ostalih nezavisnih varijabli na buku s lijeve strane

Analizom varijance srednjih vrijednosti buke s lijeve strane rukovatelja između AHP-om određenih grupa agrotehničkih podloga utvrđene su signifikantne razlike pri tlaku zraka u pneumaticima nižem od propisanog. To se odnosi na brzine gibanja traktora 1, 2 i 3 kmh^{-1} sa rastućim koeficijentima determinacije od 38,98 % do 50,89 %. Isto je utvrđeno i za tlak zraka u pneumaticima viši od propisanog, ali pri nešto većim brzinama (2, 3 i 4 kmh^{-1}), također sa rastućim koeficijentima determinacije od 38,37 % do 72,61 %.

Tablica 23. Analiza varijance buke s lijeve strane

Varijante	F	Pr > F	R^2	K. V. (%)	$\bar{x}$
B1C1	21,72	<,0001	0,389819	1,629623	72,46389
B1C2	0,21	0,6488	0,006173	1,103078	74,39444
B1C3	6,85	0,0131	0,167637	1,604780	73,52778
B2C1	31,15	<,0001	0,478136	1,333090	72,86111
B2C2	6,73	0,0139	0,165323	1,520747	74,35833
B2C3	21,17	<,0001	0,383776	1,157080	73,92778
B3C1	35,24	<,0001	0,508973	1,447796	72,67222
B3C2	20,84	<,0001	0,380030	1,596395	74,54722
B3C3	36,11	<,0001	0,515043	1,093376	74,08056
B4C1	9,80	0,0036	0,223712	1,326364	72,38333
B4C2	28,55	<,0001	0,456422	1,242778	74,36389
B4C3	90,17	<,0001	0,726186	0,688757	74,05833
B5C1	2,15	0,1513	0,059599	1,788234	73,18056
B5C2	4,62	0,0389	0,119517	1,678503	74,51667
B5C3	0,18	0,6737	0,005279	1,828525	74,34722
B6C1	5,73	0,0224	0,144152	2,896741	73,61389
B6C2	0,11	0,7438	0,003183	2,894479	75,38056
B6C3	1,12	0,2972	0,031912	2,800614	75,12500

B1 brzina gibanja 1 kmh^{-1} B4 brzina gibanja 4 kmh^{-1} C1 tlak u pneumaticima 1,9 bar
B2 brzina gibanja 2 kmh^{-1} B5 brzina gibanja 5 kmh^{-1} C2 tlak u pneumaticima 2,4 bar
B3 brzina gibanja 3 kmh^{-1} B6 brzina gibanja 6 kmh^{-1} C3 tlak u pneumaticima 2,9 bar

Iz tablice 23. vidljive su i statistički značajne razlike između GR i GL pri propisanom tlaku kod brzina 3 i 4 kmh^{-1}.

3.3.1.3. Odnos grupiranih agrotehničkih podloga i ostalih nezavisnih varijabli na vibracije sustava ruka-šaka u smjeru x osi

Između srednjih vrijednosti vibracija sustava ruka-šaka u smjeru osi x i AHP-om određenih grupa utvrđene su statistički značajne razlike pri nižem i propisanom tlaku zraka u pneumaticima i za niže brzine gibanja traktora (1, 2, 3 i 4 kmh^{-1}). Za niži tlak zraka porastom brzine gibanja smanjuje se koeficijent determinacije i srednja vrijednost vibracija dok koeficijent varijacije raste. Isto je utvrđeno i za propisani tlak zraka u pneumaticima, osim pri brzini gibanja od 3 kmh^{-1}. Statistički značajna razlika utvrđena je i pri višem tlaku zraka u pneumaticima za veće brzine gibanja (5 i 6 kmh^{-1}) s okrenutom dinamikom promjene koeficijenta determinacije, koeficijenta varijacije i srednje vrijednosti u odnosu na ranije pri manjim brzinama opisanu dinamiku istih (tablica 24.).

Tablica 24. Analiza varijance vibracije sustava ruka-šaka u smjeru osi x

Varijante	F	Pr > F	R^2	K. V. (%)	x
B1C1	138,57	<,0001	0,802980	23,69865	1,248333
B1C2	100,91	<,0001	0,747987	23,51933	1,023056
B1C3	0,08	0,7838	0,002245	21,36400	1,116944
B2C1	116,10	<,0001	0,773484	26,01350	1,110000
B2C2	70,61	<,0001	0,674985	28,51435	0,945833
B2C3	0,55	0,4627	0,015970	23,49500	1,114167
B3C1	105,16	<,0001	0,755684	26,09971	0,995556
B3C2	188,91	<,0001	0,847471	18,18881	0,908889
B3C3	0,18	0,6749	0,005236	23,78212	0,972222
B4C1	31,73	<,0001	0,482700	34,43180	1,059167
B4C2	43,30	<,0001	0,560163	29,21920	0,896111
B4C3	0,37	0,5450	0,010875	23,69694	1,033056
B5C1	12,81	0,0011	0,273586	39,31974	1,094722
B5C2	2,75	0,1066	0,074777	42,84920	0,983889
B5C3	29,16	<,0001	0,461667	12,47938	1,093056
B6C1	2,72	0,1081	0,074141	43,66584	1,143333
B6C2	0,05	0,8328	0,001329	52,36972	1,068611
B6C3	33,66	<,0001	0,497498	24,30758	1,200833

B1 brzina gibanja 1 kmh^{-1} B4 brzina gibanja 4 kmh^{-1} C1 tlak u pneumaticima 1,9 bar
B2 brzina gibanja 2 kmh^{-1} B5 brzina gibanja 5 kmh^{-1} C2 tlak u pneumaticima 2,4 bar
B3 brzina gibanja 3 kmh^{-1} B6 brzina gibanja 6 kmh^{-1} C3 tlak u pneumaticima 2,9 bar

3.3.1.4. Odnos grupiranih agrotehničkih podloga i ostalih nezavisnih varijabli na vibracije sustava ruka-šaka u smjeru y osi

Analizom varijance srednjih vrijednosti vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka u smjeru y osi, ukupno gledano, utvrđen je najniži broj statistički značajnih razlika. Iste su utvrđene za niži, propisani i viši tlak zraka u pneumaticima, ali samo pri brzinama gibanja 1 i 2 kmh^{-1}. Porastom brzine gibanja srednja vrijednost vibracija i koeficijent varijacije pri nižem i propisanom tlaku zraka u pneumaticima opada. Koeficijent determinacije za oba navedena tlaka zraka u pneumaticima s porastom brzine gibanja traktora raste (tablica 25.).

Tablica 25. Analiza varijance vibracije sustava ruka-šaka u smjeru osi y

Varijante	F	Pr > F	R^2	K. V. (%)	$\bar{x}$
B1C1	86,50	<,0001	0,717851	29,84622	0,433889
B1C2	39,47	<,0001	0,537251	48,29240	0,412500
B1C3	22,80	<,0001	0,401362	42,70676	0,479722
B2C1	94,54	<,0001	0,735493	28,14218	0,396667
B2C2	46,14	<,0001	0,575734	40,46236	0,392778
B2C3	14,66	0,0005	0,301322	30,65624	0,483889
B3C1	0,00	0,9964	0,000001	65,70610	0,391944
B3C2	1,14	0,2932	0,032435	44,70775	0,466667
B3C3	0,18	0,6749	0,005236	23,78212	0,972222
B4C1	3,07	0,0890	0,082710	68,66542	0,611667
B4C2	1,81	0,1873	0,050567	58,27954	0,616111
B4C3	4,66	0,0380	0,120619	40,89716	0,632500
B5C1	6,85	0,0132	0,167630	74,76111	0,781944
B5C2	7,33	0,0105	0,177398	74,57970	0,815833
B5C3	10,17	0,0031	0,230209	69,04360	0,792778
B6C1	9,38	0,0043	0,216146	80,12540	0,905000
B6C2	11,12	0,0021	0,246506	85,41954	0,903889
B6C3	19,08	0,0001	0,359437	59,81058	1,022222

B1 brzina gibanja 1 kmh^{-1} B4 brzina gibanja 4 kmh^{-1} C1 tlak u pneumaticima 1,9 bar
B2 brzina gibanja 2 kmh^{-1} B5 brzina gibanja 5 kmh^{-1} C2 tlak u pneumaticima 2,4 bar
B3 brzina gibanja 3 kmh^{-1} B6 brzina gibanja 6 kmh^{-1} C3 tlak u pneumaticima 2,9 bar

3.3.1.5. Odnos grupiranih agrotehničkih podloga i ostalih nezavisnih varijabli na vibracije sustava ruka-šaka u smjeru z osi

Analizom varijance srednjih vrijednosti vibracija sustav ruka-šaka u smjeru osi z utvrđene su signifikantne razlike za niže, propisane i više tlakove zraka u pneumaticima pri gibanju traktora brzinama 5 i 6 kmh^{-1}. Za navedene varijante nezavisnih varijabli srednja vrijednost

vibracija i koeficijent varijacije rastu s porastom brzine gibanja traktora. Za niži i propisani tlak koeficijent determinacije s porastom brzine gibanja traktora opada dok isti za viši tlak s porastom brzine raste. Uz navedeno, utvrđene su statistički značajne razlike zavisne varijable za niži i propisani tlak zraka u pneumaticima, a pri brzinama kretanja 1 i 3 kmh^{-1}. Najviši zabilježeni koeficijent determinacije je pri brzini gibanja traktora 5 kmh-1 i propisanom tlaku zraka u pneumaticima, a iznosi 70,24 % (tablica 26.).

Tablica 26. Analiza varijance vibracije sustava ruka-šaka u smjeru osi z

Varijante	F	Pr > F	R^2	K. V. (%)	$\bar{x}$
B1C1	30,66	<,0001	0,474159	21,18047	0,102500
B1C2	52,22	<,0001	0,605673	23,91855	0,067500
B1C3	13,41	0,0008	0,282796	53,27910	0,086389
B2C1	2,96	0,0942	0,080185	30,54959	0,100833
B2C2	2,82	0,1024	0,076540	30,42157	0,090000
B2C3	3,29	0,0787	0,088129	22,44285	0,081111
B3C1	65,54	<,0001	0,658436	25,87920	0,135000
B3C2	48,19	<,0001	0,586334	34,71631	0,140833
B3C3	14,76	0,0005	0,302715	20,98422	0,116944
B4C1	6,15	0,0183	0,153162	44,18610	0,134444
B4C2	5,88	0,0208	0,147353	42,71466	0,140000
B4C3	10,03	0,0032	0,227848	22,32411	0,120000
B5C1	63,27	<,0001	0,650448	54,48019	0,155833
B5C2	80,26	<,0001	0,702426	56,26769	0,191944
B5C3	19,92	<,0001	0,369466	83,60035	0,184444
B6C1	45,66	<,0001	0,573213	68,68984	0,239167
B6C2	53,03	<,0001	0,609342	78,16220	0,245556
B6C3	23,69	<,0001	0,410690	119,6096	0,258889

B1 brzina gibanja 1 kmh^{-1} | B4 brzina gibanja 4 kmh^{-1} | C1 tlak u pneumaticima 1,9 bar
B2 brzina gibanja 2 kmh^{-1} | B5 brzina gibanja 5 kmh^{-1} | C2 tlak u pneumaticima 2,4 bar
B3 brzina gibanja 3 kmh^{-1} | B6 brzina gibanja 6 kmh^{-1} | C3 tlak u pneumaticima 2,9 bar

3.3.1.6. Odnos grupiranih agrotehničkih podloga i ostalih nezavisnih varijabli na vibracije trupa u smjeru x osi

Učinjena analiza varijance srednjih vrijednosti vibracija trupa u smjeru osi x između AHP-om određenih grupa utvrđene su signifikantne razlike za sve brzine gibanja traktora pri propisanom i višem tlaku. Porastom brzine gibanja traktora raste i srednja vrijednost vibracija, a ista je značajno veća pri višem tlaku u odnosu na propisani. Najviši zabilježeni koeficijent determinacije su pri brzini gibanja traktora 3 kmh^{-1} te opadaju kako se brzina smanjuje ili povećava s tim da su pri većim brzinama izraženiji nego pri manjim. Najniži

koeficijent varijacije zabilježen je također pri brzini 3 kmh^{-1}, ali povećanjem ili smanjenjem brzine raste. Koeficijent varijacije izraženiji je pri propisanom tlaku u odnosu na viši tlak zraka u pneumaticima (tablica 27.).

Tablica 27. Analiza varijance vibracije trupa u smjeru osi x

Varijante	F	Pr > F	R^2	K. V. (%)	$\bar{x}$
B1C1	31,32	<,0001	0,479488	46,69061	0,125833
B1C2	34,03	<,0001	0,500195	108,4327	0,394444
B1C3	28,60	<,0001	0,456843	115,1667	0,387500
B2C1	16,07	0,0003	0,321013	85,85998	0,263611
B2C2	140,81	<,0001	0,805503	49,98170	0,487222
B2C3	151,39	<,0001	0,816601	47,78166	0,489722
B3C1	16,48	0,0003	0,326489	94,73067	0,347500
B3C2	585,27	<,0001	0,945097	23,22971	0,530556
B3C3	653,96	<,0001	0,950578	20,41095	0,559722
B4C1	16,69	0,0003	0,329266	97,97840	0,383333
B4C2	389,76	<,0001	0,919765	25,91458	0,566667
B4C3	503,17	<,0001	0,936705	22,26402	0,597500
B5C1	17,28	0,0002	0,336956	89,83134	0,426389
B5C2	386,60	<,0001	0,919164	25,23964	0,607222
B5C3	397,56	<,0001	0,921216	23,21176	0,629722
B6C1	19,09	0,0001	0,359622	91,55669	0,491944
B6C2	226,57	<,0001	0,869519	32,07237	0,670833
B6C3	300,76	<,0001	0,898436	26,50157	0,673611

B1 brzina gibanja 1 kmh^{-1} B4 brzina gibanja 4 kmh^{-1} C1 tlak u pneumaticima 1,9 bar
B2 brzina gibanja 2 kmh^{-1} B5 brzina gibanja 5 kmh^{-1} C2 tlak u pneumaticima 2,4 bar
B3 brzina gibanja 3 kmh^{-1} B6 brzina gibanja 6 kmh^{-1} C3 tlak u pneumaticima 2,9 bar

3.3.1.7. Odnos grupiranih agrotehničkih podloga i ostalih nezavisnih varijabli na vibracije trupa u smjeru y osi

Između srednjih vrijednosti vibracija trupa u smjeru osi y i AHP-om određenih grupa utvrđene su statistički značajne razlike pri propisanom i višem tlaku zraka u pneumaticima za sve brzine gibanja traktora. Srednje vrijednosti izmjerenih vibracija rastu s povećanjem brzine i veće su pri propisanom tlaku u odnosu na viši tlak u pneumaticima. Koeficijenti determinacije za propisani tlak kreću se u rasponu od 42,09 % do 94,51 %, a za viši tlak od 37,41 % do 64,39 % (tablica 28.).

Tablica 28. Analiza varijance vibracije trupa u smjeru osi y

Varijante	F	Pr > F	R^2	K. V. (%)	x
B1C1	12,54	0,0012	0,269488	13,11371	0,093889
B1C2	24,72	<,0001	0,420949	87,26454	0,172222
B1C3	20,32	<,0001	0,374057	82,43183	0,131944
B2C1	8,04	0,0076	0,191295	62,69665	0,133889
B2C2	94,06	<,0001	0,734507	47,78531	0,207500
B2C3	61,48	<,0001	0,643906	52,57738	0,176667
B3C1	17,53	0,0002	0,340240	101,2328	0,321389
B3C2	585,27	<,0001	0,945097	23,22971	0,530556
B3C3	29,75	<,0001	0,466680	77,23342	0,275556
B4C1	16,23	0,0003	0,323165	109,8494	0,540000
B4C2	48,05	<,0001	0,585610	76,35622	0,503889
B4C3	41,92	<,0001	0,552187	77,55695	0,458333
B5C1	16,67	0,0003	0,329005	111,6145	0,670556
B5C2	41,43	<,0001	0,549259	87,52851	0,652222
B5C3	38,50	<,0001	0,531035	86,98481	0,611389
B6C1	15,87	0,0003	0,318182	105,8862	0,758056
B6C2	42,65	<,0001	0,556426	79,10860	0,768056
B6C3	39,86	<,0001	0,539661	79,17441	0,748333

B1 brzina gibanja 1 kmh^{-1} B4 brzina gibanja 4 kmh^{-1} C1 tlak u pneumaticima 1,9 bar
B2 brzina gibanja 2 kmh^{-1} B5 brzina gibanja 5 kmh^{-1} C2 tlak u pneumaticima 2,4 bar
B3 brzina gibanja 3 kmh^{-1} B6 brzina gibanja 6 kmh^{-1} C3 tlak u pneumaticima 2,9 bar

3.3.1.8. Odnos grupiranih agrotehničkih podloga i ostalih nezavisnih varijabli na vibracije trupa u smjeru z osi

Između srednjih vrijednosti vibracija trupa u smjeru osi z i AHP-om određenih grupa utvrđene su statistički značajne razlike samo pri nižem tlaku zraka u pneumaticima za sve brzine gibanja traktora osim najviše. Porastom brzine raste i srednja vrijednost vibracija trupa dok vrijednosti koeficijenta determinacije opadaju.

Najviši koeficijent determinacije utvrđen je pri brzini gibanja 1 kmh-1 i iznosi 47,42 %, najniži pri brzini 5 kmh^{-1} i iznosi 38,24 %. Koeficijenti varijacije kreću se od 21,18 % do 71,16 % , rastu s porastom brzine (tablica 29.).

Tablica 29. Analiza varijance vibracije trupa u smjeru osi z

Varijante	F	Pr > F	R^2	K. V. (%)	x
B1C1	30,66	<,0001	0,474159	21,18047	0,102500
B1C2	0,88	0,3550	0,025212	49,39178	0,063611
B1C3	2,84	0,1009	0,077168	28,83101	0,080000
B2C1	28,70	<,0001	0,457731	44,92170	0,198333
B2C2	4,08	0,0513	0,107155	66,13250	0,175556
B2C3	0,02	0,9006	0,000465	58,13911	0,177222
B3C1	23,42	<,0001	0,407871	63,11796	0,293611
B3C2	7,09	0,0118	0,172541	71,81273	0,261944
B3C3	3,10	0,0873	0,083529	60,70315	0,260278
B4C1	23,68	<,0001	0,410537	65,85860	0,310000
B4C2	8,35	0,0067	0,197170	83,87689	0,280556
B4C3	2,41	0,1300	0,066139	71,29949	0,276944
B5C1	21,05	<,0001	0,382357	71,16268	0,366389
B5C2	7,09	0,0118	0,172511	94,98799	0,325278
B5C3	5,63	0,0235	0,142058	78,92956	0,376944
B6C1	16,92	0,0002	0,332351	75,12901	0,510556
B6C2	12,26	0,0013	0,265058	102,3807	0,507222
B6C3	9,43	0,0042	0,217198	89,91699	0,483056

B1 brzina gibanja 1 kmh^{-1} B4 brzina gibanja 4 kmh^{-1} C1 tlak u pneumaticima 1,9 bar
B2 brzina gibanja 2 kmh^{-1} B5 brzina gibanja 5 kmh^{-1} C2 tlak u pneumaticima 2,4 bar
B3 brzina gibanja 3 kmh^{-1} B6 brzina gibanja 6 kmh^{-1} C3 tlak u pneumaticima 2,9 bar

4. RASPRAVA

4.1. Odnos promatranih eksploatacijskih čimbenika na razinu buke unutar kabine traktora

Buka unutar šupljina vozila odnosno traktorske kabine proizlazi iz složenih vibracija svih strukturnih površina koje okružuju karoseriju vozila odnosno kabinu traktora, Navedeno ovisi o značajkama primijenjenih sila te o odzivu konstrukcijskog/akustičkog sustava kabine traktora, (Wen i Somayajula, 1994.). Analiza uskog pojasa unutarnje buke na radnom mjestu rukovatelja pokazala je kako se ista sastoji od diskretnih komponenti s frekvencijama koje odgovaraju harmonicima motora i frekvencijama okretanja kotača, (Dunn i sur., 1969.). Buka na asfaltu obično se smatra slučajnom, budući se impulsi koji su nastali u kabini traktora ili karoseriji vozila pojavljuju slučajno. Zbog neizbježnog disbalansa kotača obično se mogu utvrditi različiti harmonici, (Dunn i sur., 1979.). Cilj proizvođača je reducirati buku pojedinih dijelova motora na razinu gdje je subjektivno prikrivena buka nastala gibanjem po asfaltu (čak i za najglađe površine) za visokokvalitetne traktore ili vozila. To se postiže ugradnjom dobro uravnoteženih motora traktora gdje su samo dijelovi motora višeg reda neuravnoteženi, a njih je relativno mali broj, (Abouel-Seoud, 1987.). Izbor guma za traktor mijenja frekvenciju nastale buke do oko 500 Hz i stoga daje drugačiji subjektivni dojam vozila ili traktora. Primjerice, upotreba guma s radijalnim slojem može dati veliko smanjenje razine zvučnog tlaka na niskim frekvencijama, ali nažalost to samo ukazuje na utjecaj pojedinih komponenti motora (Wen i Kal, 1996.; Jha i Cheilas, 1976.).

Izrada prototipa traktorske kabine te njeno ispitivanje trenutno nudi najbolja sredstva za pružanje relativno tihog radnog okruženja rukovatelja. Ovakva traktorska kabina treba biti potpuno integrirana komora s izolacijom od šasije. Rezonancije panela moraju biti kontrolirane, a unutar kabine ne bi trebalo biti jačih izvora zvuka i takve bi kabine trebale imati apsorpcijsku oblogu kako bi se smanjila buka odbijajućeg zvuka (Morse i Ingard, 1968.; Ling, 1992.). Utjecaj uvjeta vožnje traktora na unutarnju buku u kabini čiji je frekvencijski raspon do 2000 Hz imaju neki eksploatacijski činitelji (broja okretaja motora, brzine gibanja, agrotehničke podloge, prebacivanja stupnjeva prijenosa te montaža kabine traktora).

Brzina gibanja traktora, vrsta podloge i tlak zraka u pneumaticima utječu na razinu buke u traktorskoj kabini. Povećanjem brzine gibanja traktora povećava se i razina buke. Rezultati istraživanja u Disertaciji glede utjecaja brzine gibanja i vrste podloge po kojoj se traktor giba na razinu buke u traktorskoj kabini ukazuju na povećanje buke. Pri gibanju traktora kod svih brzina utvrđen je porast buke na radnom mjestu rukovatelja i ista se kretala u rasponu od 79,13 db do 70,63 db. Dobiveni rezultati istraživanja u Disertaciji podudaraju se sa rezultatima Abd-El-Tawwab i sur (2000.) koji utvrđuju da povećanjem brzine gibanja od 10 do 21 kmh^{-1} razina buke u kabini raste (od 85 do 92 dB). Pri gibanju traktora po glatkoj podlozi razina buke u kabini viša (81 dB) obzirom na gibanje traktora po gruboj podlozi (78 dB). Isti autori zaključili su kako se buka unutar kabine traktora povećava porastom brzine gibanja traktora, te da postoje određena odstupanja u prosječnim vrijednostima oktavnog opsega, posebice pri niskim frekvencijama. Promjena stupnja prijenosa, opterećenje traktora te vrsta podloge po kojoj se traktor gibao imaju važnu ulogu u generiranju buke unutar kabine.

Obzirom da nije obavljena oktavna analiza buke u istraživanju za disertaciju većina dobivenih vrijednosti ima stohastički karakter. Relativno mala značajnost utjecaja nezavisnih varijabli na buku s desne strane pored navedenog rezultat je smještaj ispušne cijevi s desne strane kabine. Povećanje varijabilnosti (0,42 do 0,93) se ogleda smanjenjem koeficijenta determinacije (0,78 do 0,44) povećanjem brzine kretanja uvjetovano neravnomjernom promjenom buke emitirane iz ispušne cijevi. Manjim dijelom uvjetovano je i ispitivanim nezavisnim varijablama.

Barač i sur. (2017.d) istraživali su utjecaj različitih vrsta podloga i radnih sati traktora na proizvedenu razinu buke. Pri istraživanju, traktor se gibao po asfaltnoj podlozi, makadamu i travnatoj podlozi prosječnom brzinom od 7,5 kmh^{-1}. Mjerenja unutarnje buke obavljena su u dva navrata zbog utvrđivanja utjecaja starosti traktora. Razlika u radnim satima traktora bila je 1000 radnih sati što je utjecalo na povećanje buke na svim podlogama. Najviša razina buke u ovome istraživanju izmjerena je tijekom gibanja traktora po gruboj traci (74,521 dB), a najniža pri gibanju po makadamu (74,357 dB). Dobiveni rezultati ne podudaraju se sa rezultatima Barač i sur. (2017.d) koji su istražujući utjecaj različitih vrsta podloga (asfalt, makadam i travnata površina) i radnih sati traktora na proizvedenu razinu buke utvrdili najvišu razinu buke u kabini pri gibanju traktora po makadamu (73,2 dB). Najmanju pri

gibanju traktora po travnatoj podlozi (68,55 dB). Ovim istraživanjem izmjerena razina buke s desne strane rukovatelja poljoprivrednog traktora po provedenoj analizi varijance pokazale su signifikantnost u molom broju interakcija promatranih čimbenika (samo u slučaju propisanog tlaka zraka u pneumaticima pri brzinama gibanja 2, 3 i 4 kmh^{-1}). Razlog tome je vjerojatno blizina smještaja ispušne cijevi koja sa desne strane ima veliki utjecaj na proizvedenu razinu buke s desne strane rukovatelja. U pogledu buke s lijeve strane rukovatelja utvrđena je signifikantnost kod većeg broja interakcija nezavisnih varijabli. Pri većim brzinama gibanja traktora (5 i 6 kmh^{-1}) nisu utvrđene značajne razlike, odnosno promatrani parametri i interakcije istih nemoaju dovoljan utjecaj na proizvedenu razinu buke s lijeve strane rukovatelja.

4.2. Odnos promatranih eksploatacijskih čimbenika na razinu vibracija koje utječu na rukovatelja traktora

Scarlett i sur. (2007.) proveli su istraživanje o utjecaju vibracija na trup rukovatelja traktora. Koristeći testne trake (prema ISO 5008:2002.) i krećući se različitim brzinama gibanja traktorom po njima utvrdili su: razine vibracija koje utječu na trup rukovatelja rastu proporcionalno sa porastom brzine gibanja bez obzira na vrstu sustava ogibljenja ispitivanih traktora. Gibanjem po gruboj 35 metara dugoj testnoj traci razine vibracija koje utječu na trup rukovatelja u smjeru x i osi y bile su sličnih vrijednosti neovisno o vrsti ogibljenja traktora, ali značajno veće u odnosu na razine vibracija izmjerene u smjeru z osi. To je zbog grubosti testne trake i opće nesposobnosti sustava ovjesa traktora (bilo sjedala, kabine ili osovine) da ublaže ubrzanje niske frekvencije a visoke amplitude u horizontalnoj (x i y osi).

Dobiveni rezultati glede vibracija koje utječu na trup rukovatelja, u ovome istraživanju, ukazuju da su najveće vibracije u smjeru osi y, malo manje u smjeru osi x, a značajno manje u smjeru osi z. Ovo se podudara s istraživanjima Scarlett i sur. (2007.). Slične rezultate isti autori dobili su pri gibanju traktora po 100 metara glatkoj traci. Pri tome su izmjerene znatno niže vrijednosti vibracija koje djeluju na trup rukovatelja, što se podudara s rezultatima u ovom istraživanju pri gibanju traktora po glatkoj traci.

Scarlett i sur. (2007.) mjere vibracije pri gibanju traktora po testnim trakama i pri izvođenju različitih agrotehničkih operacija (oranje, transport pluga, kultiviranje, aplikacija zaštitnih

sredstava i transport prikolicom) i iste uspoređuju u cilju procjene primjene izmjerenih vibracija nastalih tijekom gibanja traktora po testnim traktorima na moguću razinu vibracija tijekom gibanja u eksploataciji. Ovo se nije pokazalo mogućim. Usporedba vrijednosti vibracija nastalih tijekom gibanja traktora na testnim trakama s vibracijama nastalim pri izvođenju određenih agrotehničkih operacija nije bila moguća u potpunosti. Postoji razlika u masi vozila, rasporedu težine, različitim tlakovima zraka u pneumaticima i utjecaju različitih vanjskih sila. Iz tog razloga su se u ovom istraživanju uspoređivale vibracije nastale pri gibanju traktora po različitim agrotehničkim podlogama, što se potvrdilo analizom AHP-a kao ispravno. Na taj su se način istraživane agrotehničke podloge statistički pouzdano grupirale oko sebi sličnih, a zajedno oko grube ili glatke testne trake. Time je izbjegnuta problematika razlike u masi, raspodjeli težine i utjecaju vanjskih sila.

Deboli i sur. (2008.) istraživali su prijenos vibracija na trup rukovatelja s poljoprivrednog traktora opremljenog različitim radijalnim pneumaticima. U svom istraživanju testirali su četiri različita tipa pneumatika na tri različita tlaka zraka u pneumaticima (1,6; 1,2 i 0,8 bar), vozeći traktor po tri različite podloge sa dvije različite brzine u tri ponavljanja. Istraživanje je omogućilo izbor optimalnog pneumatika obzirom na podlogu po kojoj se traktor giba. Utvrđeno je da u svim varijantama istraživanja niža brzina gibanja i niži tlak zraka u pneumaticima rezultiraju nižim vibracijama bez obzira na podlogu i karakteristike pneumatika. Zaključeno je da između vibracija koje djeluju u smjeru horizontalnih x i y osi nisu utvrđene statistički značajne razlike u odnosu na vrstu pneumatika dok su utvrđene značajne razlike između vibracija koje djeluju u smjeru osi z obzirom (u odnosu) na vrstu pneumatika, pri čemu je vrlo teško prosuditi koji pneumatik je najbolji poglavito kada su razlike u vrijednostima vibracija male (pri gibanju po asfaltnoj podlozi), napominju autori. Situacija je jasnija pri gibanju traktora po testnoj traci gdje su izmjerene vibracije nešto više.

Slično istraživanju Deboli i sur. (2008.) i vrijednosti vibracija koje utječu na trup rukovatelja ukazuju kako nema statistički značajne razlike u pogledu vibracija trupa u smjeru osi z osim pri tlaku 1,9 bar. Vibracije rastu s porastom brzine gibanja traktora. Kod horizontalnih vibracija trupa (x i y os) statistički značajne razlike između grube i glatke grupe podloga postoje u svim varijantama osim pri tlaku zraka u pneumaticima od 1,9 bar. U horizontalnom smjeru vibracije rastu s porastom brzine gibanja traktora i s porastom tlaka zraka pneumaticima.

Deboli i sur. (2009.; 2017.) analiziraju vrijednosti vibracija koje utječu na trup rukovatelja. One su nastale tijekom gibanja traktora različitih pneumatika po različitim podlogama s ciljem utvrđivanja pravila koja se mogu koristiti pri evaluaciji vibracija (uspoređujući iste sa standardnom testnom trakom prema standardu ISO 5008). Za potrebe navedenog koristili su dva traktora jednake snage, nosivosti i mase, ali opremljenih različitim pneumaticima. Istraživanje je provedeno pri dvije različite brzine gibanja traktora, pet agrotehničkih podloga (uključujući i glatku testnu traku). Rezultati vibracija izmjerenih na standardnoj testnoj traci znatno su veći (pri svim tlakovima i brzinama kretanja) u odnosu na mjerenja dobivena pri gibanju traktora po ostalim podlogama. Rezultati istraživanja ukazuju na visoku varijabilnost određenih agrotehničkih podloga (zemljani put, travnata podloga i poljski put). Rezultati vibracija na preostale dvije podloge (asfaltna podloga i glatka testna traka) su ujednačeniji. Viši tlak zraka u pneumaticima (1,6 bar) i veća brzina gibanja (20 kmh^{-1}) imaju za posljedicu veće vibracije. Provedeno istraživanje omogućuje definiranje metodologije koja proizvođačima traktora pruža opciju evaluacije vrijednosti vibracija strojeva koji rade u različitim eksploatacijskim uvjetima. Pri tome se koriste podatci modificirani pomoću algoritma, a prikupljeni sa standardne testne trake.

Deboli i sur. (2012.) uspoređuju vrijednosti vibracija koje utječu na trup rukovatelja traktora, a koje nastaju pri gibanju tri kategorije traktora po četiri vrste agrotehničkih podloga i standardnoj glatkoj testnoj traci. Razmotrena je brzina koja je generirala procijenjene vrijednosti vibracija na glatkoj testnoj traci, a koja je bliža sličnosti s ponderiranim vrijednostima vibracija zabilježenim na drugim testnim podlogama. Kod vibracija koje djeluju u smjeru horizontalnih osi (x i y osi), vrijednosti vibracija na glatkoj testnoj traci bile su veće od onih koje su izmjerene na drugim agrotehničkim podlogama. Navedene razlike vibracija bile su iznimno visoke u smjeru osi x, dosežući vrijednosti od oko 100 % u ispitivanjima na asfaltnoj podlozi i na poljskom putu. Isti autori navode činjenicu da u ovom istraživanju traktor nije bio agregatiran niti jednim priključkom što je uzrokovalo spomenute niske vrijednosti vibracija na asfaltnoj podlozi i poljskom putu. Na glatkoj testnoj traci udaljenost drvenih letvica i razlika u visini između lijeve i desne trake uzrokovala je visoke horizontalne razine vibracija također pri gibanju traktora malim brzinama. Vibracije na glatkoj testnoj traci i ostalim agrotehničkim podlogama u smjeru osi y veoma su slične vrijednostima izmjerenim uzduž osi x. Apsolutne stope varijacije niže su u odnosu na testnu traku. U ovom slučaju traktor se kretao s iznimno visokom brzinom (41 kmh^{-1}) preko asfaltne

podloge. Zabilježena je relativno mala vibracija (0,13 ms^{-2}). To je posljedica ravne glatke podloge koja ne generira značajne poprečne pomake. U Odnosu na okomite vibracije (z os) kretanje traktora preko testne trake odvijalo se u rasponu brzina 3 i 5,5 kmh^{-1}, a što je rezultiralo vibracijama koje su bile vrlo slične onima izmjerenim na drugim agrotehničkim podlogama; u najgorem slučaju samo sa 10 % razlike. Navedeno istraživanje nije imalo za cilj mjerenje i uspoređivanje razina vibracija između traktora koji se gibaju po različitim podlogama, nego se htjelo započeti proučavanje emisije vibracija različitih traktora koji se gibaju po različitim podlogama, a u odnosu na gibanje traktora po glatkoj testnoj traci.

Zbog velike varijabilnosti dobivenih rezultata pri prvoj statističkoj analizi u ovom istraživanju (Disertaciji) i zbog ranije navedenog pristupa bilo je nužno provesti određenu vrstu grupiranja zavisnih varijabli. Za potrebe grupiranja iste odabrana je i provedena hijerarhijska analiza analitičkim hijerarhijskim procesom (AHP – Analitycal Hierarchy Process) koja je izmjerene podatke grupirala prema nezavisnoj varijabli agrotehnička podloga. Kako je u poglavlju 3. Rezultati i prikazano kreirane su dvije grupe agrotehničkih podloga. Oko glatke testne trake grupirane su asfaltna podloga, makadam i travnata podloga, a uz grubu testnu traku poljski put. Iz navedenog može se zaključiti da podloge grupirane oko pojedine testne trake mogu biti simulirane u određenim vibracijskim uvjetima gibanjem traktora samo po pojedinoj testnoj traci (gruboj ili glatkoj). Izmjerene vrijednosti vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka u ovom istraživanju ukazuju na značajno veće vibracije koje djeluju u smjeru osi x i osi y (0,89-124 ms^{-2}, za os x i 0,39-047 ms^{-2}) u odnosu na vibracije koje djeluju u smjeru osi z (0,06-0,25 ms^{-2}). Do sličnih rezultata dolaze Barač i sur. (2017.b) istražujući vibracije koje utječu na sustav ruka-šaka tijekom različitih agrotehničkih zahvata (malčiranje i raspršivanje). Više razine vibracija u sve tri osi ustanovljene su pri radu malčera. Horizontalne vibracije (x= 0,59 ms^{-2} i y= 0,20 ms^{-2}) višestruko su veće od vertikalnih (z= 0,03 ms^{-2}), napominju autori.

Na slične rezultate ukazuju Dewangan i Tewarib (2009.), utvrđujući razinu vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka u sve tri osi. U tu svrhu obavljaju istraživanje jednoosovinskom traktorom koji se gibao po makadamskoj podlozi pri tri brzine gibanja (4, 6 i 8 kmh^{-1}) tijekom transporta i tri brzine gibanja (1, 1,5 i 2 kmh^{-1}) tijekom obrade tla. Najviše razine vibracija izmjerene su prilikom obrade tla (8,07 ms^{-2}). Ukupno gledano najviše izmjerene vibracije su u smjeru osi x i y, a zatim u z osi, što se podudara s analizom varijance koja je

pokazala značajan utjecaj vibracija koje se prenose na sustav ruka-šaka tijekom obje agrotehničke operacije.

Barač i sur. (2017.a) u svom istraživanju utjecaja različitih agrotehničkih podloga na proizvedene vibracije koje utječu na sustav ruka-šaka rukovatelja traktora došli su do zaključka kako pri različitim agrotehničkim podlogama postoje vibracije različitih intenziteta koje utječu na sustav ruka-šaka. Najviše vrijednosti izmjerene su na asfaltnoj podlozi (x os 0,079 ms^{-2}; y os 0,071 ms^{-2}; z os 0,069 ms^{-2}), a najniže na travnatoj (x os 0,020 ms^{-2}; y os 0,069 ms^{-2}; z os 0,040 ms^{-2}) pri gibanju traktora brzinom 7,5 kmh^{-1}. Istraživanjem provedeno za potrebe Disertacije izuzevši testne trake, najviše razine vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka rukovatelja u smjeru osi x i y utvrđene su na asfaltnoj podlozi. Najniže vibracije koje utječu na sustav ruka-šaka izmjerene su na travnatoj podlozi u smjeru osi y i osi z.

Barač i sur. (2019.) ispitivali su utjecaj vibracija na sustav ruka-šaka u radu traktora IMT 539 pri različitim agrotehničkim operacijama i različitim brzinama gibanja. Izmjerene vrijednosti vibracija značajno su veće u smjeru sve tri osi pri radu bočne rotodrljače u odnosu na ostale promatrane agrotehničke operacije. Najniže su izmjerene vrijednosti vibracija bile pri radu raspršivača. Analizom varijance utvrđena je značajna razlika između srednjih vrijednosti u smjeru sve tri osi. Utjecaj nezavisne varijable brzine gibanja u smjeru y osi i nezavisne varijable agrotehničke operacije u smjeru x, y i z osi visoko je signifikantan kao i interakcija. Nakon provedenog istraživanja pri mjerenju vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka rukovatelja poljoprivrednog traktora u smjeru y osi utvrđena je značajnost pri brzini gibanja traktora B1 (1 kmh^{-1}) i B2 (2 kmh^{-1}) za sve tlakove zraka u pneumaticima.

5. ZAKLJUČCI

Provedeno istraživanje Disertacije upućuje na slijedeće zaključke:

- Pri gibanju traktora po glatkoj traci najviša izmjerena vrijednost buke s desne strane bila je pri varijanti A1B6C2, dok je najniža s desne strane utvrđena u varijanti A1B1C2. Najniže vrijednosti vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka i trup izmjerene su pri propisanom tlaku zraka u pneumaticima. Najviše u sustava ruka-šaka u smjeru x i z osi izmjerene su u varijanti A1B1C1. Najviše vibracije u smjeru y osi izmjerene u varijanti A1B6C1. Minimalne vrijednosti vibracija trupa u smjeru sve tri osi izmjerene su pri brzini 1 kmh^{-1}, dok su najviše izmjerene pri brzine traktora od 6 kmh^{-1};
- Najniže vrijednosti svih istraživanih pokazatelja izmjerene su pri gibanja traktora po gruboj traci pri najnižoj brzinom, izuzev pri vibracijama koje utječu na sustav ruka-šaka gdje su izmjerene najniže vrijednosti u rasponu varijanti A1B3C1 do A1B3C3. U pogledu utjecaja tlaka zraka u pneumaticima većinom su najniže vrijednosti izmjerene pri propisanom tlaku, a najviše pri najvišoj brzini gibanja;
- Gibanjem traktora po asfaltnoj podlozi izuzev za vibracije koje utječu na sustav ruka-šaka (gdje su najviše vibracije izmjerene u smjeru x i z osi pri varijanti A3B1C1) sve ostale najviše vrijednosti pokazatelja utvrđene su pri većim brzinama (5 i 6 kmh^{-1}) i u većini pri propisanom tlaku;
- Gibanjem traktora po makadamu utvrđena je najviša vrijednost pri vibraciji koje utječu na trup rukovatelja u smjeru sve tri osi pri varijanti A4B6C3. Najniža vrijednost istih izmjerena pri najnižoj brzini. Najniže i najviše srednje vrijednosti ostalih pokazatelja utvrđene su većinom pri C1 ili C3. U kombinaciji A4B3C3 izmjerena je najviša buka s lijeve strane i najniže vibracije koje utječu na sustav ruka-šaka u smjeru osi x. Utvrđene su maksimalne vrijednosti vibracija sustava ruka-šaka u smjeru osi y i minimalne vibracije sustava ruka-šaka u smjeru osi z;
- Pri gibanju po travnatoj podlozi izmjerene su najniže vrijednosti svih pokazatelja u varijanti sa B1 i B2. U kombinaciji A5B6C3 najviša vrijednost vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka izmjerena je u smjeru osi x. Najmanja vrijednost izmjerena je u smjeru osi y, uglavnom pri najvišoj brzini (6 kmh^{-1}) i ne propisanom tlaku;
- Najviše vrijednosti istraživanih pokazatelja gibanjem traktora po poljskom putu uglavnom su izmjerene u varijantama sa B6 ili B1 i pri C2. Najniže vrijednosti utvrđene su pri najnižim brzinama, izuzev buke s lijeve strane rukovatelja koja je

izmjerena pri B6. Minimalne vrijednosti svih pokazatelja izmjerene su pri C1 i C2, izuzev vibracije koje utječu na sustav ruka-šaka u smjeru z osi pri C3;

- Signifikantne razlike srednjih vrijednosti buke s desne strane rukovatelja utvrđene su između određenih grupa pri gibanju traktora brzinom B2, B3 i B4, a kod C2. Srednja vrijednost buke s desne strane smanjuje se porastom brzine gibanja traktora. U isto vrijeme koeficijent varijacije se povećava. Porastom brzine gibanja traktora ujedno se smanjuje i koeficijent determinacije (od 78,99 % do 44,93 %) za varijante kod kojih je utvrđena značajnost;
- Analizom varijance srednjih vrijednosti utvrđene su signifikantne razlike buke s lijeve strane rukovatelja između određenih grupa agrotehničkih podloga pri tlaku zraka u pneumaticima C1 za brzine gibanja traktora 1, 2 i 3 kmh^{-1} sa rastućim R^2 od 38,98 do 50,89 %. Isto je utvrđeno i za tlak zraka u pneumaticima C3, ali pri nešto većim brzinama gibanja traktora (2, 3 i 4 kmh^{-1}) sa rastućim koeficijentima determinacije od 38,37 % do 72,61 %;
- Signifikantne razlike između srednjih vrijednosti vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka u smjeru osi x i određenih grupa utvrđene su pri C1 i C2 za niže brzine gibanja (1, 2, 3 i 4 kmh^{-1}). Za niži tlak zraka u pneumaticima porastom brzine gibanja traktora smanjuje se koeficijent determinacije i srednja vrijednost vibracija dok koeficijent varijacije raste. Isto je utvrđeno i za C2, osim pri B3. Značajna razlika utvrđena je i pri C3 za veće brzine gibanja traktora (5 i 6 kmh^{-1}) sa obrnutom dinamikom promjene spomenutih koeficijenata i srednje vrijednosti u odnosu pri manjim brzinama;
- Između srednjih vrijednosti vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka u smjeru y osi utvrđen je najniži broj značajnih razlika pri C1, C2 i C3, ali samo pri brzinama gibanja traktora 1 i 2 kmh^{-1}. Porastom brzine gibanja traktora srednja vrijednost vibracija i koeficijent varijacije pri C1 i C2 opada. Koeficijent determinacije za oba navedena tlaka s porastom brzine raste;
- Utvrđene su signifikantne razlike srednjih vrijednosti vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka u smjeru z osi za C1, C2 i C3 pri brzinama gibanja traktora 5 i 6 kmh^{-1}. Za navedene varijante nezavisnih varijabli srednja vrijednost vibracija i koeficijent varijacije rastu s porastom brzine gibanja traktora. Za C1 i C2 koeficijent determinacije s porastom brzine gibanja traktora opada dok isti za viši tlak zraka u pneumaticima s porastom brzine raste. Uz navedeno utvrđene su statistički značajne

razlike zavisne varijable za C1 i C2, a pri brzinama gibanja traktora 1 i 3 kmh^{-1}. Najviši zabilježeni koeficijent determinacije je B5 i C2 tlaku zraka u pneumaticima, a iznosi 70,24 %;

- Utvrđena je značajnost između srednjih vrijednosti vibracija koje utječu na trup ruovatelja u smjeru osi x između određenih grupa za sve brzine gibanja traktora pri C2 i C3. Porastom brzine gibanja traktora raste i vibracija, a ista je značajno veća pri C3 tlaku zraka u pneumaticima u odnosu na C2. Najviši koeficijent determinacije je pri brzini gibanja traktora B3 te opadaju kako se brzina smanjuje ili povećava s tim da su pri većim brzinama izraženiji nego pri manjim. Najniži koeficijent varijacije zabilježen je također pri B3, ali povećanjem ili smanjenjem brzine gibanja traktora raste. Koeficijent varijacije izraženiji je pri C2 tlaku zraka u pneumaticima u odnosu na C3 tlak;
- Statistički značajne razlike između srednjih vrijednosti vibracija trupa koje utječu na trup rukovatelja u smjeru osi y i određenih grupa utvrđene su pri C2 i C3 za sve brzine gibanja. Srednje vrijednosti vibracija rastu s povećanjem brzine gibanja i veće su pri C2 u odnosu na C3. Koeficijenti determinacije za C2 kreću se u većem rasponu u odnosu na viši tlak;
- Signifikantne razlike između srednjih vrijednosti vibracija koje utječu na trup rukovatelja u smjeru osi z i određenih grupa utvrđene su samo pri C1 tlaku za sve brzine gibanja osim najviše. Porastom brzine gibanja raste i srednja vrijednost vibracija koje utječu na trup rukovatelja. Vrijednosti koeficijenta determinacije u tom slučaju opadaju. Najviši koeficijent determinacije utvrđen je pri brzini gibanja B1 i iznosi 47,42 %. Najniži je pri brzini B5 i iznosi 38,24 %;
- Utvrđeno je kako niti jedna vrijednost buke ne prelazi donju (80 dB) i gornju (85 dB) upozoravajuću vrijednost kao niti graničnu vrijednost izloženosti (87 dB). Ovim se potvrđuje kako rukovatelj ovog traktora nije zdravstveno ugrožen te može obavljati agrotehničke operacije bez osobnih zaštitnih sredstava za zaštitu od buke kao što su čepići za uho, zaštitne slušalice uši i slično;
- Pri vibracijama koje utječu na sustav ruka-šaka utvrđeno je kako niti jedan izmjereni podatak ne prelazi upozoravajuću (2,5 ms^{-2}) i graničnu (5 ms^{-2}) vrijednost dnevne izloženosti. S time njegovo zdravstveno stanje nije ugroženo te može obavljati poslove bez uporabe osobnih zaštitnih sredstava (rukavica);

- Izmjerenim podacima vibracija koje utječu na trup rukovatelja u smjeru osi x pri većim brzinama gibanja traktora i tlakovima C2 i C3 te u smjeru osi y pri većim brzinama i tlakovima C1 i C2 i u smjeru osi z pri najvišoj brzini i tlakovima C1 i C2 utvrđeno je kako prelaze upozoravajuću vrijednost dnevne izloženosti od 0,5 ms^{-2}. Preporuka je kako je rukovateljevo zdravlje ugroženo da se pregleda zračno ogibljenje sjedala kako bi se mogle spriječiti na vrijeme započete komplikacije. Unatoč tome izmjereni podaci ne prelaze graničnu vrijednost dnevne izloženosti od 1,15 ms^{-2}.

6. LITERATURA

1. Abd-El-Tawwab, A.M.,; Abouel-Seoud, S.A., El-Sayed, F.M., Adb-El-Hakim, T.A. (2000.): Characteristics of agriculture tractor interior noise. Journal of low frequency noise, vibration and active control, 19(2): 73-81.
2. Abouel-Seoud, S. A. (1987.): The ride characteristics of off-road vehicle. Bulletin of the Faculty of engineering. University of assiut, part 2.
3. Ahmadi, K., Altintas, Y. (2013.): Stability of lateral, torsional and axial vibrations in drilling. International journal of machine tools and manufacture, 68: 63-74.
4. Akustika (2016.): Leksikografski Zavod Miroslav Krleža. Home page address: http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=1265 (2016-9-8).
5. Almeida, S.V., Sperotto-Spneski, C.F., Dolmo, S.L., Correla, S.P.T., Santos, G.E.J., Silva-Arbex, R.P. (2015.). Analysis of vibration levels in agricultural tractor with and without cabin. African journal of agricultural research, 10(53): 4945-4949.
6. Anđelović, M., Jovanović, J. (2009.): Medicina rada. Medicinski fakultet u Nišu, Niš.
7. Ashley, C. (1970.): Equal annoyance contours for the effect of sinusoidal vibration on man. Shock and Vibration Bulletin, 41(2): 13-20.
8. Aybek, A., Kamer, A. H., Arslan, S. (2010.): Personal noise exposures of operators of agricultural tractors. Applied Ergonomics, 41(2): 274-281.
9. Bačić, T. (2017.): Razina buke u logopedskim kabinetima. Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet u Zagrebu, Zagreb.
10. Bajek, S., Bobinac, D., Jerković, R., Malnar, D., Marić, I. (2007.): Sustavna anatomija čovjeka. Digital point, Rijeka.
11. Barač, Ž. (2013.): Utjecaj starosti traktora na proizvedenu razinu buke. Diplomski rad, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.
12. Barač, Ž., Plaščak, I., Jurić, T., Jurišić, M., Zimmer, D. (2014.): Starost traktora kao čimbenik proizvedene razine buke. Agronomski glasnik 76(3): 151-161.
13. Barač, Ž., Plaščak, I., Jurić, T., Jurišić, M., Zimmer, D., Čuković, I. (2016.a): Utjecaj različitih agrotehničkih podloga na generiranje buke pri eksploataciji poljoprivrednog traktora. Proceedings & abstract of the 9th International Scientific/Professional Conference Agriculture in Nature and Environment Protection, 06.-08. Lipanj, Vukovar, str. 78-81.
14. Barač, Ž.; Plaščak, I.; Jurić, T.; Jurišić, M. (2016.b): The influence of tractor exploitation time on the generated noise level. Tehnički vjesnik, 23(5): 1505-1510.

15. Barač Ž., Plaščak, I., Heffer, G., Vidaković, I., Jurišić, M. (2016.c): Utjecaj radnih sati traktora na razinu proizvedene buke. Agronomski glasnik 78(1): 17-25.
16. Barač, Ž., Plaščak, I., Jurić, T., Jurišić, M., Heffer, G., Nikolić, A. (2016.d). Proizvedena razina traktorskih vibracija pri različitim agrotehničkim podlogama koje utječu na trup rukovatelja. Proceedings & abstract of the 9th International Scientific/Professional Conference Agriculture in Nature and Environment Protection, 06.-08. Lipanj, Vukovar, str. 82-85.
17. Barač, Ž., Plaščak, I., Jurišić, M., Zimmer, D., Vidaković, I., Laslo, J. (2017.a). Utjecaj različitih agrotehničkih podloga na proizvedene vibracije koje utječu na sustav ruka-šaka rukovatelja. Proceedings & abstract of the 10th International Scientific/Professional Conference Agriculture in Nature and Environment Protection, 05.-07. Lipanj, Vukovar, str. 187-190.
18. Barač, Ž., Vidaković, I., Zimmer, D., Ermenić, V. (2017.b): Odnos agrotehničkih zahvata na proizvedenu razinu vibracija te njihov utjecaj na sustav ruka-šaka rukovatelja traktora. Zbornik radova 52. hrvatskog i 12. međunarodnog simpozija agronoma,12.-17. Veljače, Dubrovnik, str. 628-631.
19. Barač, Ž., Plaščak, I., Jurišić, M., Heffer, G., Vidaković, I., Marković, M., Zimmer, D. (2017.c): Utjecaj vibracija na trup rukovatelja pri agrotehničkim operacijama. Glasnik zaštite bilja, 40(4): 8-15.
20. Barač, Ž., Plaščak, I., Jurišić, M., Zimmer, D. (2017.d): Utjecaj različitih vrsta podloga i radnih sati traktora na proizvedenu razinu buke. Agronomski glasnik 79(4): 165-176.
21. Barač, Ž., Plaščak, I., Jurić, T., Jurišić, M., Heffer, G., Zimmer, D., Vidaković, I., Radočaj, D., Majstorović, S. (2019.). Utjecaj vibracija na sustav ruka-šaka pri radu traktora IMT 539. Proceedings & abstract of the 12th International Scientific/Professional Conference Agriculture in Nature and Environment Protection, 27.-29. Svibanj, Osijek, str. 295-299.
22. Bednjanec, A., Kos, T. (2014.): Informacije i komunikacije. Elektrotehnička škola, Zagreb.
23. Behesht, M.H., Ghandhari, P. (2015.): Assessment of noise exposure in operator cultivator tiller. International journal of occupational hygiene, 7(4): 197-201.
24. Behroozi Lar, M., Payandeh, M., Bagheri, J., Khodarahm Pour, Z. (2012.): Comparison of noise level of tractors with cab and without in different gears on driver ear and bystander. African journal of agricultural research, 7(7): 1150-1155.

25. Bies, D.A., Hansen, C.H. (2009.): Engineering Noise Control: Theory and Practice, Fourth Edition. New York: Tayler & Francis, New York.
26. Bilski, B. (2013.): Audible and infrasonic noise levels in the cabins of modern agricultural tractors – does the risk of adverse, exposure – dependent effects still exist. International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health 26(3): 488-493.
27. Bilski, B. (2017.): Exposure to infrasonic noise in agriculture. Annals of Agriculture and Envlronmental Medicine, 24(1): 86-89.
28. Bogadi-Šare, A. (1993.). Djelovanje općih vibracija: nedovoljno poznat zdravstveni problem. Arhiv za higijenu rada i toksikologiju, 44(3): 269-279.
29. Brkić, D., Vujčić, M., Šumanovac, L., Lukač, P., Kiš, D., Jurić, T., Knežević, D. (2005.): Eksploatacija poljoprivrednih strojeva. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.
30. Butkus, R., Liegus, M., Vasiliauskas, G. (2015.): Tendencies of noise levels in cabs of agricultural tractors. Proceedings of the 7th International Scientific Conference Rural Development, 19-20 November, Lithuania, pp. 1-5.
31. Butkus, R., Vasiliauskas, G. (2016.): Harmful factors in the workplaces of tractor drivers. Research for rural development, 1: 242-247.
32. Calvo, A., Deboli, R., Preti, C., Maria de, A. (2014.): Daily exposure to hand arm vibration by different electric olive beaters. Journal of agricultural engineering, 45(3): 103-110.
33. Calvo, A., Deboli, R., Preti, C. (2016.): Operators` exposure to noise and vibration in the grass cut tasks: comparasion between private and public yards. Agricultural engineering international: CIGR journal, 18(1): 213-225.
34. Cardinale, M., Wakeling, J. (2005.): Whole body vibration exercise: are vibrations good for you. Aberdeen.
35. Celen, I. H., Ann, S. (2003.): Noise levels of agricultural tractors. Pakistan journal of biological sciences, 6(19): 1706-1711.
36. Cheng, J., Chi, R., Mao, E. (2015.): Influence of hanging farm implement on vibration of tractor with electro-hydraulic hitch system. Transactions of the chinese society of agricultural engineering, 31(7): 24-32.
37. Chow, W.W., Odell, E.I. (1978.): Deformations and stresses in soft body tissues of a sitting person. Journal of Biomechanical Engineering 100: 79-87.

38. Crolla, D.A., Dale, A.K. (1980.): Ride vibration measurements of agricultural tractor and trailer combinations. International journal of vehicle mechanics and mobility 9(5): 261-279.
39. Cutini, M., Brambilla, M., Bisaglia, C. (2017.): Whole-body vibration in farmming: background document for creating a simplified procedure to determine agricultural tractor vibration comfort. Agriculture, 7(84): 1-20.
40. Cvetanović, B., Zlatković, D. (2013.): Evaluation of whole-body vibration risk in agricultural tractor drivers. Bulgarian journal of agricultural science, 19(5): 1155-1160.
41. Cvetanović, B., Cvetković, M., Cvetković, D. (2014.): Procjena rizika po zdravlje vozača, od vibracija nastalih pri eksploataciji traktora. Poljoprivredna tehnika, 3: 21-29.
42. Čorak, T. (2001.): Sustav automatiziranog ispitivanja asinkronog stroja u tvornici. Elektrotehnički fakultet u Zagreb, Zagreb.
43. Dale, A.K. (1978.): The theoretical prediction of tractor ride vibration. Proc. Inst. Measurement and Control Conf, London.
44. Deboli, R., Calvo, A., Preti, C., Palietto, G. (2008.): Whole Body Vibration (WBV) transmitted to the operator by tractors equipped with radial tires. Interrnational conference Innovation Technology to Empower Safety, Health and Welfare in Agriculture and Agro-food Systems, September 15-17, Ragusa, pp 1-10.
45. Deboli, R., Calvo, A., Preti, C. (2009.): Whole body vibration (WBV): comparison among fied dana and standard test track (ISO 5008) in different operative conditions. 33 CIOSTA – CIGR V Conference technology and management to ensure sustainable agriculture, agro-system, forestry and safety, 17.-19. June, Reggio Calabria, pp. 1-10.
46. Deboli, R., Calvo, A., Preti, C. (2012.): Comparison between ISO 5008 and field whole body vibration tractor values. Journal of agricultural engineering, 43(2): 49-54.
47. Deboli, R., Calvo, A., Gambella, F., Preti, C., Dau, R., Casu, E.C. (2014.): Hand arm vibration generated by a rotary pick-up for table olives harvesting. Agricultural engineering international: CIGR journal, 16(1): 228-235.
48. Deboli, R., Calvo, A., Preti, C. (2017.): Whole-body vibration: measurement of horizontal and vertical transmissibility o fan agricultural tractor seat. International journal of industrial ergonomics, 58: 69-78.

49. Dewangan, K.N., Tewarib, V.K. (2009.): Characteristics of hand-transmitted vibration of a hand tractor used in three operational modes. International journal of industrial ergonomics, 39(1): 239-245.
50. Dewangan, K.N., Rakheja, S., Marcotte, P., Shahmir, A. (2015.): Effects of elastic seats on seated body apparent mass responses to vertical whole body vibration. Ergonomics, 58(7): 1175-1190.
51. 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: http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=CELEX:02002L0044-20081211 (2018-03-15).
52. Doktor (2018.): Buka. Home page address: http://www.vasdoktor.com/medicina-rada/1352-buka (2018-3-10).
53. Drummond, D.S., Narechania, R.G., Rosenthal, A.N., Breed, A.L., Lange, T.A., Drummond,D.K. (1982.): A study of pressure distributions measured during balanced and unbalanced sitting. Journal of bone & joint surgery, 64(7): 1034-1039.
54. Dunn, J. W., Aspinall, D. T. (1969.): A study of the vibration and acustic characteristics of saloon car bodies. MIRA report 15.
55. Dunn, J. W., Olatunbosum, O. A., Abou-EL-Seoud, S. A., Mills, B. (1979.): The application of dynamic perfomance standard sin the design and development of a study prototype structure. Zbornik radova 79. Nauk I. Motorna Vozila, 04.-07. Lipnja, Beograd, str. 51-60.
56. Đukić, I., Goglia, V. (2007).: Buka i vibracije pri radu jarmača i tračnih pila trupčara. Drvna industrija, 58(1): 19-22.
57. Environmental impact assesment ordinance (2003.): Sound power level assessment for grab dredger. Home page address: http://www.epd.gov.hk/eia/ (2015-09-15).
58. Fabijanić, K. (2010.): Zaštita zdravlja i sigurnost članova poljoprivrednih kućanstava. Sigurnost, 52(4): 367-379.
59. Fahy, F., Thompson, D. (2015.). Fundamentals of Sound and Vibration, Second Edition. Institute of Sound and Vibration Research. University of Southampton, United Kindom.

60. Futatsuka, M., Maeda, S., Inaoka, T., Nagano, M., Shono, M., Myakita, T. (1998.): Whole-body vibration and health effects in the agricultural machinery drivers. Industrial Health, 36(2): 127-132.
61. Ghotbi, M.R., Monazzam M.R., Khanjani, N., Nadri, F., Fard, S.M.B. (2013.): Driver exposure and environmental noise emission of Massey Ferguson 285 tractor during operations with different engine speeds and gears. African journal of agricultural research, 8(8): 652-659.
62. Gialamas, T., Gravalos, I., Kateris, D., Xyradakis, P., Dimitriadis, C. (2016.): Vibration analysis on driver's seat of agricultural tractors during tillage tests. Spanish journal of agricultural research, 14(4): 1-10.
63. Goglia, V., Gospodarić, Z., Kovačev, I., Čopec, K. (2000.): Analiza buke emitirane od traktora AGROMEHANIKA AGT830, 28. međunarodni simpozij iz područja poljoprivredne mehanizacije, 01.-04. Veljače, Opatija, 117 – 122.
64. Goglia, V., Gospodarić, Z., Beljo-Lučić, R., Đukić, I. (2005.): Neke ergonomske značajke kabine traktora JOHN DEERE 8520. 33. međunarodni simpozij iz područja poljoprivredne mehanizacije, 21.-25. Veljače, Opatija, str. 99-110.
65. Goglia, V., Đukić, I. (2005.): Rezultati istraživanja nekih ergonomskih značajki skidera ECOTRAC 120V te njihova kontrola nakon jedne godine uporabe. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatska.
66. Goglia, V., Đukić, I., Gospodarić, Z., Filipović, D. (2007): Neke ergonomske značajke kabine traktora IMT 549 Dv. 35. međunarodni simpozij iz područja poljoprivredne mehanizacije, 19.-23. Veljače, Opatija, str. 381-391.
67. 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.
68. Gomez-Gil, J., Gomez-Gil, F.J., Martin-de-Leon, R. (2014.): The influence of tractor-seat height above the ground on lateral vibrations. Sensors, 14(10): 19713-19730.
69. Griffin, M.J., Whithm, E.M., Parsons, K.C. (1982.): Vibration and comfort-I, Translational seat vibration. Ergonomics 25(7): 603-630.
70. Griffin, M. J. (1990.): Handbook of human vibration. Institute of Sound and Vibration Research. University of Southampton, United Kindom.
71. Grubišić, A., Gugljaš, I. (2010.): Uzajamni utjecaj aktivnosti ljudi i vibracija međukatnih konstrukcija. E-GFOS, 1(1): 67-69.

72. Holley, L.K., Long, J., Stewart, J., Jones, R.F. (1979.): A new pressure measuring system for cushions and beds-with a review of the literature. Paraplegia, 17: 461-474.
73. HRN ISO 2631-1 (1999.): Mehaničke vibracije i udari – ocjenjivanje izloženosti ljudi vibracijama cijeloga tijela – 1. dio: opći zahtjevi, Zagreb.
74. HRN ISO 6396 (2000.): Akustika – mjerenje buke strojeva za zemljane radove na mjestu rukovatelja – ispitivanje u uvjetima simuliranoga radnog ciklusa, Zagreb.
75. HRN ISO 5131 (2000.): Akustika – traktori i strojevi za poljoprivredu i šumarstvo – mjerenje buke na mjestu rukovatelja – pregledna metoda, Zagreb.
76. HRN ISO 5008 (2001.): Poljoprivredni traktori s kotačima i poljska mehanizacija – mjerenje vibracija koje se prenose na cijelo tijelo rukovatelja, Zagreb.
77. HRN ISO 5349-1 (2008.): Mehaničke vibracije – mjerenje i ocjena izloženosti ljudi vibracijama koje se prenose preko ruku – 1. dio: opći zahtjevi, Zagreb.
78. HRN ISO 5349-2 (2008.): Mehaničke vibracije – mjerenje i ocjena izloženosti ljudi vibracijama koje se prenose preko ruku – 2. dio: praktične smjernice za mjerenje na radnome mjestu, Zagreb.
79. HRN ISO 2631-4 (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, Zagreb.
80. HZZO (2016.): Profesionalne bolesti. Home page address: http://www.hzzo.hr/zastita-zdravlja-na-radu/profesionalna-bolest/ (2017-11-7).
81. Ingemansson, S., Elvhammar, H. (1995.): Buka, zaštita od buke – načela i primjena. Zavod za istraživanje i razvoj sigurnosti d.d., Zagreb.
82. Janeway, R.N. (1975.): Human vibration tolerance criteria and application to ride evaluation. SAE Paper 751066.
83. Jaros, L.A., Levine, S.P., Kett, R.L., Koester, D.J. (1988): The spiral pressure monitor. Proceedings of 3rd international conference on rehabilitation technology, 11.-15. July, Resna, pp. 308-309.
84. Jha, S. K., Cheilas, N. (1976.): Acoustic charasteristics of a carcavity and estimation of interior sound filed produced by vibrating panel. ASME Paper 76-WA/DE.
85. Jones, A.J., Saunders, D.J. (1972.): A scale of human reaction to whole body, vertical, sinusoidal vibration. Journal of sound and vibration, 23: 1-4.

86. Jurić, T., Šumanovac, L., Heffer, G., Emert, R. (1997.): Konstrukcija poljoprivrednih traktora uvjetovana ergonomskim zahtjevima. Časopis Strojarstvo, 39(5): 209-213.
87. Kalipci, E., Arslan, F. (2007.): Determination of noise pollution knowledge in the sport centres of Konya city. Journal of international environmental application & science, 2(3-4): 63-69.
88. Kempen, E.E.M.M., Kruize, H., Boshuizen, H.C., Ameling, C.B., Staatsen, B:A.M., Hollander, A.E.M. (2002.): The association between noise exposure and blood pressure and lschemic heart disease: a meta – analysis. Environmental health perspectives, 110(3): 307-317.
89. Khadatkar, A., Mehta, C.R., Gite, L.P., Narwariya, B.S., Komar, A. (2017.): Hearing impairement of Indian agricultural tractor drivers. Current science, 113(5): 969-974.
90. Klaeboe, R., Kolbenstvedt, M., Clench – Aas, J., Bartonova, A. (2000.): Oslo traffic study – part 1: an integrated approach to assess the combined effects of noise and air pollution on annoyance. Atmospheric environment 34(27): 4727-4736.
91. Korisničke upute Metrel (2004.a): Multinorm MI 6201, FonS MI 6301 i Poly 6401. Belmet 97, Zagreb.
92. Korisničke upute Metrel (2004.b): Zvučna sonda. Belmet 97, Zagreb.
93. Kuznetsov, Y., Rodimtsev, S., Goncharenko, V., Patrin, E., Kalashnikova, V. (2016.): Invastigation of noise parameters at head thresher operation and noise map development in free sound field. Poljoprivredna tehnika 4: 21-24.
94. Langer, H.T., Ebbesen, M.K., Kordestani, A. (2015.): Experimental analysis of occupational whole-body vibration exposure of agricultural tractor with large square baler. International journal of industrial ergonomics, 47: 79-83.
95. Lenzuni, P., Deboli, R., Preti, C., Calvo, A. (2016.): A round robin test for the hand-transmitted vibration from an olive harvester. International journal of industrial ergonomics, 53: 86-92.
96. Lines, J.A., Stiles, M., Whyte, R.T. (1995.): Whole body vibration during tractor driving. Journal of low frequency noise, vibration and active control, 14(2): 87-104.
97. Ling, M. K. (1992.): Measurement of sound insulation of automotive body components using sound intensity. Journal of automobile engineering, 206: 137-141.
98. Linšak, Ž. (2014.): Buka i zdravlje: Vibracija čvrstih i plinovitih molekula. Home page address: http://www.zzjzpgz.hr/nzl/68/buka.htm (2016-9-10).

99. Matthews, J. (1966.): Ride comfort for tractor operators: II analysis of ride vibrations on pneumatic tyred tractors. Journal of agricultural engineering research, 9(2): 147-158.
100. Weber, M. (2006.): MICROSOFT EXCEL FILE, Visual basic makro. Metra Mess – und Frequenztechnik in Radebeul e.K.
101. Microton (2011.): Uho i sluh. Home page address: https://www.microton.hr/uho-i-sluh/377/HR (2017-5-10).
102. Mikšić, D. (1997.): Uvod u ergonomiju. Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb.
103. Mofrad, F.E., Lar, M.B., Kohan, A. (2014.): Reduce noise in the cab of the tractor MF 399 sugar transport operation. Aensi journals-advances in environmental biology, 8(6): 3035-3038.
104. Monazzan, M. R., Nadri, F., Khanjani, N., Barsam, T., Shamsi, M., Akbari, H. (2012.): Tractor drivers and bystanders noise exposure in different engine speeds and gears. Iranian journal of millitary medicine 2(14): 149-154.
105. Murphy, J.D., Robertson, S.M., Harshman, W. (2017.): Noise induced hearing loss in agriculture. The Pennsylvania State University. Home page address: https://extension.psu.edu/noise-induced-hearing-loss-in-agriculture (2018-3-16).
106. Morse, P., Ingrad, K. (1968.): Theoretical acoustics. Princeton University.
107. Neoroth (2012.): Postupak slušanja. Home page address: http://www.neuroth.hr/slusna-pomagala/o-sluhu/postupak-slusanja/ (2016-9-7).
108. Neugebauer, G., Jancurova, L., Martin, J., Manek, T. (2010.): Opasnost od vibracija koje se prenose na cijelo tijelo i na šake-ruke. International Social security association, Bochum.
109. NN (20/2003.): Zakonu o zaštiti od buke. Home page address: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2003_02_20_290.html (2015-10-15).
110. NN (145/2004.): Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave. Home page address: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2004_10_145_2548.html (2018-03-15).
111. NN (37/2007.): Pravilnik o postupku homologacije traktora za poljoprivredu i šumarstvo s obzirom na razinu buke koju osjeća vozač traktora TPV 309 (izdanje 00). Home page address: http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2007_04_37_1234.html (2017-5-15).

112. NN (46/2008.): Pravilnik o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu. Home page address: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2008_04_46_1577.html (2018-03-15).
113. 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. (2018-3-15).
114. NN (79/2010.): Pravilnik o postupku homologacije traktora za poljoprivredu i šumarstvo s obzirom na razinu buke koju osjeća vozač traktora TPV 309, Home page address: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2010_06_79_2272.html (2015-09-15).
115. NN (154/2014.): Zakon o zaštiti na radu. Home page address: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_12_154_2906.html (2018-2-15).
116. Oborne, D.J., Clarke, M.J. (1974.): The determination of equal comfort zones for whole body vibration. Ergonomics, 17: 769-782.
117. Oborne, D.J. (1976.): A critical assessment of studies relating whole-body vibration to passenger comfort. Ergonomics, 19: 751-774.
118. Ozer, S., Yilmaz, H., Yesil, M., Yesil, P. (2009.): Evaluation of noise pollution caused by vehicles in the city of Tokat. Scientific research and essay, 4: 1205-1212.
119. Petrović, P., Bracanović, Z., Vukas, S. (2005.): Oscilatorne pojave kod poljoprivrednih traktora. Poljoprivredna tehnika, 2: 15-23.
120. Petz, B., Kolesarić, V., Ivanec, D. (2012.): Petzova Statistika – Osnovne statističke metode za nematematičare. Senat Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
121. Plaščak, I., Barač, Ž., Jurišić, M., Đurđević, M. (2015.): Model generiranja karte buke pri radu tehničkog sustava za usitnjavanje biljne mase point krigging metodom. Agronomski glasnik, 77(3): 85-96.
122. Pobedin, A.V., Dolotov, A.A., Iskaliev, A.I., Potapov, P.V. (2015.): Research of noise in tractor K700 cabin. Journal of kones powertrain and transport, 22(1): 261-264.
123. Pobedin, A.V., Dolotov, A.A., Shekhovtsov, V.V. (2016.): Decrease of the vibration load level on the tractor operator working place by means of using of vibrations dynamic dampers in the cabin suspension. Procedia Engineering, 150: 1252-1257.
124. Poplašen, D., Kerner, I. (2013.): Vibracije koje se prenose na šake i ruke. Sigurnost, 55(4): 389-391.
125. Potočnik, I., Poje, A. (2010.): Noise Pollution in Forest Environment Due to Forest Operations. Croatian journal of forest engineering 31(2): 137-148.

126. Riccioni, S., Cecchini, M., Monarca, D., Colantoni, A., Longo, L., Cavalletti, P., Bedini, R. (2015.): Overview of the Noise Measurements Process in Recent Years. Contemporary Engineering Sciencs, 26(8): 1179-1191.
127. Rsi faktori rizika (2004.): Vibracijski bijeli prst. Home page address: http://web.zpr.fer.hr/ergonomija/2004/stampar/vibrwh.htm (2017-6-28).
128. Ruzić, D., Časnji, F. (2011.): Personalized ventilation concept in mobile machinery cab. International journal for vehicle mechanics, engines and transportation Systems, 37(1): 9–22.
129. Sabanci, A. (1999.): Ergonomi. Baki Kitabevi, Yayin No: 13, Adana.
130. SAS 9.4 Copyright © 2014-2017 by SAS Institut Inc., Cary, NC, USA (Licensed to Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek)
131. Sanders, M.S., McCormick, E.J. (1987.): Human factors in Engineering and Design (6th Edition). McGraw-Hill Book Company, New York.
132. Savin, L., Nikolić, R., Simikić, M., Furman, T., Tomić, M. (2006.): Rezultati ispitivanja traktora FENDT 930. Časopis Traktori i pogonske mašine, 11(5): 118-124.
133. Savin, L., Tomić, M., Simikić, M., Mago, L. (2011.): Ispitivanje mogućnosti homologacije traktora YTO 454. Časopis Traktori i pogonske mašine, 16(2): 37-42.
134. Scarlett, A.J., Price, J.S., Stayner, R.M. (2007.): Whole-body vibration: Evalution of emission and exposure levels arising from agricultural tractors. Journal of terramechanics, 44: 65-73.
135. Seifi, M.R., Hassan-Beygi, S.R., Ghobadian, B. (2016.): Evaluation of a tractor Diesel engine noise fuelled by water-Diesel emulsion. Russian agricultural sciences, 42(5): 394-401.
136. Servadio, P., Marsili, A., Belfiore, N.P. (2007.): Analysis of driving seat vibrations in high forward speed tractors. Biosystems engineering, 97: 171-180.
137. Sherwin, L.M., Owende, P.M.O., Kanali, C.L., Lyons, J., Ward, S.M. (2004.): Influence of forest machine function on operator exposure to whole-body vibration in a cut-to-length timber harvester. Ergonomics, 47: 1145-1159.
138. Shinde, A., Jadhav S.G. (2016.): Vibration measurement and vibration reduction of steering wheel of an agricultural tractor. International journal of science and research, 5(7): 44-48.
139. Shoenberger, R.W., Harris, C. (1971.): Psychophysical assessment of whole-body vibration. Human Factors, 13: 41-50.

140. Singh, G.K. (2014.). Effect of whole-body vibration on vehicle operators: a review. International journal of science and research, 3(7): 320-323.
141. Stanković, D., Tričković, K. (1984.): Odnos između bljedila prstiju, testa hladnoćom i digitalne pletizmografije u sjekača šume koji su radili različitim vrstama motornih pila. Arhiv higijene rada i toksikologije, 35(4): 343-353.
142. Stayner, R.M., Bean, A.G.M. (1975.): Tractor ride investigations: a survey of vibrations experienced by drivers during field work. NIAE Departmental Note No. DN/E/578/1445 (unpublished), Silsoe, UK.
143. Stayner, R.M., Collins, T.S., Lines, J.A. (1984.): Tractor ride vibration simulation as an aid to design. Journal of agricultural engineering research, 29: 354-355.
144. Suchomel, J., Belanová, K., Vlčková, M. (2010.): Evaluation of noise in the wood chips production. Human potential development : search for opportunities in the new EU states, Proceedings of the 7th annual international scientific conference, 02.-03. June, Zvolen, pp. 11-22.
145. Taboršak, D. (1994.): Ergonomija i medicina rada. Arhiv za higijenu rada i toksikologiju, 45(4): 309-314.
146. Tanković, A., Suljić-Beganović, F., Talajić, M., Lutvica, S., Lutvica, E., Goletić, A. (2015.): Utjecaj vibracija na ljudski organizam. Bilten Ljekarske komore, 20: 33-40.
147. Tewari, V.K., Vidhu, K.P., Ashok, K.A., Sweeti, K. (2013.): Reduction of hand transmitted and whole body vibrations experienced by tractor operators by using piezo crystal materila. Agricultural engineering international: CIGR journal, 15(2): 209-220.
148. Tint, P., Tarmas, G., Koppel, T., Reinhold, K., Kalle, S. (2012.): Vibration and noise caused by lawn maintenance machines in association with risk to health. Agronomy research biosystem engineering, 1: 251-260.
149. Tractordata (2016.): Landini power farm 100. Home page address: http://www.tractordata.com/farm-tractors/008/6/3/8631-landini-powerfarm-100.html (2016-3-16).
150. Trbojević, N., Ikonić, M., Džambas, I. (2009.): Description for analysing and model of noise reduction in the turbine facility of hydroelectric power plant. Engineering Review, 29(2): 63-68.
151. Trbojević, N. (2011.): Osnove zaštite od buke i vibracija. Veleučilište u Karlovcu, Karlovac.

152. Vallone, M., Febo, P., Catania, P., Bono, F., Quendler, E. (2016.): Risk exposure to vibration and noise in the use of agricultural track-laying tractors. Annals of Agriculture and Environmental Medicine, 23(4): 591-597.
153. Zaštita na radu (2012.): Buka na random mjestu. Home page address: http://zastitanaradu.com.hr/novosti/vijest.php?id=15&Buka-na-radnom-mjestu (2015-09-15).
154. Zeng, X. (2016.): Modeling predictors of whole body vibration exposure among Saskatchewan farmers: A key step in low back disorder prevention. University of Saskatchewan, Saskatoon.
155. Zewdie, R., Pavel, K. (2017.): Noise pollutants in agricultural machinery drivers cabin. Engineering for rural development, 24-26 May, Jelgava, pp. 425-430.
156. WorkSafe New Zealand (2014.): Preventing noise induced hearing loss on farms. Home page address: https://www.dairynz.co.nz/media/1273375/preventing-hearing-loss.pdf (2017-5-13).
157. Wen, L., Kal, Z. (1994): Prediction of Structure-Borne Noise Inside Tractor. SAE Transactions, Knjiga, 67-71.
158. Wen, L., Somayajula, G. (1994.): Off-highway vehicle ride comfort analysis. International Off-Highway & Powerplant Congress & Exposition Milwaukee, Wisconsin September, 12.-14. Rujan, Milwaukee, Wisconsin, str. 1-5.
159. Yang, Y., Weiqun, R., Liping, C., Ming, J., Yang, Y. (2009.): Study on ride comfort of tractor with tandem suspension based on multi-body system dynamics. School of Mechanical Science and Engineering, Huazhong University of Technology, Wuhan 430074, People's Republic of China.

7. SAŽETAK

U Disertaciji je prikazano istraživanje na temu odnosa nekih eksploatacijskih činitelja na pojavu buke i vibracija kao ergonomskih pokazatelja. Izmjerene su razine unutarnje buke u kabini rukovatelja poljoprivrednog traktora, vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka rukovatelja na upravljaču poljoprivrednog traktora i vibracija koje utječu na trup rukovatelja na sjedalu poljoprivrednog traktora. Mjerenje je obavljeno na traktoru marke LANDINI tipa POWERFARM 100 na proizvodnim poljoprivrednim površinama i pristupnim putovima Poljoprivredne i veterinarske škole Osijek. Eksploatacijski činitelji koji su promatrani u istraživanju su šest agrotehničkih podloga (dvije trake glatka i gruba, asfaltna podloga, makadam, travnata podloga i poljski put), šest brzina kretanja poljoprivrednog traktora (1, 2, 3, 4, 5 i 6 kmh^{-1}) i tri tlaka zraka u pneumaticima (niži - 1,9 bar; propisani - 2,4 bar i viši - 2,9 bar). Mjerenje je obavljeno sukladno normi HRN ISO 5008 koja nam govori izradu testnih traka, glatke (100 metara) i grube (35 metara) te na osnovu koje su izabrane ostale agrotehničke podloge. Mjerenje buke obavljeno je uređajem Metrel Multinorm s filterom „A“, isti je postavljen u skladu s normom HRN ISO 6396 (2000.) koja nalaže da se mjerenje obavlja unutar kabine rukovatelja traktora pri kretanju. Rukovatelj traktora na sebi ne smije nositi odjeću koja bi mogla proizvoditi dodatnu buku isto tako i ublaživati buku te ne smije nositi kacigu osim u slučaju sigurnosti. Visina rukovatelja kada sjedi treba biti od 800 mm do 960 mm, od sjedeće površine sjedala do vrha glave. Norma HRN ISO 5131 (2000.) nalaže kako se zvukomjer nalazi 250 mm ± 20 mm od sredine glave rukovatelja i visine 700 mm ± 20 mm iznad referentne točke sjedala i 100 mm ± 20 mm naprijed od referentne točke sjedala kako s lijeve tako i s desne strane. Navedena norma nalaže kako 20 m u krugu od ispitivanog traktora se ne smije nalaziti zgrada ili nešto slično. Mjerenje vibracija trupa obavljena su u skladu s propisanim normama HRN ISO 2631-1 (1999.) i HRN ISO 2631-4 (2010.). Prema HRN ISO 2631-1 (1999.) prikazane su vibracije koje se mjere u tri predjela rukovatelja koordinatnim sustavom vibracija u smjeru x, y i z osi te koji težinski filter koristiti pri mjerenju. Težinski filteri koji su korišteni pri mjerenju vibracija koje utječu na trup rukovatelja u sjedećem položaju su W_d (mjerenje vibracija u smjeru x i y osi) i W_k (mjerenje vibracija u smjeru z osi) (HRN ISO 2631-1, 1999.). Norma HRN ISO 2631-4 (2010.) navodi smjernice za procjenu učinaka vibracija i rotacijskog gibanja na putnika i udobnost rukovatelja u transportnom sustavu. Navedena norma nalaže kako postaviti senzor za mjerenje vibracija trupa na sjedište. Mjerenje vibracija sustava ruka-šaka provedene su u skladu s propisanim normama HRN ISO 5349-1 (2008.) i HRN ISO 5349-2 (2008.). Norma

HRN ISO 5349-1 (2008.) nalaže kako postaviti senzor na kolo upravljača te koji težinski filter odabrati. Prema navedenoj normi težinski filter pri mjerenju vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka rukovatelja je W_h. Prema HRN ISO 5349-2 (2008.) navedeno je minimalno vrijeme trajanja mjerenja vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka rukovatelja od 1 minute. Senzor treba biti postavljen bliže hvatišta ruku i čvrsto pričvršćen na kolo upravljača. Eksperiment je postavljen kao trofaktorijalni u kojemu su glavni čimbenici A - podloga (glatka i gruba testna traka s drugim izabranim agrotehničkim podlogama - (6)), B - brzina gibanja (6) i C - tlak u pneumaticima (3). Istraživanjem će biti dobivene vrijednosti buke unutar kabine traktora, vibracije trupa te vibracije sustava ruka-šaka rukovatelja traktora. Statistička obrada i interpretacija rezultata uz deskriptivnu statistiku obuhvaćala je i trofaktorijalnu analizu varijance (ANNOVA – AxBxC) u šest repeticija - mjerenja. Nadalje, obavljen je test multiple korelacije i regresijske analize važnijih odnosa između čimbenika kao nezavisnih varijabli te vibracija i buke kao zavisnih. Zbog velike varijabilnosti dobivenih rezultata korištenjem prethodnih statističkih metoda, bilo je nužno provesti određenu vrstu grupiranja zavisnih varijabli. Obzirom kako je zavisna varijabla agrotehnička podloga neparametrijska (ordinalna) za potrebe grupiranja iste odabrana je i provedena hijerarhijska analiza analitičkim hijerarhijskim procesom (AHP – Analitycal Hierarchy Process). Rezultat hijerarhijske analize je dendrogram koji je ustvari sažeto vizualizirana matrica različitosti. Istraživanjem je utvrđeno kako niti jedan izmjereni podatak ne prelazi donju (80 dB) i gornju (85 dB) upozoravajuću vrijednost kao niti graničnu vrijednost izloženosti (87 dB) te se s time potvrđuje kako rukovatelj ovog traktora nije zdravstveno ugrožen, a što se tiče vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka utvrđeno je kako niti jedan izmjereni podatak ne prelazi upozoravajuću (2,5 ms^{-2}) i graničnu (5 ms^{-2}) vrijednost dnevne izloženosti. Nadalje, izmjerenim podacima vibracija koje utječu na trup rukovatelja u smjeru osi x pri većim brzinama i tlakovima C2 i C3 te u smjeru osi y pri većim brzinama i tlakovima C1 i C2 i u smjeru osi z pri najvišoj brzini i tlakovima C1 i C2 utvrđeno je kako prelaze upozoravajuću vrijednost dnevne izloženosti od 0,5 ms^{-2} te je preporuka kako je rukovateljevo zdravlje ugroženo da se pregleda zračno ogibljenje sjedala kako bi se mogle spriječiti na vrijeme započete komplikacije. Unatoč tome izmjereni podaci ne prelaze graničnu vrijednost dnevne izloženosti od 1,15 ms^{-2}.

8. SUMMARY

The dissertation presents research on the relationship between some of the exploitation factors on the occurrence of noise and vibration as ergonomic indicators. Internal noise levels in the operator's cab, vibrations affecting the hand-arm system of the tractor operator and the vibration affecting the operator's body on the tractor's tractor seat were measured. The measurement was done on LANDINI POWERFARM 100 tractor at the production agricultural areas and access roads of the Agricultural and Veterinary School Osijek. The exploitation factors observed in the study are six agrotechnical substrates (two smooth and rough strips, asphalt substrate, macadam, grass surface and dirt road), six speeds of agricultural tractor movement (1, 2, 3, 4, 5 and 6 kmh^{-1}) and three air pressures in the pneumatics (lower - 1.9 bar; standard - 2.4 bar and higher - 2.9 bar). The measurement was carried out in accordance with the HRN ISO 5008 standard which determines test strips, smooth (100 meters) and rough (35 meters) and was the basis on which other agrotechnical substrates have been chosen. Noise measurement was performed with the Metrel Multinorm device with filter "A", the same being in accordance with HRN ISO 6396 (2000), which requires the measurement to be carried out within the cabin of the tractor operator during movement. The tractor operator must not wear clothing that could produce additional noise, as well as alleviate the noise and should not wear a helmet except in the security case. The height of the operator when seated should be 800 mm to 960 mm, measured from the seating surface to the top of the head. HRN ISO 5131 (2000) instructs that the sound detector is 250 mm ± 20 mm from the center of the operator head, 700 mm ± 20 mm above the seat reference point and 100 mm ± 20 mm forward from the seat reference point both to the left and right sides. The standard instructs that there should not be a building or similar object to the 20 m circle of the tractor tested. Whole body vibration measurement was performed in accordance with the standards HRN ISO 2631-1 (1999) and HRN ISO 2631-4 (2010). According to HRN ISO 2631-1 (1999), vibrations measured in three directions of the operator with a coordinate vibration system in the direction of x, y and z axis are presented, alongside weight filter used for measurement. The weight filters used to measure the vibrations affecting the operator body in the sitting position are W_d (vibration measurement in the x and y axis direction) and W_k (vibration measurement in the direction of the z axis) (HRN ISO 2631-1, 1999). The HRN ISO 2631-4 (2010) standard provides guidelines for evaluation of the vibration and rotational motion effects of passengers and the operator’s comfort level in the transport system. This standard specifies how to locate the whole body vibration sensor on

the seat. The hand-arm vibration measurement was carried out in accordance with the HRN ISO 5349-1 (2008) and HRN ISO 5349-2 (2008) standards. HRN ISO 5349-1 (2008) instructs how to set the sensor on the steering wheel and which weight filter to select. According to the stated standard, the weight filter during the vibration measurement affecting the hand-arm system of the operator is Wh. According to HRN ISO 5349-2 (2008), a minimal duration time for vibration measurement that affects the hand-arm of the operator is specified to 1 minute. The sensor should be positioned closer to the handbrake and firmly secured to the steering wheel. The experiment was set up as a threefactorial in which the main factors of the A - substrate (smooth and rough test strip with other selected agrotechnical substrates - (6)), B - speed (6) and C - pressure in the pneumatics (3). The research will provide noise values within the tractor cab, whole body vibration and vibration of the hand-arm operator of the tractor. Statistical analysis and interpretation of the results with descriptive statistics included three - factor analysis of variance (ANNOVA - AxBxC) in six repetition measurements. Furthermore, a test of multiple correlations and regression analysis of major relationships between factors as independent variables, with vibration and noise as dependent are performed. Due to the high variability of the obtained results using previous statistical methods, it was necessary to carry out a particular type of dependent variables. Given that the dependent variables of the agrotechnical substrate are nonparametric (ordinal) for the grouping of the same, hierarchical analysis of the Analytical Hierarchy Process (AHP) has been selected and carried out. The result of hierarchical analysis is a dendrogram which is actually a summarized visualized diversity matrix. The survey found that no measured data excees the lower (80 dB) and the upper (85 dB) warning values as well as the limit value of exposure (87 dB), and thus confirms that the operator of this tractor is not endangered by the vibration which affects the hand-arm system, it is established that none of the measured data exceeds the warning (2.5 ms^{-2}) and the limit (5 ms^{-2}) value of daily exposure. Furthermore, the measured vibration data affecting the operator's whole body in the direction of the x-axis at higher speeds and at C2 and C3 pressures, in the direction of y-axis at higher speeds and at C1 and C2 pressures, and in the direction of the z axis at maximum speed and at C1 and C2 pressures exceed the value of daily exposure of 0.5 ms^{-2} and it is recommended to inspect the pneumatic suspension of the seat so the complications can be prevented, since the operator's health is threatened. However, the measured data do not exceed the daily exposure limit value of 1.15 ms^{-2}.

9. PRILOG

Prilog 1. Popis slika

Slika 1. Dijelovi uha 5
Slika 2. Vibracijski sindrom šake i ruke 19
Slika 3. Različite agrotehničke podloge po kojima je obavljeno istraživanje (asfalt (1.), makadam (2.), trava (3.) i poljski put (4.)) 31
Slika 4. Testne trake (glatka (1.) i gruba (2.)) 32
Slika 5. Dimenzije traktora LANDINI POWERFARM 100 33
Slika 6. Tlak zraka u pneumaticima pri svim mjerenjima (1,9 bar (1.), 2,4 bar (2.) i 2,9 bar (3.)) 33
Slika 7. Uređaj za mjerene buke s pripadajućim senzorom 35
Slika 8. Postavljeni zvukomjer s lijeve (1.) i s desne (2.) strane pri mjerenju na trakama i agrotehničkim podlogama 36
Slika 9. Uređaj za mjerenje vibracija s pripadajućim senzorima za mjerenje vibracija trupa i sustava ruka-šaka 37
Slika 10. Težinski filteri za mjerenje vibracija koje utječu na trup rukovatelja u smjeru x i y osi (W_d) 39
Slika 11. Težinski filteri za mjerenje vibracija koje utječu na trup rukovatelja u smjeru z osi (W_k) 39
Slika 12. Postavljeni senzor za mjerenje vibracija koje utječu na trup rukovatelja 40
Slika 13. Postavljen senzor za mjerenje vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka rukovatelja 41
Slika 14. Težinski filter za mjerenje vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka rukovatelja u smjeru x, y i z osi (W_h) 41
Slika 15. Prikaz koordinatnog sustava za određeni dio vibracija trupa u sjedećem položaju 43
Slika 16. Prikaz koordinatnog sustava za sustav ruka-šaka 43
Slika 17. Prikaz grupiranja podataka po AHP-u za buku 64
Slika 18. Prikaz grupiranja podataka po AHP-u za vibracije sustava ruka-šaka i trupa 65

Prilog 2. Popis grafikona

Prilog 3. Popis tablica

Tablica 1. Najviša dopuštena ekvivalentna razina buke L_{eq} u dB prema opisu posla 6
Tablica 2. Dopušteno vrijeme izlaganja buci s obrzirom na razinu buke 7
Tablica 3. Dopuštene razine buke s obzirom na vrstu djelatnosti (NN, 46/2008.) 8
Tablica 4. Tehničke karakteristike traktora LANDINI POWERFARM 100 32
Tablica 5. Tehničke karakteristike uređaja METREL tipa MI 6201 MULTINORM 34
Tablica 6. Tehničke karakteristike zvučne sonde A 1146 34
Tablica 7. Tehničke karakteristike uređaja za mjerenje vibracija MMF tip VM30 38
Tablica 8. Vrijednosti istraživanih ergonomskih pokazatelja za glatku traku (A1) prema varijantama istraživanja 45
Tablica 9. Vrijednosti istraživanih ergonomskih pokazatelja za grubu traku (A2) prema varijantama istraživanja 46
Tablica 10. Vrijednosti istraživanih ergonomskih pokazatelja za asfaltnu podlogu prema varijantama istraživanja 47
Tablica 11. Vrijednosti istraživanih ergonomskih pokazatelja za makadam (A4) prema varijantama istraživanja 48
Tablica 12. Vrijednosti istraživanih ergonomskih pokazatelja za travnatu podlogu (A5) prema varijantama istraživanja 49
Tablica 13. Vrijednosti istraživanih ergonomskih pokazatelja za poljski put (A6) prema varijantama istraživanja 50
Tablica 14. Utjecaj istraživanih faktora na razinu proizvedene buke s desne strane rukovatelja 52
Tablica 15. Utjecaj faktora na proizvedenu razinu buke s lijeve strane 54
Tablica 16. Utjecaj faktora na razinu vibracija sustava ruka-šaka u smjeru x osi 55
Tablica 17. Utjecaj faktora na razinu vibracija sustava ruka-šaka u smjeru y osi 57
Tablica 18. Utjecaj faktora na razinu vibracija sustava ruka-šaka u smjeru z osi 58
Tablica 19. Utjecaj faktora na razinu vibracija trupa u smjeru x osi 59
Tablica 20. Utjecaj faktora na razinu vibracija trupa u smjeru y osi 60
Tablica 21. Utjecaj faktora na razinu vibracija trupa u smjeru z osi 62
Tablica 22. Analiza varijance buke s desne strane 66
Tablica 23. Analiza varijance buke s lijeve strane 67
Tablica 24. Analiza varijance vibracije sustava ruka-šaka u smjeru osi x 68
Tablica 25. Analiza varijance vibracije sustava ruka-šaka u smjeru osi y 69

Tablica 26. Analiza varijance vibracije sustava ruka-šaka u smjeru osi z 70
Tablica 27. Analiza varijance vibracije trupa u smjeru osi x 71
Tablica 28. Analiza varijance vibracije trupa u smjeru osi y 72
Tablica 29. Analiza varijance vibracije trupa u smjeru osi z 73

Prilog 4. Prikaz tablica s izvornim podacima mjerenja istraživanih ergonomskih pokazatelja prema varijantama istraživanja

Tablica 1. Vrijednosti za glatku traku (A1)

Varijante pokusa	Buka (dB)		Vibracije sustav ruka-šaka (ms^{-2})			Vibracije trup (ms^{-2})		
	desno	lijevo	x os	y os	z os	x os	y os	z os
A1B1C1	68,60	74,80	1,70	0,50	0,20	0,10	0,10	0,10
A1B1C1	74,40	74,80	1,30	0,20	0,20	0,10	0,10	0,09
A1B1C1	73,20	74,50	0,90	0,70	0,20	0,10	0,10	0,11
A1B1C1	74,50	74,60	1,35	0,50	0,20	0,10	0,10	0,08
A1B1C1	74,30	74,50	0,80	0,76	0,20	0,11	0,10	0,09
A1B1C1	72,60	74,90	1,76	0,17	0,21	0,10	0,11	0,10
A1B1C2	74,40	74,90	1,20	1,00	0,09	0,20	0,09	0,10
A1B1C2	68,60	75,60	1,20	0,70	0,10	0,20	0,10	0,10
A1B1C2	71,20	75,50	1,20	0,70	0,09	0,20	0,10	0,10
A1B1C2	67,60	75,60	1,19	0,79	0,09	0,19	0,11	0,10
A1B1C2	72,10	75,60	1,21	1,02	0,08	0,20	0,11	0,09
A1B1C2	69,90	75,40	1,20	0,62	0,09	0,20	0,08	0,10
A1B1C3	71,70	75,60	1,10	0,70	0,18	0,20	0,10	0,10
A1B1C3	72,30	72,90	1,20	0,70	0,17	0,20	0,10	0,10
A1B1C3	72,10	73,50	1,20	0,70	0,18	0,20	0,09	0,10
A1B1C3	72,40	72,70	1,09	0,70	0,18	0,19	0,10	0,10
A1B1C3	72,10	73,70	1,17	0,71	0,19	0,20	0,09	0,10
A1B1C3	72,10	73,20	1,25	0,71	0,18	0,20	0,09	0,09
A1B2C1	73,50	74,90	0,90	0,60	0,10	0,30	0,20	0,10
A1B2C1	73,10	73,80	1,30	0,70	0,10	0,30	0,20	0,10
A1B2C1	73,10	74,70	1,40	0,60	0,10	0,30	0,20	0,10
A1B2C1	73,10	73,90	1,31	0,63	0,11	0,31	0,21	0,09
A1B2C1	73,10	73,70	1,43	0,71	0,09	0,30	0,21	0,10
A1B2C1	73,10	75,20	0,84	0,56	0,08	0,31	0,21	0,10
A1B2C2	74,70	73,70	0,60	0,10	0,09	0,40	0,20	0,30
A1B2C2	74,20	72,70	1,20	0,60	0,09	0,30	0,20	0,20
A1B2C2	74,00	72,50	0,90	0,60	0,09	0,48	0,20	0,28
A1B2C2	74,00	72,70	1,00	0,44	0,08	0,34	0,20	0,15
A1B2C2	74,30	72,70	0,51	0,08	0,10	0,29	0,19	0,23
A1B2C2	74,00	72,40	1,21	0,78	0,08	0,31	0,20	0,33
A1B2C3	73,20	74,50	1,20	0,50	0,09	0,30	0,10	0,30
A1B2C3	74,20	73,80	0,90	0,60	0,10	0,30	0,10	0,30

A1B2C3	73,30	73,80	0,90	0,50	0,09	0,30	0,10	0,30
A1B2C3	73,30	73,80	1,23	0,55	0,09	0,30	0,11	0,30
A1B2C3	73,30	73,80	0,97	0,46	0,09	0,31	0,11	0,29
A1B2C3	74,70	73,80	0,82	0,59	0,10	0,29	0,10	0,30
A1B2C3	73,40	74,50	0,60	0,80	0,10	0,30	0,30	0,20
A1B3C1	73,20	75,20	1,30	0,60	0,10	0,30	0,30	0,30
A1B3C1	73,50	73,40	1,30	0,60	0,09	0,30	0,29	0,30
A1B3C1	73,30	75,70	1,33	0,51	0,11	0,30	0,30	0,21
A1B3C1	73,10	74,60	0,51	0,83	0,10	0,31	0,29	0,34
A1B3C1	73,70	72,60	1,38	0,69	0,09	0,30	0,30	0,18
A1B3C2	73,70	73,20	0,90	0,60	0,10	0,40	0,20	0,30
A1B3C2	73,90	73,40	1,10	0,60	0,09	0,40	0,20	0,30
A1B3C2	76,10	73,20	1,10	0,50	0,10	0,40	0,19	0,30
A1B3C2	73,10	73,50	1,10	0,59	0,10	0,41	0,20	0,30
A1B3C2	75,00	73,20	0,87	0,64	0,11	0,40	0,21	0,29
A1B3C2	76,90	73,20	1,13	0,48	0,08	0,41	0,20	0,30
A1B3C3	72,40	73,40	0,90	0,70	0,10	0,40	0,20	0,30
A1B3C3	72,90	73,50	0,90	0,60	0,09	0,40	0,20	0,30
A1B3C3	73,70	73,60	0,90	0,60	0,11	0,41	0,21	0,31
A1B3C3	74,00	73,60	0,89	0,70	0,11	0,40	0,20	0,30
A1B3C3	72,60	73,50	0,90	0,62	0,09	0,41	0,21	0,31
A1B3C3	73,30	73,50	0,90	0,54	0,10	0,41	0,20	0,30
A1B4C1	72,70	75,90	0,60	0,80	0,09	0,30	0,60	0,30
A1B4C1	73,40	72,70	1,10	0,70	0,10	0,20	0,50	0,20
A1B4C1	73,20	73,20	1,00	0,70	0,08	0,18	0,58	0,29
A1B4C1	73,10	73,10	0,98	0,66	0,09	0,35	0,63	0,23
A1B4C1	73,40	73,30	1,17	0,81	0,09	0,22	0,57	0,16
A1B4C1	73,40	72,50	0,57	0,74	0,10	0,27	0,44	0,33
A1B4C2	73,80	75,20	0,70	0,80	0,10	0,50	0,30	0,40
A1B4C2	74,50	73,20	0,90	0,60	0,10	0,50	0,30	0,30
A1B4C2	73,50	73,30	0,90	0,60	0,09	0,50	0,30	0,32
A1B4C2	73,00	73,40	0,94	0,63	0,10	0,50	0,30	0,46
A1B4C2	74,70	73,20	0,63	0,53	0,10	0,51	0,29	0,36
A1B4C2	74,20	73,20	0,88	0,84	0,09	0,51	0,31	0,29
A1B4C3	72,40	73,50	0,60	0,70	0,10	0,50	0,30	0,40
A1B4C3	73,70	74,00	0,90	0,60	0,10	0,40	0,30	0,40
A1B4C3	73,10	74,30	1,00	0,70	0,11	0,43	0,31	0,40
A1B4C3	73,50	74,20	0,85	0,63	0,10	0,35	0,30	0,41
A1B4C3	72,80	74,40	0,56	0,74	0,09	0,53	0,31	0,41
A1B4C3	73,70	73,90	1,06	0,62	0,11	0,48	0,29	0,40
A1B5C1	72,80	75,60	0,60	1,00	0,10	0,30	0,70	0,30
A1B5C1	74,10	73,10	1,00	0,70	0,10	0,30	0,70	0,30
A1B5C1	74,40	73,00	0,90	0,70	0,10	0,30	0,70	0,31
A1B5C1	74,00	73,10	0,80	0,79	0,11	0,31	0,70	0,31
A1B5C1	74,50	73,10	1,11	0,99	0,11	0,30	0,70	0,30
A1B5C1	74,20	73,00	0,59	0,60	0,10	0,30	0,69	0,31
A1B5C2	73,90	73,30	0,60	1,10	0,10	0,50	0,30	0,50
A1B5C2	74,10	73,40	0,90	0,70	0,11	0,50	0,30	0,40

A1B5C2	74,30	73,20	0,90	0,70	0,09	0,50	0,30	0,36
A1B5C2	74,20	73,40	0,85	0,70	0,10	0,51	0,31	0,43
A1B5C2	74,30	73,40	0,56	0,61	0,11	0,50	0,30	0,45
A1B5C2	74,00	73,10	0,96	1,14	0,09	0,49	0,30	0,55
A1B5C3	72,00	74,20	0,70	0,60	0,20	0,50	0,30	0,50
A1B5C3	72,90	73,00	0,90	0,70	0,10	0,50	0,30	0,50
A1B5C3	72,90	72,80	0,90	0,70	0,10	0,49	0,29	0,49
A1B5C3	72,90	72,70	0,98	0,70	0,09	0,49	0,30	0,50
A1B5C3	72,90	73,00	0,81	0,73	0,09	0,50	0,30	0,49
A1B5C3	72,90	73,00	0,69	0,58	0,22	0,50	0,31	0,50
A1B6C1	73,10	73,80	0,70	0,70	0,10	0,30	0,80	0,50
A1B6C1	74,80	75,20	0,90	0,80	0,20	0,30	0,90	0,50
A1B6C1	74,40	75,00	0,90	1,00	0,10	0,31	0,81	0,50
A1B6C1	74,70	74,90	0,66	0,85	0,09	0,30	0,88	0,50
A1B6C1	74,90	75,20	0,95	1,00	0,10	0,29	0,95	0,50
A1B6C1	74,20	75,20	0,84	0,65	0,21	0,30	0,78	0,51
A1B6C2	74,80	75,90	0,70	0,70	0,10	0,60	0,50	0,60
A1B6C2	76,20	75,30	0,90	0,80	0,10	0,50	0,50	0,60
A1B6C2	75,70	74,00	0,90	0,80	0,10	0,52	0,50	0,60
A1B6C2	75,50	73,50	0,86	0,78	0,10	0,68	0,50	0,59
A1B6C2	76,20	75,80	0,94	0,68	0,09	0,52	0,50	0,59
A1B6C2	76,20	74,60	0,65	0,85	0,10	0,49	0,51	0,60
A1B6C3	72,30	75,10	0,90	0,80	0,10	0,50	0,60	0,50
A1B6C3	73,80	74,90	0,90	0,80	0,10	0,50	0,40	0,50
A1B6C3	74,00	74,80	0,90	0,80	0,10	0,49	0,42	0,50
A1B6C3	74,10	74,80	0,90	0,81	0,10	0,50	0,63	0,50
A1B6C3	73,80	74,80	0,90	0,80	0,11	0,49	0,31	0,49
A1B6C3	73,80	74,90	0,91	0,81	0,10	0,50	0,66	0,50

Tablica 2. Vrijednosti za grubu traku (A2)

Varijante pokusa	Buka (dB)		Vibracije sustav ruka-šaka (ms^{-2})			Vibracije trup (ms^{-2})		
	desno	lijevo	x os	y os	z os	x os	y os	z os
A2B1C1	74,70	69,50	0,70	0,20	0,03	0,30	0,10	0,10
A2B1C1	73,80	69,60	0,70	0,20	0,03	0,30	0,10	0,10
A2B1C1	76,80	70,30	0,80	0,20	0,03	0,30	0,10	0,10
A2B1C1	74,20	69,50	0,81	0,21	0,03	0,29	0,10	0,11
A2B1C1	73,90	70,40	0,71	0,20	0,02	0,30	0,10	0,11
A2B1C1	77,30	69,50	0,67	0,19	0,02	0,30	0,09	0,10
A2B1C2	70,10	74,90	0,70	0,10	0,02	0,30	0,10	0,10
A2B1C2	69,20	75,10	0,80	0,20	0,03	0,30	0,10	0,10
A2B1C2	72,70	74,70	0,90	0,10	0,01	0,20	0,10	0,10
A2B1C2	73,10	74,70	0,83	0,09	0,02	0,20	0,09	0,10
A2B1C2	68,70	74,90	0,68	0,09	0,03	0,28	0,09	0,10
A2B1C2	70,20	75,10	0,91	0,21	0,01	0,33	0,10	0,11
A2B1C3	71,80	71,50	0,80	0,50	0,05	0,20	0,10	0,10

A2B1C3	72,00	72,40	0,80	0,20	0,05	0,20	0,10	0,10
A2B1C3	72,10	73,40	0,90	0,20	0,04	0,20	0,10	0,10
A2B1C3	71,90	72,20	0,78	0,52	0,06	0,21	0,10	0,11
A2B1C3	71,80	71,40	0,81	0,14	0,05	0,20	0,09	0,10
A2B1C3	72,20	73,70	0,91	0,22	0,04	0,21	0,09	0,10
A2B2C1	74,30	70,40	0,60	0,20	0,07	0,80	0,30	0,30
A2B2C1	74,30	70,90	0,70	0,20	0,06	0,80	0,30	0,50
A2B2C1	74,10	70,60	0,60	0,20	0,07	0,90	0,30	0,50
A2B2C1	74,20	70,70	0,58	0,21	0,06	0,78	0,31	0,28
A2B2C1	74,10	70,30	0,61	0,21	0,07	0,81	0,30	0,46
A2B2C1	74,40	70,90	0,71	0,19	0,07	0,91	0,30	0,56
A2B2C2	73,40	73,70	0,70	0,20	0,06	0,80	0,30	0,40
A2B2C2	73,10	74,10	0,70	0,20	0,05	0,80	0,30	0,40
A2B2C2	73,30	74,20	0,70	0,20	0,06	0,80	0,30	0,40
A2B2C2	73,30	73,70	0,70	0,19	0,06	0,81	0,30	0,40
A2B2C2	73,40	74,00	0,71	0,20	0,05	0,81	0,29	0,41
A2B2C2	73,10	74,30	0,71	0,20	0,07	0,80	0,30	0,40
A2B2C3	72,90	72,40	0,60	0,50	0,05	0,80	0,50	0,30
A2B2C3	72,80	72,60	0,70	0,50	0,05	0,80	0,50	0,30
A2B2C3	72,90	72,80	0,70	0,50	0,06	0,80	0,50	0,30
A2B2C3	72,90	72,80	0,69	0,50	0,06	0,81	0,50	0,30
A2B2C3	72,90	72,30	0,59	0,49	0,05	0,80	0,49	0,31
A2B2C3	72,80	72,70	0,72	0,50	0,06	0,81	0,50	0,30
A2B2C3	74,10	70,10	0,60	0,60	0,15	1,20	1,10	0,80
A2B3C1	75,60	70,00	0,60	0,70	0,15	1,20	1,20	0,80
A2B3C1	74,60	70,20	0,60	0,70	0,15	1,20	1,20	0,80
A2B3C1	73,70	70,20	0,60	0,73	0,14	1,21	1,24	0,81
A2B3C1	75,20	70,10	0,59	0,68	0,14	1,20	1,21	0,80
A2B3C1	75,40	70,00	0,61	0,60	0,15	1,20	1,09	0,81
A2B3C2	72,80	73,90	0,60	0,70	0,14	1,20	0,90	0,60
A2B3C2	73,30	73,70	0,60	0,70	0,14	1,20	0,90	0,60
A2B3C2	73,50	74,20	0,60	0,70	0,15	1,20	1,00	0,80
A2B3C2	73,40	73,80	0,61	0,69	0,15	1,20	1,02	0,84
A2B3C2	72,70	74,30	0,60	0,70	0,13	1,20	0,91	0,62
A2B3C2	73,50	73,70	0,59	0,69	0,14	1,19	0,87	0,57
A2B3C3	73,90	72,80	0,60	0,60	0,18	1,20	0,90	0,60
A2B3C3	73,90	72,60	0,60	0,60	0,18	1,20	0,90	0,50
A2B3C3	74,10	72,90	0,60	0,60	0,17	1,20	0,90	0,60
A2B3C3	73,80	73,00	0,59	0,59	0,17	1,20	0,89	0,64
A2B3C3	74,00	72,70	0,60	0,60	0,18	1,21	0,89	0,51
A2B3C3	74,10	72,60	0,61	0,60	0,18	1,20	0,90	0,58
A2B4C1	74,40	69,80	0,90	1,50	0,10	1,30	2,00	0,80
A2B4C1	75,50	71,00	0,90	1,40	0,10	1,40	2,10	0,90
A2B4C1	74,60	71,10	1,20	1,40	0,10	1,40	2,10	0,90

A2B4C1	74,90	69,70	0,88	1,35	0,09	1,44	2,03	0,94
A2B4C1	74,10	70,60	1,24	1,43	0,09	1,33	2,16	0,81
A2B4C1	75,50	71,50	0,90	1,49	0,10	1,32	2,01	0,87
A2B4C2	73,80	73,90	0,70	1,30	0,10	1,30	1,70	0,90
A2B4C2	73,60	74,10	0,90	1,30	0,10	1,20	1,80	0,80
A2B4C2	73,70	73,80	0,90	1,30	0,10	1,30	1,80	0,70
A2B4C2	73,70	74,10	0,67	1,30	0,09	1,32	1,83	0,93
A2B4C2	73,60	73,90	0,91	1,30	0,10	1,19	1,78	0,78
A2B4C2	73,80	73,80	0,92	1,29	0,09	1,29	1,68	0,69
A2B4C3	74,50	73,20	0,70	1,10	0,10	1,30	1,60	0,60
A2B4C3	73,60	73,00	0,90	1,10	0,10	1,20	1,60	0,60
A2B4C3	73,50	73,70	0,80	1,10	0,10	1,30	1,50	0,70
A2B4C3	73,20	73,80	0,92	1,10	0,10	1,35	1,62	0,67
A2B4C3	74,50	73,00	0,69	1,11	0,10	1,22	1,48	0,54
A2B4C3	73,90	73,10	0,81	1,10	0,09	1,24	1,61	0,68
A2B5C1	76,00	73,40	1,40	2,20	0,60	1,40	2,70	1,00
A2B5C1	76,90	75,90	1,30	2,00	0,30	1,40	2,60	1,10
A2B5C1	77,10	76,50	1,20	2,10	0,30	1,50	2,50	1,10
A2B5C1	76,90	75,60	1,30	2,21	0,27	1,51	2,47	1,14
A2B5C1	75,90	73,10	1,18	1,98	0,63	1,41	2,65	1,01
A2B5C1	77,30	77,10	1,43	2,13	0,31	1,38	2,71	1,08
A2B5C2	75,50	75,40	1,50	2,10	0,60	1,40	2,50	1,00
A2B5C2	75,40	75,20	1,50	2,30	0,60	1,50	2,50	1,00
A2B5C2	74,90	75,60	1,40	2,20	0,60	1,40	2,40	1,00
A2B5C2	74,90	75,10	1,49	2,31	0,60	1,39	2,42	1,00
A2B5C2	75,20	75,60	1,53	2,19	0,60	1,39	2,55	1,00
A2B5C2	75,70	75,50	1,40	2,09	0,59	1,52	2,46	0,99
A2B5C3	74,60	77,20	1,40	2,20	0,60	1,40	2,30	1,00
A2B5C3	75,00	76,30	1,30	2,00	0,60	1,40	2,30	1,00
A2B5C3	74,60	75,80	1,30	2,00	0,60	1,40	2,20	1,00
A2B5C3	74,80	75,40	1,28	2,03	0,60	1,39	2,29	1,00
A2B5C3	75,00	76,90	1,41	1,97	0,60	1,40	2,34	0,99
A2B5C3	74,40	77,00	1,31	2,24	0,61	1,40	2,21	0,99
A2B6C1	78,70	79,00	1,70	2,40	0,80	1,70	2,80	1,50
A2B6C1	78,90	77,80	1,70	2,70	0,80	1,70	2,80	1,50
A2B6C1	78,60	77,00	1,70	2,80	0,70	1,70	2,80	1,50
A2B6C1	78,50	77,90	1,71	2,68	0,81	1,70	2,81	1,50
A2B6C1	78,90	76,70	1,70	2,83	0,82	1,71	2,80	1,51
A2B6C1	78,70	79,20	1,69	2,34	0,70	1,71	2,80	1,51
A2B6C2	77,10	78,90	2,00	3,00	0,90	1,70	2,60	1,80
A2B6C2	77,30	78,90	2,00	2,60	0,90	1,70	2,70	1,70
A2B6C2	77,10	79,40	2,00	2,70	0,90	1,70	2,80	1,80
A2B6C2	77,00	79,40	2,00	3,06	0,89	1,71	2,82	1,82
A2B6C2	77,20	79,10	2,00	2,71	0,89	1,70	2,71	1,81

A2B6C2	77,30	78,70	1,99	2,57	0,90	1,69	2,59	1,68
A2B6C3	76,60	79,40	2,10	2,80	1,20	1,60	2,70	1,50
A2B6C3	76,80	79,20	2,00	2,50	1,10	1,60	2,60	1,50
A2B6C3	75,70	78,80	2,00	2,70	1,10	1,50	2,50	1,50
A2B6C3	77,20	79,20	2,03	2,49	1,20	1,57	2,47	1,50
A2B6C3	76,00	78,70	1,97	2,70	1,13	1,65	2,71	1,50
A2B6C3	75,90	79,50	2,10	2,83	1,07	1,52	2,59	1,49

Tablica 3. Vrijednosti za asfaltnu podlogu (A3)

Varijante pokusa	Buka (dB)		Vibracije sustav ruka-šaka (ms^{-2})			Vibracije trup (ms^{-2})		
	desno	lijevo	x os	y os	z os	x os	y os	z os
A3B1C1	71,60	73,00	1,80	0,70	0,15	0,07	0,07	0,10
A3B1C1	71,60	72,60	1,80	0,70	0,15	0,08	0,08	0,10
A3B1C1	72,20	72,20	1,70	0,70	0,15	0,07	0,08	0,12
A3B1C1	72,10	73,10	1,70	0,69	0,16	0,05	0,09	0,11
A3B1C1	71,30	72,60	1,75	0,70	0,16	0,08	0,09	0,11
A3B1C1	72,00	72,10	1,85	0,70	0,14	0,07	0,08	0,10
A3B1C2	74,20	73,80	1,20	0,20	0,09	0,05	0,11	0,06
A3B1C2	74,30	73,10	1,20	0,20	0,10	0,04	0,10	0,06
A3B1C2	74,10	72,60	1,30	0,20	0,09	0,05	0,10	0,06
A3B1C2	74,20	73,60	1,19	0,20	0,09	0,04	0,11	0,06
A3B1C2	74,10	72,30	1,19	0,20	0,10	0,05	0,09	0,07
A3B1C2	74,30	73,60	1,31	0,21	0,08	0,04	0,10	0,05
A3B1C3	71,50	72,30	0,80	0,10	0,13	0,06	0,06	0,07
A3B1C3	71,60	71,90	0,70	0,20	0,14	0,05	0,05	0,06
A3B1C3	72,00	72,30	1,20	0,80	0,12	0,06	0,06	0,07
A3B1C3	72,00	71,90	1,26	0,11	0,12	0,07	0,06	0,07
A3B1C3	71,40	72,50	0,65	0,92	0,14	0,07	0,07	0,06
A3B1C3	71,70	72,10	0,81	0,09	0,14	0,05	0,06	0,08
A3B2C1	72,30	72,20	1,70	0,60	0,09	0,06	0,05	0,17
A3B2C1	72,40	72,70	1,70	0,50	0,10	0,06	0,03	0,15
A3B2C1	72,50	72,50	1,70	0,50	0,08	0,06	0,05	0,14
A3B2C1	72,30	72,60	1,71	0,52	0,07	0,05	0,04	0,15
A3B2C1	72,40	72,10	1,71	0,62	0,09	0,05	0,05	0,14
A3B2C1	72,50	72,70	1,70	0,47	0,08	0,06	0,04	0,13
A3B2C2	74,50	75,20	1,20	0,60	0,08	0,03	0,03	0,09
A3B2C2	74,50	75,90	1,20	0,60	0,08	0,06	0,06	0,11
A3B2C2	74,40	75,90	1,20	0,70	0,07	0,05	0,03	0,10
A3B2C2	74,50	75,50	1,21	0,70	0,07	0,04	0,03	0,11
A3B2C2	74,50	76,20	1,20	0,53	0,07	0,04	0,02	0,10
A3B2C2	74,40	75,30	1,21	0,62	0,08	0,07	0,06	0,09
A3B2C3	73,10	73,30	1,10	0,70	0,09	0,03	0,05	0,11
A3B2C3	73,20	73,20	1,20	0,70	0,10	0,06	0,06	0,12

A3B2C3	73,20	72,90	1,20	0,70	0,09	0,03	0,03	0,11
A3B2C3	73,20	72,90	1,24	0,71	0,08	0,02	0,07	0,12
A3B2C3	73,20	73,20	1,13	0,69	0,10	0,07	0,03	0,12
A3B2C3	73,10	73,30	1,12	0,70	0,09	0,03	0,05	0,10
A3B2C3	73,60	72,20	1,50	0,50	0,10	0,05	0,05	0,10
A3B3C1	73,50	72,10	1,50	0,50	0,10	0,05	0,03	0,10
A3B3C1	73,90	72,50	1,60	0,50	0,10	0,06	0,05	0,11
A3B3C1	73,90	72,30	1,62	0,49	0,11	0,07	0,04	0,09
A3B3C1	73,40	72,00	1,46	0,50	0,09	0,04	0,05	0,10
A3B3C1	73,70	72,50	1,52	0,50	0,11	0,05	0,04	0,11
A3B3C2	74,60	75,80	1,20	0,60	0,09	0,04	0,06	0,10
A3B3C2	74,70	76,10	1,20	0,60	0,09	0,05	0,05	0,10
A3B3C2	74,60	76,20	1,30	0,50	0,10	0,05	0,06	0,13
A3B3C2	74,60	76,30	1,19	0,49	0,08	0,04	0,07	0,09
A3B3C2	74,70	76,00	1,16	0,65	0,07	0,06	0,07	0,11
A3B3C2	74,60	75,80	1,31	0,58	0,09	0,05	0,06	0,14
A3B3C3	73,60	73,50	1,00	0,70	0,11	0,08	0,07	0,15
A3B3C3	73,60	74,00	1,00	0,70	0,13	0,05	0,04	0,14
A3B3C3	73,70	74,60	1,20	0,50	0,10	0,08	0,07	0,15
A3B3C3	73,60	74,60	1,05	0,71	0,10	0,07	0,08	0,14
A3B3C3	73,60	73,30	1,23	0,45	0,13	0,08	0,04	0,16
A3B3C3	73,70	74,20	0,95	0,74	0,11	0,04	0,06	0,14
A3B4C1	73,60	72,30	1,60	0,50	0,09	0,08	0,08	0,09
A3B4C1	73,70	71,90	1,60	0,60	0,08	0,06	0,05	0,08
A3B4C1	73,70	71,80	1,70	0,50	0,09	0,06	0,05	0,08
A3B4C1	73,70	72,00	1,71	0,61	0,10	0,07	0,08	0,09
A3B4C1	73,70	71,70	1,62	0,47	0,08	0,07	0,04	0,07
A3B4C1	73,60	72,30	1,58	0,50	0,08	0,08	0,09	0,08
A3B4C2	74,40	76,10	1,20	0,60	0,10	0,08	0,09	0,09
A3B4C2	74,40	75,60	1,20	0,70	0,10	0,06	0,06	0,06
A3B4C2	74,30	75,50	1,30	0,60	0,10	0,06	0,06	0,07
A3B4C2	74,40	75,50	1,18	0,57	0,09	0,07	0,07	0,05
A3B4C2	74,30	76,20	1,21	0,61	0,08	0,08	0,09	0,06
A3B4C2	74,40	75,50	1,31	0,72	0,11	0,06	0,05	0,07
A3B4C3	73,50	74,70	1,10	0,50	0,11	0,06	0,05	0,08
A3B4C3	73,20	74,00	1,20	0,70	0,12	0,08	0,08	0,11
A3B4C3	73,20	74,30	1,00	0,70	0,11	0,06	0,05	0,09
A3B4C3	73,50	73,90	1,19	0,47	0,10	0,07	0,07	0,11
A3B4C3	73,30	74,30	1,16	0,71	0,12	0,08	0,08	0,08
A3B4C3	73,10	74,80	0,96	0,72	0,12	0,07	0,05	0,07
A3B5C1	74,20	72,30	1,60	0,50	0,04	0,13	0,11	0,12
A3B5C1	74,40	72,20	1,70	0,50	0,04	0,08	0,09	0,10
A3B5C1	73,60	72,10	1,60	0,60	0,03	0,06	0,05	0,09
A3B5C1	74,60	72,10	1,61	0,61	0,03	0,11	0,04	0,07

A3B5C1	73,60	72,20	1,72	0,48	0,04	0,05	0,08	0,10
A3B5C1	74,00	72,30	1,57	0,51	0,05	0,13	0,11	0,12
A3B5C2	74,70	76,20	1,20	0,70	0,05	0,12	0,14	0,11
A3B5C2	74,60	76,00	1,30	0,60	0,05	0,08	0,12	0,09
A3B5C2	74,60	76,00	1,20	0,60	0,06	0,07	0,08	0,07
A3B5C2	74,70	75,90	1,29	0,58	0,06	0,13	0,09	0,09
A3B5C2	74,60	76,20	1,16	0,70	0,05	0,07	0,14	0,10
A3B5C2	74,60	76,10	1,23	0,58	0,05	0,08	0,10	0,06
A3B5C3	73,70	74,40	1,10	0,70	0,10	0,12	0,11	0,14
A3B5C3	73,50	74,20	1,10	0,70	0,09	0,06	0,06	0,10
A3B5C3	73,60	74,40	1,10	0,70	0,11	0,10	0,10	0,13
A3B5C3	73,70	74,50	1,10	0,70	0,09	0,09	0,12	0,12
A3B5C3	73,50	74,30	1,09	0,71	0,11	0,10	0,06	0,10
A3B5C3	73,60	74,20	1,10	0,71	0,11	0,05	0,08	0,11
A3B6C1	73,70	71,60	1,60	0,60	0,10	0,10	0,09	0,13
A3B6C1	73,90	71,90	1,50	0,60	0,10	0,13	0,11	0,15
A3B6C1	74,00	72,20	1,50	0,70	0,10	0,12	0,12	0,17
A3B6C1	73,70	72,10	1,52	0,62	0,12	0,14	0,09	0,17
A3B6C1	74,10	72,10	1,46	0,71	0,09	0,11	0,09	0,13
A3B6C1	73,80	71,50	1,59	0,57	0,11	0,09	0,13	0,17
A3B6C2	74,40	76,70	1,20	0,70	0,05	0,09	0,08	0,12
A3B6C2	74,60	75,60	1,20	0,70	0,05	0,15	0,15	0,12
A3B6C2	74,50	75,70	1,30	0,70	0,04	0,11	0,13	0,13
A3B6C2	74,60	76,70	1,16	0,69	0,05	0,08	0,08	0,12
A3B6C2	74,50	75,20	1,30	0,70	0,05	0,12	0,17	0,12
A3B6C2	74,40	76,10	1,24	0,69	0,06	0,15	0,12	0,10
A3B6C3	73,60	74,30	1,20	0,70	0,05	0,08	0,07	0,13
A3B6C3	73,90	74,40	1,20	0,70	0,05	0,12	0,13	0,18
A3B6C3	73,80	74,30	1,20	0,80	0,04	0,08	0,08	0,13
A3B6C3	73,80	74,40	1,19	0,79	0,06	0,09	0,14	0,12
A3B6C3	73,60	74,30	1,20	0,63	0,05	0,06	0,08	0,18
A3B6C3	73,90	74,30	1,20	0,74	0,05	0,11	0,06	0,13

Tablica 4. Vrijednosti za makadam (A4)

Varijante pokusa	Buka (dB)		Vibracije sustav ruka-šaka (ms^{-2})			Vibracije trup (ms^{-2})		
	desno	lijevo	x os	y os	z os	x os	y os	z os
A4B1C1	72,70	73,40	1,80	0,50	0,08	0,07	0,08	0,08
A4B1C1	72,70	72,60	1,70	0,60	0,08	0,10	0,08	0,08
A4B1C1	72,60	72,90	1,80	0,70	0,07	0,08	0,08	0,08
A4B1C1	72,70	73,40	1,82	0,68	0,09	0,11	0,09	0,09

A4B1C1	72,60	72,40	1,80	0,45	0,07	0,06	0,08	0,08
A4B1C1	72,70	73,10	1,67	0,67	0,09	0,08	0,09	0,09
A4B1C2	75,50	74,20	1,30	0,60	0,06	0,07	0,07	0,06
A4B1C2	75,40	74,50	1,30	0,70	0,06	0,10	0,07	0,06
A4B1C2	74,30	74,10	1,20	0,60	0,07	0,08	0,08	0,06
A4B1C2	74,30	74,40	1,33	0,71	0,07	0,10	0,07	0,06
A4B1C2	75,00	74,40	1,20	0,58	0,06	0,10	0,06	0,07
A4B1C2	75,90	74,00	1,30	0,60	0,07	0,06	0,08	0,06
A4B1C3	74,30	74,40	1,20	0,70	0,04	0,12	0,10	0,10
A4B1C3	74,60	74,30	1,20	0,80	0,05	0,09	0,07	0,10
A4B1C3	74,40	74,80	1,20	0,70	0,04	0,12	0,08	0,11
A4B1C3	74,60	74,80	1,19	0,68	0,03	0,11	0,09	0,11
A4B1C3	74,50	74,20	1,20	0,71	0,03	0,09	0,09	0,09
A4B1C3	74,20	74,50	1,19	0,81	0,04	0,13	0,06	0,09
A4B2C1	72,20	74,10	1,30	0,60	0,08	0,17	0,08	0,16
A4B2C1	73,10	74,70	1,20	0,20	0,10	0,10	0,08	0,15
A4B2C1	73,00	74,20	1,20	0,50	0,07	0,18	0,08	0,20
A4B2C1	72,60	73,90	1,31	0,16	0,07	0,18	0,09	0,20
A4B2C1	73,40	74,60	1,18	0,46	0,09	0,14	0,07	0,18
A4B2C1	72,30	74,50	1,21	0,66	0,09	0,10	0,08	0,15
A4B2C2	73,90	74,30	1,20	0,60	0,08	0,17	0,09	0,13
A4B2C2	74,90	74,40	1,40	0,20	0,09	0,10	0,08	0,12
A4B2C2	74,90	74,70	1,30	0,60	0,08	0,13	0,08	0,13
A4B2C2	73,80	74,50	1,31	0,66	0,07	0,08	0,07	0,15
A4B2C2	74,70	74,20	1,41	0,19	0,08	0,12	0,09	0,13
A4B2C2	75,20	74,70	1,16	0,59	0,07	0,16	0,08	0,13
A4B2C3	74,50	74,90	1,20	0,70	0,06	0,17	0,12	0,18
A4B2C3	74,80	76,00	1,10	0,50	0,08	0,20	0,13	0,24
A4B2C3	74,80	75,40	1,20	0,50	0,05	0,18	0,13	0,20
A4B2C3	74,90	75,20	1,23	0,58	0,06	0,21	0,14	0,23
A4B2C3	74,70	74,90	1,20	0,42	0,05	0,16	0,11	0,16
A4B2C3	74,50	76,20	1,12	0,71	0,06	0,17	0,14	0,24
A4B2C3	73,50	74,10	1,20	0,20	0,11	0,22	0,15	0,20
A4B3C1	73,30	73,60	1,20	0,50	0,10	0,22	0,13	0,18
A4B3C1	74,00	74,20	1,20	0,20	0,12	0,17	0,13	0,19
A4B3C1	73,70	74,40	1,19	0,52	0,09	0,17	0,14	0,19
A4B3C1	73,10	73,80	1,21	0,21	0,11	0,19	0,16	0,19
A4B3C1	74,00	73,70	1,21	0,19	0,11	0,23	0,13	0,18
A4B3C2	74,80	74,40	1,10	0,50	0,12	0,20	0,17	0,24
A4B3C2	74,30	75,10	1,20	0,60	0,12	0,24	0,16	0,20
A4B3C2	74,90	74,70	1,20	0,20	0,11	0,13	0,13	0,19
A4B3C2	75,00	75,20	1,26	0,19	0,11	0,15	0,15	0,19
A4B3C2	74,20	74,60	1,12	0,69	0,12	0,24	0,12	0,19
A4B3C2	74,80	74,40	1,16	0,42	0,13	0,19	0,16	0,24

A4B3C3	75,30	75,40	0,90	0,50	0,10	0,27	0,19	0,27
A4B3C3	75,10	75,40	1,10	0,70	0,09	0,27	0,20	0,29
A4B3C3	73,60	75,90	0,80	0,50	0,09	0,27	0,18	0,27
A4B3C3	73,70	75,20	1,12	0,49	0,10	0,26	0,18	0,27
A4B3C3	74,40	75,60	0,89	0,74	0,10	0,27	0,19	0,29
A4B3C3	75,90	75,90	0,78	0,49	0,10	0,26	0,21	0,30
A4B4C1	73,60	72,90	1,30	0,60	0,19	0,27	0,19	0,21
A4B4C1	73,30	72,80	1,20	0,60	0,21	0,27	0,23	0,24
A4B4C1	73,00	72,70	1,20	0,70	0,19	0,24	0,21	0,20
A4B4C1	73,20	72,90	1,22	0,61	0,21	0,28	0,20	0,20
A4B4C1	73,70	72,80	1,31	0,58	0,20	0,24	0,23	0,24
A4B4C1	73,00	72,70	1,17	0,71	0,20	0,26	0,23	0,22
A4B4C2	74,30	74,60	1,20	0,50	0,20	0,22	0,24	0,20
A4B4C2	74,00	74,80	1,00	0,50	0,19	0,20	0,25	0,20
A4B4C2	73,30	75,10	1,20	0,60	0,21	0,25	0,28	0,20
A4B4C2	73,40	75,10	0,97	0,60	0,19	0,23	0,24	0,19
A4B4C2	74,60	74,50	1,29	0,47	0,21	0,21	0,27	0,19
A4B4C2	73,60	74,90	1,15	0,53	0,20	0,23	0,27	0,20
A4B4C3	73,00	75,30	1,20	0,70	0,18	0,34	0,23	0,29
A4B4C3	73,50	75,10	1,00	0,60	0,19	0,30	0,25	0,29
A4B4C3	73,30	75,10	1,20	0,70	0,18	0,32	0,26	0,31
A4B4C3	73,20	75,00	1,07	0,75	0,18	0,34	0,22	0,30
A4B4C3	73,60	75,20	1,29	0,66	0,17	0,34	0,26	0,29
A4B4C3	73,00	75,30	1,00	0,59	0,19	0,29	0,26	0,32
A4B5C1	73,80	73,40	1,30	0,60	0,09	0,25	0,21	0,25
A4B5C1	73,60	73,50	1,20	0,50	0,10	0,31	0,25	0,27
A4B5C1	73,50	72,80	1,30	0,60	0,09	0,27	0,24	0,24
A4B5C1	73,50	73,80	1,35	0,61	0,08	0,30	0,22	0,25
A4B5C1	73,80	73,00	1,19	0,49	0,10	0,23	0,24	0,22
A4B5C1	73,60	72,90	1,28	0,64	0,09	0,31	0,23	0,26
A4B5C2	74,00	74,70	1,10	0,50	0,10	0,27	0,27	0,23
A4B5C2	73,80	74,60	1,20	0,60	0,10	0,27	0,26	0,22
A4B5C2	73,80	74,60	1,20	0,50	0,10	0,30	0,28	0,27
A4B5C2	73,70	74,60	1,15	0,55	0,11	0,27	0,26	0,28
A4B5C2	73,90	74,70	1,10	0,59	0,11	0,28	0,28	0,21
A4B5C2	74,00	74,60	1,26	0,46	0,09	0,31	0,29	0,23
A4B5C3	73,80	75,20	1,20	0,60	0,08	0,37	0,28	0,37
A4B5C3	74,10	75,20	1,10	0,70	0,09	0,41	0,34	0,39
A4B5C3	73,30	74,70	1,20	0,70	0,07	0,37	0,33	0,36
A4B5C3	74,30	75,30	1,10	0,74	0,07	0,37	0,36	0,39
A4B5C3	73,60	74,60	1,25	0,59	0,09	0,37	0,29	0,38
A4B5C3	73,30	75,20	1,14	0,71	0,09	0,39	0,32	0,35
A4B6C1	73,40	72,40	1,40	0,50	0,10	0,32	0,28	0,30
A4B6C1	74,20	72,80	1,30	0,60	0,10	0,27	0,26	0,29

A4B6C1	73,80	72,80	1,30	0,60	0,10	0,38	0,28	0,36
A4B6C1	73,50	72,50	1,35	0,62	0,10	0,33	0,27	0,36
A4B6C1	73,50	72,50	1,25	0,49	0,09	0,25	0,27	0,29
A4B6C1	74,40	73,00	1,40	0,62	0,09	0,40	0,28	0,33
A4B6C2	73,50	75,10	1,20	0,70	0,10	0,33	0,32	0,30
A4B6C2	73,90	74,80	1,20	0,60	0,10	0,31	0,29	0,28
A4B6C2	73,70	75,00	1,30	0,60	0,10	0,32	0,33	0,30
A4B6C2	73,50	75,00	1,14	0,72	0,08	0,30	0,31	0,28
A4B6C2	74,00	75,10	1,28	0,61	0,10	0,32	0,34	0,28
A4B6C2	73,60	74,80	1,23	0,57	0,11	0,31	0,29	0,29
A4B6C3	73,60	74,50	1,10	0,70	0,09	0,45	0,46	0,44
A4B6C3	74,00	75,10	1,00	0,70	0,09	0,46	0,35	0,46
A4B6C3	73,90	75,00	1,00	0,70	0,08	0,44	0,37	0,42
A4B6C3	73,60	75,20	0,96	0,69	0,08	0,45	0,31	0,45
A4B6C3	74,10	75,00	1,11	0,69	0,08	0,45	0,38	0,44
A4B6C3	73,80	74,40	1,04	0,70	0,09	0,46	0,44	0,41

Tablica 5. Vrijednosti za travnatu podlogu (A5)

Varijante pokusa	Buka (dB)		Vibracije sustav ruka-šaka (ms^{-2})			Vibracije trup (ms^{-2})		
	desno	lijevo	x os	y os	z os	x os	y os	z os
A5B1C1	73,80	71,90	1,80	0,50	0,09	0,08	0,10	0,06
A5B1C1	73,40	72,50	1,80	0,50	0,10	0,06	0,07	0,06
A5B1C1	73,20	72,20	1,80	0,60	0,07	0,12	0,10	0,08
A5B1C1	73,20	72,10	1,79	0,52	0,09	0,10	0,07	0,06
A5B1C1	73,90	72,60	1,81	0,48	0,09	0,09	0,07	0,08
A5B1C1	73,30	71,90	1,81	0,60	0,08	0,11	0,12	0,07
A5B1C2	74,90	75,30	1,50	0,60	0,08	0,08	0,07	0,05
A5B1C2	74,50	73,90	1,50	0,60	0,08	0,07	0,06	0,04
A5B1C2	73,90	74,40	1,60	0,60	0,07	0,06	0,06	0,05
A5B1C2	74,50	73,60	1,47	0,61	0,08	0,08	0,07	0,06
A5B1C2	75,00	75,30	1,51	0,60	0,08	0,07	0,07	0,05
A5B1C2	73,80	74,70	1,59	0,60	0,08	0,08	0,06	0,04
A5B1C3	74,80	75,50	1,20	0,50	0,08	0,06	0,06	0,08
A5B1C3	74,50	75,50	1,00	0,60	0,08	0,05	0,06	0,06
A5B1C3	74,70	74,90	1,30	0,60	0,07	0,06	0,06	0,06
A5B1C3	74,50	75,20	1,34	0,62	0,07	0,06	0,06	0,08
A5B1C3	74,90	74,90	0,94	0,50	0,07	0,04	0,07	0,08
A5B1C3	74,60	75,80	1,23	0,62	0,08	0,07	0,05	0,07
A5B2C1	72,80	72,90	1,80	0,50	0,11	0,12	0,08	0,15
A5B2C1	73,40	73,00	1,70	0,50	0,11	0,12	0,10	0,15
A5B2C1	72,70	72,60	1,80	0,50	0,12	0,13	0,11	0,14
A5B2C1	73,50	72,80	1,85	0,51	0,12	0,11	0,12	0,16
A5B2C1	72,60	72,60	1,77	0,50	0,10	0,13	0,07	0,17

A5B2C1	72,80	73,10	1,72	0,49	0,12	0,12	0,09	0,13
A5B2C2	74,00	75,30	1,50	0,60	0,10	0,06	0,06	0,12
A5B2C2	74,40	76,50	1,40	0,50	0,09	0,06	0,06	0,10
A5B2C2	74,30	75,90	1,40	0,50	0,10	0,06	0,07	0,12
A5B2C2	74,20	76,60	1,51	0,51	0,08	0,06	0,06	0,11
A5B2C2	74,50	75,10	1,43	0,54	0,10	0,06	0,04	0,11
A5B2C2	74,00	76,00	1,45	0,64	0,11	0,05	0,06	0,11
A5B2C3	74,30	74,80	1,30	0,50	0,10	0,08	0,08	0,11
A5B2C3	74,80	75,20	1,20	0,20	0,11	0,08	0,07	0,10
A5B2C3	75,00	75,20	1,10	0,50	0,09	0,08	0,08	0,09
A5B2C3	74,20	75,20	1,25	0,40	0,08	0,07	0,09	0,10
A5B2C3	75,10	74,80	1,28	0,22	0,10	0,08	0,10	0,09
A5B2C3	74,80	75,30	1,10	0,59	0,09	0,09	0,08	0,08
A5B2C3	73,50	72,90	1,50	0,10	0,10	0,18	0,16	0,20
A5B3C1	73,50	73,30	1,40	0,10	0,11	0,22	0,17	0,23
A5B3C1	73,40	73,00	1,40	0,10	0,09	0,20	0,16	0,20
A5B3C1	73,40	73,10	1,43	0,09	0,10	0,18	0,17	0,20
A5B3C1	73,50	73,30	1,50	0,10	0,09	0,24	0,16	0,22
A5B3C1	73,50	72,80	1,37	0,08	0,11	0,21	0,16	0,19
A5B3C2	73,70	76,40	1,30	0,20	0,10	0,07	0,09	0,17
A5B3C2	74,00	77,00	1,30	0,50	0,11	0,07	0,08	0,19
A5B3C2	74,60	76,70	1,20	0,50	0,10	0,08	0,10	0,22
A5B3C2	73,50	76,80	1,24	0,48	0,09	0,06	0,08	0,22
A5B3C2	74,20	76,30	1,33	0,19	0,10	0,07	0,10	0,16
A5B3C2	74,60	77,00	1,27	0,53	0,11	0,09	0,08	0,20
A5B3C3	74,40	75,30	1,10	0,20	0,11	0,12	0,10	0,18
A5B3C3	74,60	75,50	1,10	0,50	0,12	0,12	0,10	0,17
A5B3C3	74,80	75,70	0,90	0,50	0,11	0,13	0,11	0,18
A5B3C3	74,70	75,70	1,18	0,57	0,10	0,11	0,09	0,19
A5B3C3	74,30	75,60	0,97	0,20	0,12	0,13	0,10	0,19
A5B3C3	74,80	75,20	0,95	0,45	0,12	0,13	0,10	0,16
A5B4C1	73,30	72,80	1,30	0,20	0,09	0,22	0,20	0,22
A5B4C1	73,30	72,50	1,50	0,20	0,09	0,23	0,19	0,22
A5B4C1	73,10	72,80	1,50	0,20	0,10	0,23	0,20	0,22
A5B4C1	73,10	72,70	1,51	0,20	0,08	0,22	0,19	0,21
A5B4C1	73,40	72,50	1,27	0,21	0,09	0,24	0,20	0,22
A5B4C1	73,20	72,90	1,52	0,20	0,09	0,22	0,22	0,23
A5B4C2	74,40	76,00	1,30	0,20	0,10	0,13	0,16	0,24
A5B4C2	73,80	75,60	1,10	0,50	0,10	0,10	0,13	0,15
A5B4C2	74,10	75,30	1,20	0,50	0,10	0,09	0,11	0,15
A5B4C2	73,80	76,00	1,32	0,54	0,09	0,12	0,12	0,15
A5B4C2	74,50	75,70	1,11	0,51	0,10	0,10	0,11	0,24
A5B4C2	74,00	75,20	1,19	0,17	0,10	0,09	0,15	0,17
A5B4C3	75,00	75,20	0,70	0,20	0,12	0,13	0,13	0,17

A5B4C3	74,50	74,80	1,00	0,50	0,11	0,13	0,13	0,17
A5B4C3	74,60	74,90	1,30	0,20	0,13	0,17	0,15	0,18
A5B4C3	74,40	75,00	1,02	0,52	0,13	0,12	0,14	0,17
A5B4C3	74,70	74,70	1,35	0,21	0,12	0,15	0,14	0,16
A5B4C3	75,00	75,20	0,66	0,18	0,13	0,16	0,13	0,17
A5B5C1	73,90	72,50	1,20	0,50	0,07	0,29	0,23	0,24
A5B5C1	73,60	73,20	1,40	0,50	0,06	0,29	0,24	0,27
A5B5C1	73,70	73,00	1,50	0,50	0,08	0,27	0,22	0,24
A5B5C1	73,60	72,60	1,46	0,52	0,08	0,29	0,23	0,22
A5B5C1	73,70	72,70	1,45	0,50	0,08	0,28	0,23	0,25
A5B5C1	73,90	73,40	1,20	0,50	0,06	0,27	0,24	0,27
A5B5C2	74,50	75,30	0,90	0,50	0,06	0,13	0,18	0,15
A5B5C2	74,80	75,30	1,10	0,50	0,07	0,13	0,20	0,15
A5B5C2	73,90	75,40	1,20	0,50	0,06	0,12	0,18	0,13
A5B5C2	74,50	75,30	1,04	0,50	0,05	0,14	0,20	0,15
A5B5C2	74,90	75,40	0,94	0,52	0,05	0,15	0,19	0,13
A5B5C2	73,80	75,30	1,25	0,49	0,05	0,13	0,19	0,12
A5B5C3	75,40	74,80	0,90	0,20	0,10	0,18	0,18	0,19
A5B5C3	75,60	74,70	1,00	0,20	0,09	0,20	0,18	0,18
A5B5C3	75,30	74,40	0,90	0,50	0,10	0,17	0,18	0,19
A5B5C3	75,50	74,60	0,92	0,52	0,09	0,17	0,18	0,19
A5B5C3	75,20	74,40	1,00	0,17	0,11	0,19	0,18	0,18
A5B5C3	75,60	74,90	0,87	0,23	0,09	0,18	0,19	0,20
A5B6C1	73,70	72,80	1,30	0,50	0,10	0,31	0,30	0,33
A5B6C1	73,50	72,40	1,20	0,60	0,09	0,29	0,28	0,32
A5B6C1	73,10	72,60	1,30	0,50	0,10	0,31	0,30	0,32
A5B6C1	73,70	72,70	1,24	0,52	0,10	0,29	0,29	0,33
A5B6C1	73,60	72,80	1,33	0,47	0,11	0,30	0,30	0,32
A5B6C1	73,00	72,30	1,28	0,62	0,10	0,30	0,29	0,31
A5B6C2	74,00	75,00	1,00	0,50	0,08	0,15	0,23	0,15
A5B6C2	75,00	75,60	0,90	0,20	0,07	0,17	0,25	0,17
A5B6C2	74,90	75,50	0,90	0,20	0,08	0,19	0,30	0,20
A5B6C2	75,30	75,60	1,00	0,25	0,09	0,20	0,26	0,15
A5B6C2	74,00	75,60	0,95	0,16	0,07	0,16	0,29	0,16
A5B6C2	74,60	74,90	0,86	0,51	0,07	0,17	0,26	0,18
A5B6C3	75,50	75,00	1,10	0,60	0,09	0,20	0,25	0,20
A5B6C3	76,10	75,60	0,80	0,60	0,08	0,22	0,28	0,25
A5B6C3	76,00	75,50	0,70	0,60	0,09	0,18	0,21	0,22
A5B6C3	75,90	75,80	1,14	0,62	0,07	0,21	0,31	0,23
A5B6C3	76,30	75,00	0,76	0,61	0,11	0,20	0,25	0,19
A5B6C3	75,50	75,30	0,72	0,59	0,09	0,17	0,19	0,25

Tablica 6. Vrijednosti za poljski put (A6)

Varijante pokusa	Buka (dB)		Vibracije sustav ruka-šaka (ms^{-2})			Vibracije trup (ms^{-2})		
	desno	lijevo	x os	y os	z os	x os	y os	z os
A6B1C1	71,80	72,80	0,13	0,11	0,08	0,12	0,10	0,15
A6B1C1	71,50	72,50	0,12	0,08	0,08	0,10	0,12	0,17
A6B1C1	71,60	72,30	0,12	0,11	0,08	0,12	0,11	0,15
A6B1C1	71,60	72,60	0,12	0,09	0,08	0,12	0,11	0,16
A6B1C1	71,80	72,80	0,14	0,11	0,07	0,10	0,12	0,15
A6B1C1	71,50	72,20	0,11	0,10	0,09	0,09	0,10	0,17
A6B1C2	73,30	74,00	0,11	0,12	0,06	1,70	0,60	0,01
A6B1C2	72,90	74,00	0,10	0,11	0,06	1,70	0,60	0,01
A6B1C2	72,70	74,20	0,10	0,08	0,06	1,70	0,60	0,01
A6B1C2	73,20	74,00	0,10	0,09	0,07	1,69	0,59	0,02
A6B1C2	73,20	74,20	0,10	0,10	0,05	1,69	0,61	0,01
A6B1C2	72,50	74,00	0,11	0,12	0,06	1,70	0,60	0,01
A6B1C3	73,00	72,70	1,40	0,20	0,05	1,70	0,20	0,04
A6B1C3	73,00	72,90	1,40	0,20	0,04	1,70	0,50	0,04
A6B1C3	72,70	73,90	1,50	0,20	0,05	1,70	0,50	0,04
A6B1C3	72,90	72,40	1,40	0,21	0,04	1,69	0,42	0,03
A6B1C3	72,70	73,90	1,49	0,20	0,03	1,69	0,56	0,04
A6B1C3	73,10	73,20	1,40	0,20	0,06	1,70	0,21	0,05
A6B2C1	72,50	72,60	0,11	0,08	0,15	0,10	0,07	0,20
A6B2C1	72,50	72,60	0,12	0,08	0,17	0,12	0,08	0,19
A6B2C1	71,90	72,40	0,12	0,07	0,15	0,13	0,08	0,18
A6B2C1	72,80	72,50	0,12	0,09	0,16	0,15	0,07	0,18
A6B2C1	72,10	72,70	0,13	0,08	0,16	0,12	0,09	0,19
A6B2C1	72,00	72,40	0,12	0,08	0,17	0,11	0,08	0,19
A6B2C2	73,10	73,90	0,11	0,08	0,13	1,50	0,50	0,07
A6B2C2	72,90	73,20	0,13	0,09	0,15	1,50	0,60	0,05
A6B2C2	72,80	72,90	0,12	0,08	0,14	1,60	0,60	0,07
A6B2C2	72,70	74,00	0,12	0,07	0,14	1,46	0,65	0,05
A6B2C2	73,10	72,80	0,11	0,08	0,14	1,52	0,57	0,06
A6B2C2	73,00	73,20	0,13	0,07	0,16	1,62	0,50	0,06
A6B2C3	72,60	73,50	1,50	0,20	0,09	1,50	0,20	0,04
A6B2C3	72,20	73,50	1,50	0,20	0,10	1,60	0,20	0,05
A6B2C3	72,70	73,20	1,40	0,20	0,08	1,50	0,20	0,05
A6B2C3	72,50	73,40	1,55	0,21	0,08	1,61	0,19	0,06
A6B2C3	72,80	73,60	1,44	0,21	0,10	1,49	0,20	0,04
A6B2C3	72,20	73,20	1,43	0,19	0,10	1,50	0,20	0,04
A6B2C3	71,90	72,40	0,15	0,12	0,26	0,13	0,11	0,23
A6B3C1	72,20	72,30	0,12	0,12	0,24	0,12	0,11	0,19
A6B3C1	71,80	72,20	0,13	0,12	0,28	0,12	0,11	0,20
A6B3C1	72,00	72,20	0,14	0,12	0,29	0,12	0,11	0,23
A6B3C1	72,20	72,30	0,15	0,11	0,25	0,12	0,10	0,21

A6B3C1	71,70	72,40	0,12	0,10	0,22	0,13	0,13	0,18
A6B3C2	72,50	72,50	0,16	0,13	0,30	1,30	0,20	0,09
A6B3C2	72,80	72,50	0,15	0,13	0,28	1,20	0,50	0,10
A6B3C2	72,50	72,80	0,13	0,13	0,31	1,30	0,20	0,08
A6B3C2	72,40	72,60	0,18	0,14	0,30	1,19	0,17	0,10
A6B3C2	72,60	72,80	0,15	0,14	0,29	1,28	0,54	0,07
A6B3C2	72,80	72,40	0,11	0,12	0,32	1,34	0,22	0,09
A6B3C3	72,20	73,30	1,30	0,20	0,10	1,30	0,20	0,07
A6B3C3	72,10	73,20	1,30	0,20	0,11	1,30	0,20	0,08
A6B3C3	72,10	72,80	1,30	0,50	0,10	1,30	0,20	0,08
A6B3C3	72,10	73,40	1,29	0,52	0,10	1,28	0,21	0,09
A6B3C3	72,10	73,10	1,30	0,21	0,11	1,29	0,19	0,07
A6B3C3	72,20	72,80	1,30	0,18	0,09	1,30	0,21	0,09
A6B4C1	72,00	72,30	0,15	0,15	0,23	0,13	0,13	0,21
A6B4C1	72,50	72,90	0,16	0,15	0,25	0,13	0,15	0,20
A6B4C1	72,40	73,00	0,15	0,13	0,23	0,13	0,14	0,24
A6B4C1	72,60	73,00	0,14	0,14	0,25	0,13	0,13	0,23
A6B4C1	72,30	73,00	0,15	0,13	0,25	0,11	0,15	0,22
A6B4C1	72,00	72,20	0,13	0,15	0,24	0,12	0,14	0,21
A6B4C2	72,40	72,50	0,14	0,16	0,25	1,30	0,50	0,08
A6B4C2	72,60	72,30	0,15	0,16	0,25	1,20	0,50	0,09
A6B4C2	72,60	72,60	0,15	0,16	0,24	1,20	0,50	0,07
A6B4C2	72,70	72,70	0,15	0,17	0,26	1,19	0,51	0,08
A6B4C2	72,50	72,40	0,14	0,15	0,27	1,22	0,50	0,09
A6B4C2	72,40	72,30	0,15	0,17	0,24	1,29	0,49	0,08
A6B4C3	71,90	72,50	1,20	0,60	0,10	1,40	0,20	0,07
A6B4C3	72,10	72,60	1,40	0,50	0,10	1,30	0,60	0,08
A6B4C3	72,10	72,50	1,40	0,20	0,10	1,30	0,50	0,05
A6B4C3	71,90	72,50	1,46	0,46	0,11	1,41	0,68	0,07
A6B4C3	72,00	72,60	1,19	0,30	0,11	1,31	0,42	0,07
A6B4C3	72,20	72,50	1,35	0,50	0,09	1,28	0,20	0,06
A6B5C1	72,50	72,20	0,18	0,20	0,24	0,18	0,18	0,21
A6B5C1	72,40	71,80	0,13	0,16	0,20	0,15	0,15	0,23
A6B5C1	72,40	72,00	0,18	0,19	0,24	0,17	0,17	0,23
A6B5C1	72,40	72,10	0,19	0,21	0,22	0,18	0,18	0,25
A6B5C1	72,50	72,20	0,12	0,15	0,24	0,18	0,21	0,20
A6B5C1	72,40	71,70	0,17	0,18	0,23	0,16	0,17	0,23
A6B5C2	72,70	72,60	0,18	0,21	0,25	1,20	0,60	0,05
A6B5C2	72,80	72,30	0,14	0,20	0,22	1,20	0,60	0,04
A6B5C2	72,50	72,20	0,19	0,21	0,24	1,20	0,50	0,04
A6B5C2	72,90	72,60	0,16	0,22	0,25	1,21	0,47	0,03
A6B5C2	72,50	72,10	0,16	0,22	0,26	1,21	0,58	0,04
A6B5C2	72,60	72,40	0,18	0,20	0,23	1,19	0,64	0,04
A6B5C3	72,20	72,60	1,10	0,60	0,09	1,30	0,50	0,09

A6B5C3	72,20	72,60	1,20	0,20	0,10	1,20	0,50	0,10
A6B5C3	72,00	72,40	1,30	0,20	0,09	1,20	0,50	0,10
A6B5C3	72,30	72,50	1,25	0,63	0,08	1,18	0,52	0,08
A6B5C3	72,10	72,40	1,26	0,21	0,10	1,32	0,50	0,09
A6B5C3	72,00	72,70	1,09	0,17	0,09	1,21	0,51	0,08
A6B6C1	72,20	72,00	0,22	0,23	0,23	0,22	0,22	0,22
A6B6C1	72,40	71,60	0,22	0,25	0,24	0,22	0,23	0,26
A6B6C1	72,60	71,50	0,16	0,22	0,23	0,18	0,21	0,29
A6B6C1	72,60	72,00	0,21	0,23	0,23	0,21	0,24	0,23
A6B6C1	72,10	71,70	0,19	0,24	0,23	0,19	0,22	0,30
A6B6C1	72,50	71,40	0,19	0,22	0,22	0,23	0,21	0,27
A6B6C2	72,30	72,50	0,20	0,25	0,25	1,20	0,80	0,10
A6B6C2	72,40	71,90	0,22	0,26	0,25	1,10	0,70	0,10
A6B6C2	72,50	71,70	0,18	0,24	0,25	1,20	0,60	0,09
A6B6C2	72,30	71,60	0,19	0,25	0,26	1,16	0,84	0,11
A6B6C2	72,40	71,90	0,21	0,25	0,25	1,24	0,60	0,10
A6B6C2	72,50	72,60	0,17	0,24	0,26	1,11	0,68	0,12
A6B6C3	72,30	72,20	1,20	0,70	0,10	1,20	0,70	0,10
A6B6C3	72,40	72,10	1,10	0,60	0,11	1,30	0,60	0,10
A6B6C3	72,20	72,20	1,20	0,60	0,09	1,20	0,70	0,10
A6B6C3	72,40	72,10	1,20	0,71	0,08	1,16	0,64	0,10
A6B6C3	72,20	72,20	1,20	0,60	0,09	1,22	0,62	0,09
A6B6C3	72,30	72,20	1,10	0,59	0,10	1,32	0,73	0,09

ŽIVOTOPIS

Rođen sam 03. prosinca 1986. godine u Osijeku. Pohađao sam osnovnu školu u Dardi te srednju školu (Prometna škola) u Belom Manastir. Sveučilišni preddiplomski studij Poljoprivrede smjer Mehanizacija na Poljoprivrednom fakultetu u Osijeku upisao sam 2005. godine koji završavam 2010. godine obranom završnog rada pod naslovom „Ispitivanje buke na radnom mjestu traktorista“ kod mentora prof. dr. sc. Tomislava Jurića.

Po završetku navedenog studija zaposlio sam se na „Belje d.d.“ gdje sam obavio pripravnički rad, te nakon polaganja pripravničkog ispita postajem zamjenik voditelja mehanizacije „PJ Mirkovac“. Godine 2011. u statusu izvanrednog studenta upisujem sveučilišni diplomski studij Poljoprivrede smjer Mehanizacija na Poljoprivrednom fakultetu u Osijeku, koji završavam 2013. godine obranom diplomskog rada pod naslovom „Utjecaj starosti traktora na proizvedenu razinu buke“ kod mentora doc. dr. sc. Ivana Plaščaka. Navedeni studij završio sam sa vrlo dobrim uspjehom.

Nakon završenog sveučilišnog diplomskog studija obavljam posao voditelja mehanizacije za Preciznu poljoprivredu tvrtke „Belje d.d.“ sve do konca srpnja 2014. godine.

Od 01. rujna 2014. godine zaposlen sam se na Poljoprivrednom fakultetu u Osijeku na radnom mjestu asistent na Zavodu za poljoprivrednu tehniku – Katedra za motore, održavanje i eksploataciju.

U okviru radnih zadaća i obveza izvodim nastavu, seminare i vježbe (moduli: Osnove poljoprivrednog strojarstva, Motori SUI, Poljoprivredni traktor, Eksploatacija poljoprivrednih strojeva I, Gospodarenje i recikliranje poljoprivrednog otpada, Održavanje i popravak poljoprivrednih strojeva II, Ergonomija poljoprivrednih strojeva, Eksploatacija poljoprivrednih strojeva II, Održavanje i popravak poljoprivrednih strojeva-praksa).

Sudjelujem u provođenju znanstvenih i stručnih istraživanja (mentor sam na 15 završnih radova), a kao autor i koautor pišem i objavljujem znanstvene radove (9 znanstvenih radova A1 kategorije, autor sam 4 rada i 12 znanstvenih radova A2 kategorije, autor sam 6 radova).

Sudjelujem na međunarodnim (17 znanstvenih radova A3 kategorije i 3 sažetka, autor sam 6 radova i 1 sažetka) i domaćim (7 znanstvenih radova, autor sam 2 rada) znanstvenim skupovima te okruglim stolovima. Usmeno sam prezentirao 5 radova (2 na međunarodnom znanstvenom skupu i 3 na domaćem znanstvenom skupu) dok sam putem postera prezentirao 4 rada i 1 sažetak na međunarodnom znanstvenom skupu.

Tehnički sam urednik trećeg dijela „AgBase – Priručnika za uzgoj bilja – Tehnologija (agrotehnika) važnijih ljekovitih biljaka i povrćarskih kultura za začin“ autora prof. dr. sc. Mladena Jurišića te sam također tehnički urednik „Priručnika za ILWIS 3.0“ istog autora.

Godine 2015. upisujem poslijediplomski doktorski studij Poljoprivredne znanosti smjer Tehnički sustavi u poljoprivredi Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku koji trenutno i pohađam.