

Primjena izvedbi trimera i kosilica na radne učinke u trajnim nasadima

Dubrović, Kristijan

Master's thesis / Diplomski rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:505207>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-11**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

**PRIMJENA IZVEDBI TRIMERA I KOSILICA NA RADNE
UČINKE U TRAJNIM NASADIMA**

DIPLOMSKI RAD

Kristijan Dubrović

Zagreb, rujan, 2018.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

Diplomski studij:
Mehanizacija

**PRIMJENA IZVEDBI TRIMERA I KOSILICA NA RADNE
UČINKE U TRAJNIM NASADIMA**

DIPLOMSKI RAD

Kristijan Dubrović

Mentor: Izv.prof.dr.sc. Stjepan Sito

Zagreb, rujan, 2018.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZJAVA STUDENTA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Ja, **Kristijan Dubrović**, JMBAG 0195026796, rođen/a dana 06.06.1991. u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradio diplomski rad pod naslovom:

PRIMJENA IZVEDBI TRIMERA I KOSILICA NA RADNE UČINKE U TRAJNIM NASADIMA

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

Potpis studenta / studentice

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta **Kristijan Dubrović**, JMBAG 0195026796, naslova

PRIMJENA IZVEDBI TRIMERA I KOSILICA NA RADNE UČINKE U TRAJNIM NASADIMA

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

- | | | | |
|----|------------------------------|--------|-------|
| 1. | Izv.prof.dr.sc. Stjepan Sito | mentor | _____ |
| 2. | Doc.dr.sc. Krešimir Čopec | član | _____ |
| 3. | Doc.dr.sc. Vesna Očić | član | _____ |

Zahvala

Veliko hvala mom mentoru Izv.prof. dr.sc. Stjepanu Situ na prenesenom znanju, ukazanom povjerenju, sugestijama te iznimnom strpljenju i razumijevanju

Hvala članovima povjerenstva na velikoj pomoći i susretljivosti, te pažljivom čitanju rukopisa i korisnim prijedlozima

Hvala tvrtki EUROVRT d.o.o. koja mi je ustupila uređaje na kojima je vršeno mjerenje

Hvala Doc. dr. sc. Igoru Đukiću što nam je ustupio mjerne instrumente bez kojih ovo istraživanje ne bi bilo moguće, a prvenstveno hvala na uloženom vremenu i trudu

I na kraju, veliko hvala mojoj obitelji bez čijeg razumijevanja i podrške te vjere u mene ovog rada ne bi bilo

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Radni učinak	2
3. Buka i vibracije prilikom korištenja kosilica i trimera.....	8
3.1. Buka	8
3.1.1. Definiranje buke	8
3.1.2. Najveće dopuštene razine buke	9
3.1.3. Utjecaj buke na zdravlje radnika	11
3.2. Vibracije.....	12
3.2.1. Definiranje vibracije	12
3.2.2. Utjecaj vibracija na ljudsko zdravlje	13
3.2.3. Utjecaj mehaničkih sredstava na rukovatelje istim	14
3.2.4. Liječenje vibracijskih poremećaja	19
3.3. Mjerenje buke i vibracije	19
4. Materijal i metode.....	21
4.1. Mjerenje vibracija.....	21
4.1.1. Rezultati mjerenja vibracije.....	24
4.2. Mjerenje buke	28
4.2.1. Rezultati mjerenja buke	29
5. Zaključak	30
6. Literatura	31
7. Popis slika	32
8. Popis tablica.....	32
9. Prilog.....	33
Životopis	35

Sažetak

Diplomskog rada studenta **Kristijana Dubrovića**, naslova

PRIMJENA IZVEDBI TRIMERA I KOSILICA NA RADNE UČINKE U TRAJNIM NASADIMA

U radu se iznose rezultati mjerenja buke i vibracija koje se javljaju prilikom korištenja raznih izvedbi trimera i kosilica u trajnim nasadima.

Mjerene su vibracije koje se prenose sa stražnje i prednje ručke trimera na ruke operatera, i to pri najmanjem i najvećem broju okretaja motora.

Prikazuje se usporedna analiza električnih trimera i trimera s motorom s unutarnjim izgaranjem koja je izvršena u eksperimentu za usporedbu učinkovitosti njihovih izvora napajanja. Da bi se izvršila navedena analiza, odnosno samo rješavanje problema radne učinkovitosti kosilica, provedeno je istraživanje. Kriteriji koji određuju djelotvornost kosilice su izlazne snage, trošak uporabe i emisije.

Ključne riječi: buka, vibracija, električni trimmer, trimera s motorom s unutarnjim izgaranjem, radni učinak

Summary

Of the master's thesis - student **Kristijan Dubrović**, entitled

APPLICATION OF TRIMMERS AND MOWING MACHINES PERFORMANCES IN PERMANENT

The research work presents the results of noise and vibration measurements that occur when using various trimmers and mowers in permanent crops.

The vibrations that transfer from the rear and front handles of the trimmer to the hands of the operator have been measured at the both lowest and highest engine speeds.

Comparative analysis of electric trimmers and trimmers with an internal combustion engine is performed in the experiment to compare the efficiency of their power supply. To carry out the above mentioned analysis, ie solving the problem of a lawnmower performance and working efficiency, a research was carried out. The criteria that determine the efficiency of the lawnmower are output power, cost of use and emissions.

Keywords: noise, vibrations, electric trimmer, trimmers with an internal combustion engine, working efficiency

1. Uvod

Vrlo poznata činjenica govori kako strojevi koji se upotrebljavaju za održavanje zatravljenih površina, odnosno trimeri i kosilice, olakšavaju rad rukovatelju te značajno utječu na radni učinak košnje. Ipak, prilikom upotrebe, odnosno rada navedenih strojeva prisutni su buka kao i vibracije koje se prenose na rukovatelja. Potrebno je istaknuti kako svakodnevnim izlaganjem buke i vibracija iznad određenih granica može rezultirati i trajnim oštećenjima rukovatelja. Cilj ovog rada je utvrditi radne učinke u košnji različitih izvedbi trimera te kosilica u trajnim nasadima te izvršiti mjerenje razine buke te vibracija koje se prenose na rukovatelja. Za potrebe diplomskog rada mjerenja će se obaviti na više izvedbi trimera i kosilica benzinskog i električnog pogona. Mjerenje buke će se obaviti zvukomjerom Bruel & Kjaer, tip 2232, a vibracije troosnim akcelerometrom tip 8762A10. Dobiveni podaci o radnim učincima košnje različitih izvedbi trimera i kosilica će se statistički obraditi te istaknuti ekonomičnost primjene spomenutih strojeva.

Kod izrade ovoga rada korišteno je nekoliko različitih znanstvenih metoda. Metodom kompilacije razrađen je teorijski dio rada na način da su se prikupljanjem adekvatne literature, odnosno njezinom analizom i sintezom stvorila ključna poglavlja u diplomskom radu.

Prilikom odabira glavnih naslova unutar literature korištene su deduktivna i induktivna metoda. Još jedna znanstvena metoda koja je upotrjebljena prilikom izrade rada je metoda deskripcije. Ista je upotrjebljena za samu interpretaciju ponuđenih podataka koji su dobiveni istraživanjem. Također, provedeno je i istraživanje za stolom s ciljem sakupljanja potrebnih podataka za izradu analiza na temelju kojih je izvršeno pisanje ovog rada. Komparativna, statistička te matematička metoda u radu poslužile su za izradu grafova i tablica te za kalkulaciju i pravilnu interpretaciju podataka koji su relevantni za donošenje zaključaka na temelju istraživanja.

2. Radni učinak

Prikazuje se usporedna analiza električnih trimera i škara za živicu, te trimera i škara s motorom s unutarnjim izgaranjem koja je izvršena u eksperimentu za usporedbu učinkovitosti njihovih izvora napajanja. Da bi se izvršila navedena analiza, odnosno samo rješavanje problema radne učinkovitosti, provedeno je istraživanje. Kriteriji koji određuju djelotvornost su izlazne snage, trošak uporabe i emisije. Izrađena je samo numerička analiza za usporedbu izvora snage električnih uređaja. Utvrđeno je da su električni uređaji koji koriste litij-ionske baterije najisplativije (0,84 HRK po uporabi) i ekološki prihvatljive, dok su benzinski, oni sa najvećom snagom (≈ 2237 W).

Također, temeljem tehničkih podataka proizvođača izvršena je analiza radnog učinka dviju navedenih izvedbi trimera i škara za živicu.

Bilo da se radi o krajobraznom uređenju ili održavanju manjih trajnih nasada, pojavljuju se određeni troškovi za navedene usluge. Prosječna osoba ne može trošiti novac na luksuzne usluge krajobraznog uređenja, no sama može kositi svoj travnjak. Postavlja se pitanje koju kosilicu kupiti, onu s električnim motorom ili kosilicu s motorom s unutarnjim izgaranjem? Cilj istraživanja koje je provedeno je usporedba učinkovitosti električnih i benzinskih uređaja koji se koriste u održavanju trajnih nasada.

Analiza je izvršena izračunavanjem snage (rezanja kroz tvrđu travu). Trošak uporabe određen je troškovima kosilice (maloprodajna vrijednost i trošak rada). Također, u samoj analizi, emisije plinova se uzimaju u obzir, jer ne samo da štete okolišu nego i vlasnicima za njihovo zdravlje.

Benzinski uređaji jako doprinose onečišćenju zraka. Oni proizvode različite emisije štetnih plinova (CO, CO₂, CH₄ itd.) koji dugoročno utječu na zdravlje ljudi i sam okoliš. Primarni cilj provedenog istraživanja bila je usporedba dva izvora napajanja koja se koriste na uređajima (gorivo i litij-ionska baterija).

Kosilica je uređaj koji koristi energiju da rotira noževe za rezanje trave pri velikim brzinama. Izvori energije mogu biti: benzin, struja ili kinetička energija. Kosilica postoji još od 1800-ih godina, a izumio ju je engleski inženjer Edwin Budding. Ideja je izvorno došla iz kosa, koji se

koristio za rezanje trave na poželjnu visinu, a kosilica se pokazala učinkovitijim uređajem u rezanju travnjaka. Tijekom godina napredovanja tehnologije, kosilica je također uvelike napredovala (Lytton i dr., 2015).

Da bi se dokazala izvedivost električne kosilice, koristit će se određeni izračuni za usporedbu učinkovitosti i troškova korištenja.

Da bi se postigla učinkovitost, η_{th} (%), koristit će se sljedeće jednadžbe (Lytton i dr., 2015):

1. Za električne kosilice:

$$P_{out} = Bat_v \times Bat_i$$

$$\eta_{th} = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

2. Za benzinske kosilice:

$$W_{out} = \frac{T \times RPM}{5252}$$

$$Q_{in} = \eta_{th} \times W_{out}$$

$$\eta_{th} \approx 25 - 27\%$$

gdje P_{in} označava ulaznu snagu kosilice, od litij-ionske baterije, koja će se razlikovati od kapaciteta baterija. P_{out} prikazuje izlaznu snagu električne kosilice i bit će fiksna vrijednost. Učinkovitost će navesti koliko se energije koristi. W_{out} je izlazna snaga koju proizvodi benzinska kosilica. Navedeno se razlikuje od kapaciteta motora. Q_{in} je toplina pretvorena u mehaničku energiju, a η_{th} predstavlja učinkovitost (Lytton i dr., 2015).

Da bi se dobio trošak uporabe, potreban je i trošak benzina kao i trošak električne energije.

1. Za električnu kosilicu (Lytton i dr., 2015):

$$EM_{cost} = C_T \times e_{cost}$$

2. Za benzinsku kosilicu (Lytton i dr., 2015):

$$GM_{cost} = g_{cost} \times F_{ch}$$

Tamo gdje je C_T vrijeme punjenja, a e_{cost} cijena električne energije, korištena je prosječna cijena u Hrvatskoj (0,99 kn / kWh). Za jednadžbu GM_{COST} , g_{cost} predstavlja prosječnu cijenu benzina u Hrvatskoj (10,40 kn / l), a F_{ch} je veličina komore za gorivo.

Kako bi se dobilo vrijeme punjenja, CT (hr), upotrebljena je sljedeća jednadžba:

$$CT = \frac{Bat_{imax}}{C_{imax}}$$

gdje je Bat_{imax} maksimalna struja koju može držati litij-ionska baterija, a C_{imax} je maksimalna struja koju punjač može napajati.

Postupak je relativno jednostavan. Podaci za izračune su dobiveni testiranjem električnog trimera STIHL FSA 85 (Slika 16.), iz specifikacija baterije STIHL AP 200 (36V, 4 Ah) (Slika 15.). Za benzinsku kosilicu korišten je motor STIHL FS 56 R (Slika 16.) s motorom od 800W, sa specifikacijama motora Torque i RPM. Troškovi benzina i električne energije dobiveni su iz internetskih izvora.



Slika 1. – Litij-ion baterija STIHL AP 200



Slika 2. – Električni trimer STIHL FSA 85 – lijevo, benzinski trimer STIHL FS 56 R - desno

Sljedeća tablica uspoređuje troškove korištenja za svaku punu napunjenost nakon što je potpuno potrošeno gorivo. Prvi stupac je trimer koji se proučava. Drugi stupac predstavlja trošak izvora napajanja (gorivo i struja). Treći stupac predstavlja razmatranje potpune napunjenosti. Četvrti stupac predstavlja ukupni trošak uporabe za svaku punu napunjenost nakon što je potpuno prazno gorivo.

Tablica 1. - Trošak uporabe različitih izvedbi trimera

TRIMER	IZVOR ENERGIJE	PUN KAPACITET	CIJENA
Benzinski	10.40 (kn(l))	0,33 (l)	3,43 kn
Električni	0.99 (kn/kWh)	0,58 (h)	0,57 kn

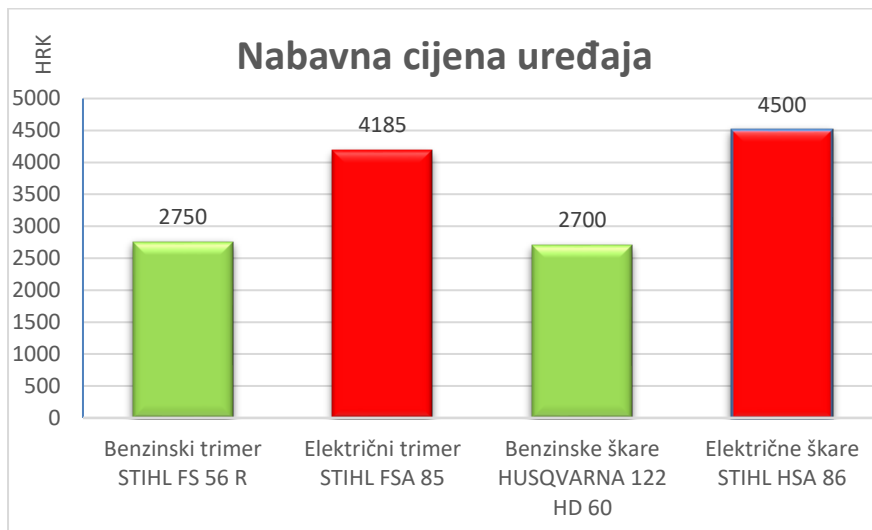
Izračunom su dobivene sljedeće vrijednosti učinkovitosti, η_{th} (%) prema izvoru napajanja:

Tablica 2. – Prikaz učinkovitosti trimera prema izvoru napajanja

TRIMER	UČINKOVITOST, η_{th} (%)
Benzinski	25 - 27
Električni	78

S obzirom da su benzinski trimer i benzinske škare za živicu na kojima smo vršili ispitivanje podjednake snage, kao i testirani električni trimer i električne škare, rezultati troškova uporabe uređaja koji koriste isti izvor napajanja su gotovo identični.

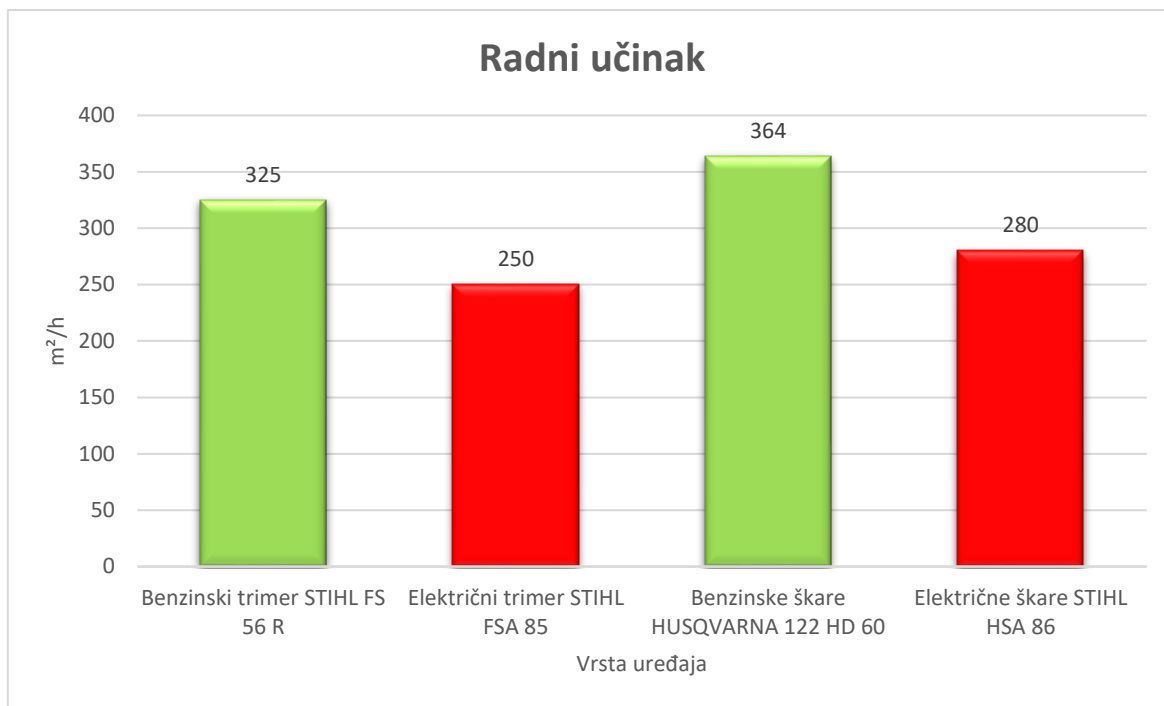
Osim navedenog troška uporabe, vrlo je važna stavka početno ulaganje u sami uređaj. U tablici su prikazane nabavne cijene električnih uređaja i onih pogonjeni fosilnim gorivima.



Dijagram 1. – usporedba nabavne cijene električnih i benzinskih uređaja

Rezultati analize radnog učinka prema tehničkim specifikacijama koje smo dobili od proizvođača uređaja prikazani su kroz slijedeću tablicu i dijagram.

Uređaj	Primjena	Radni učinak
Benzinski trimmer STIHL FS 56 R 	Košnja travnjaka 	325 m ² /h
Električni trimmer STIHL FSA 85 	Košnja travnjaka 	270 m ² /h
Benzinske škare HUSQVARNA 122 HD 60 	Rezanje živice 	364 m ² /h
Električne škare STIHL HSA 86 	Rezanje živice 	295 m ² /h



Dijagram 2. – radni učinci izvedbi uređaja

Stavimo li u odnos trošak uporabe trimera po jednom punjenju i njihove radne učinke, dolazimo do slijedećeg rezultata. Jedno punjenje benzinskog trimera čija je potrošnja 0,33l/h, prema gore navedenim podacima nas košta 3,43 kn i možemo pokositi 325 m² zatravljene površine. S druge strane jedno punjenje električnog trimera, čija je autonomija baterije 75 min, će nas koštati 0,57 kn i možemo obraditi 337 m². Preračunamo li to u cijenu koštanja po jednom metru kvadratnom dobivamo slijedeće iznose:

Benzinski trimmer – 0,01 kn/m²

Električni trimmer – 0,001 kn/m²

Iz analize podataka o troškovima uporabe, troškovima nabavke uređaja i radnom učinku možemo zaključiti da će se već tijekom prve sezone početno viša cijena ulaganja u električni uređaj, bilo da se radi o trimeru ili škarama za živicu, isplatiti kroz šesterostruko nižu cijenu troškova uporabe električnih uređaja u odnosu na klasične uređaje s motorom s unutarnjim izgaranjem. Međutim, važno je napomenuti da unatoč činjenici da razvoj električnih uređaja svakodnevno napreduje, i njihova snaga, kapacitet baterije i radni učinak konstantno raste, još uvijek primjena takovih uređaja, kod velikih obradivih površina i profesionalne uporabe nije moguća. Nedostatak snage, vrijeme punjenja i kapacitet baterije još uvijek su velik nedostatak u odnosu na konvencionalne benzinske uređaje.

3. Buka i vibracije prilikom korištenja kosilica i trimera

Većina zvukova, koje čujemo u okruženju, ne sastoji se od jedne frekvencije, već široki spektar frekvencija, pri čemu se svaka frekvencija razlikuje u razini zvuka. Intenziteti svih frekvencija se zbrajaju kako bi se stvorio zvuk. Metoda koja se obično koristi za kvantificiranje zvukova okoline sastoji se od vrednovanja svih frekvencija zvuka u skladu s ponderiranjem koje odražava činjenica da je ljudski sluh manje osjetljiv na niskim frekvencijama i ekstremno visokim frekvencijama, nego u srednjoj frekvenciji (Janello i dr., 2010).

3.1. Buka

Buka predstavlja vrlo glasan, čovjeku neugodan pa čak i bolan zvuk. Osnovne značajke buke su sadržane u jačini iste, odnosno u intenzitetu, kao i u njezinoj kakvoći, visini, trajanju, isprekidanosti te kontinuiranosti.

3.1.1. Definiranje buke

Buka predstavlja jedan od značajnijih zagađivača s obzirom da izaziva gubitak sluha, izaziva stres, rastrojstvo, gubitak sna, podiže krvni tlak te smanjuje produktivnost te ostalo. Nepoželjnu buku proizvodi primjerice automobilski promet, industrijski pogoni, ali i predmet ovog rada, odnosno trimeri i kosilice. Europski te svjetski standardi tretiraju buku kao jednog od najvećih zagađivača kako radne tako i životne okoline. Naime, oko 26% stanovnika Europske unije izloženo je velikoj buci iz okoline, dok oko 4% stanovnika ima trajne probleme sa sluhom uslijed prekomjerne buke.

U Sjedinjenim Američkim Državama taj broj je nešto manji, odnosno 3,5% ukupnog broja stanovnika. Ukupne posljedice djelovanja buke svakako su znatno veće. Intenzitet zvuka je u granicama od 0 do 160 dB, u prirodi je oko 35 dB, razgovor oko 40 dB, dok primjerice avionski promet uzrokuje buku od 110 dB. Granica gubitka te oštećenja organa je 120 do 130 dB, dok manji intenzitet buke u dužem vremenu dovodi do promjena i stresnih situacija (Belić i dr., 2009).

Buka predstavlja fizički fenomen koji ima akustičnu manifestaciju i to kroz formu mješavine zvučnih valova. Važno je istaknuti kako obično sadrži veći broj i više vrsta zvučnih valova, odnosno i one koje registriraju i one koje ne registriraju ljudska osjetila. Buka obično nema harmonijski sklad, stoga subjektivno te objektivno predstavlja manji ili veći problem.

3.1.2. Najveće dopuštene razine buke

Najveće dopuštene razine buke u sredinama u kojima ljudi rade ili borave propisane su Pravilnikom o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave. Radni prostor predstavlja svaki otvoren ili zatvoren prostor u kojemu ljudi rade. Osnovna razina buke L_{95} je razina buke koja je pređena 95% vremena mjerenja dok ekvivalentna trajna razina buke L_{eq} predstavlja onu razinu stalne buke koja bi na čovjeka jednako djelovala kao promatrana promjenjiva buka istog vremena. Tu je još i rezidualna buka, odnosno ukupna buka koja je prisutna na nekom mjestu prije nego što je došlo do bilo kakve promjene u postojećoj situaciji.

Tablica 3. - Najviše dopuštene ocjenske razine buke imisije u otvorenom prostoru

Zona buke	Namjena prostora	Najviše dopuštene ocjenske razine buke imisije L_{Raeq} u dB (A)	
		Za dan	Za noć
1.	Zona namijenjena odmoru, oporavku i liječenju	50	40
2.	Zona namijenjena samo stanovanju i boravku	55	40
3.	Zona mješovite, pretežito stambene namjene	55	45
4.	Zona mješovite, pretežito poslovne namjene sa stanovanjem	65	50
5.	Zona gospodarske namjene (proizvodnja, industrija, skladišta, servisi)	Na granici građevne čestice unutar zone – buka ne smije prelaziti 80dB (A) Na granici ove zone buka ne smije prelaziti dopuštene razine zone s kojom graniči	

Izvor: Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave

U navedenoj tablici, vrijednosti se odnose na ukupnu razinu buke imisije svih postojećih kao i planiranih izvora buke zajedno. Što se tiče buke na radnom mjestu, najviše dopuštene ocjenske ekvivalentne razine buke L_{Raeq} koje na radnome mjestu stvaraju proizvodni te neproizvodni izvori buke prikazani su u slijedećem tabličnom prikazu.

Tablica 4. - Buka na radnom mjestu

OPIS POSLA	NAJVIŠA DOPUŠTENA EKVIVALENTNA RAZINA BUKE $L_{A,eq}$ dB (A)
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: Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave

3.1.3. Utjecaj buke na zdravlje radnika

Djelovanje buke manifestira se na dva načina, odnosno dva vida, kroz akutne i kronične akustične traume. Akutne traume se odnose na kratkotrajnu buku većeg intenziteta. Navedena akutna trauma uzrokuje mehanička oštećenja bubnjića i slušnih košćica. Kronična trauma nastaje uslijed buke nižeg intenziteta, no dužeg trajanja. U oba navedena slučaja nastaje naglušost, progresivna naglušost te potpun gubitak sluha. Važno je naglasiti kako primarna oštećenja mogu biti privremena (akutna), no ukoliko se izlaganje buci ponavlja, ona postaju trajna (kronična). Radnici koji se služe različitim uređajima posebno su ugroženi dio populacije.

Tablica 5. - Pregled izazivača buke

JAČINA BUKE	IZVOR BUKE
0	Granica čujnosti
10	Šuštanje lišća od povjetarca
10	Tihi šapat
20	Srednji šapat
20-50	Tihi razgovor
50-65	Glasni razgovor
65-70	Promet u prometnoj ulici
75-80	Tvornice – srednje teški rad
90	Gust promet
90-100	Grmljavina
110-140	Mlazni avioni
130	Granica bola
140-190	Svemirske rakete

Izvor: (Belić i dr., 2009)

3.2. Vibracije

Vibracije predstavljaju oscilatorno kretanje čvrstih tijela ili pak čestica čvrstih tijela i to u području infrazvučnih te djelomično zvučnih frekvencija. Važno je istaknuti kako su osnovne karakteristike vibracija frekvencija, amplituda, brzina te ubrzanje vibracija (Tanković i dr., 2015).

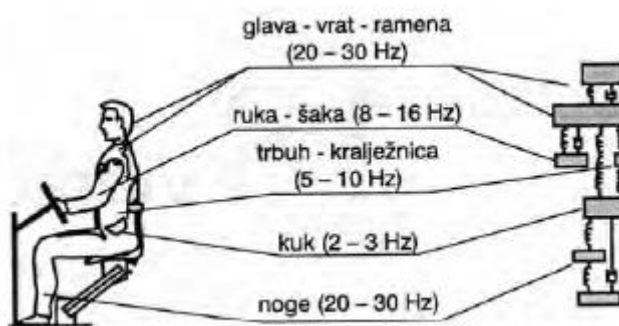
3.2.1. Definiranje vibracije

Vibracije su oscilatorna kretanja čvrstih tijela ili čestica čvrstih tijela i to u području infrazvučnih i djelomično zvučnih frekvencija. Osnovne karakteristike vibracija su frekvencija, amplituda, brzina te ubrzanje vibracije.

S obzirom da se karakteristike vibracija pri istoj frekvenciji mijenjaju u toku vremena, upravo taj složeni oscilatorni proces nastoji se prikazati jednim pokazateljem. Uslijed navedenog se izračunava efektivna vrijednost vibracija za svaku mjerenu frekvenciju. Ono što se također treba naglasiti je činjenica da se u praksi najčešće mjeri veličina ubrzanja vibracije, a ista je usvojena u međunarodnim standardima i to kao pokazatelj dopustivog izlaganja vibracijama. Ukoliko se sagleda smjer širenja vibracija, one mogu biti vodoravne, okomite, kružne, poprečne ili pak višesmjerne (Tanković i dr., 2015).

3.2.2. Utjecaj vibracija na ljudsko zdravlje

Mehanički utjecaj vibracija na ljudsko tijelo se jasno može vidjeti na slijedećem grafičkom prikazu.



Slika 3. - Prikaz mehaničkog utjecaja vibracija na ljudsko tijelo

Izvor: (Tanković i dr., 2015)

Prema visini frekvencije iste se mogu podijeliti u nekoliko kategorija, odnosno grupa. Prva grupa uključuje vibracije koje izazivaju takozvanu morskbu bolest, a riječ je o vibracijama u frekventnom području od 0,1 do 0,63 Hz. Drugu grupu čine vibracije koje se prenose na cijelo tijelo, a pripadaju frekventnom području u rasponu od 1 do 80 Hz. Posljednju skupinu čine vibracije koje se prenose sistem šaka-ruka i to u frekventnom području u rasponu od 6,3 do 800 Hz.

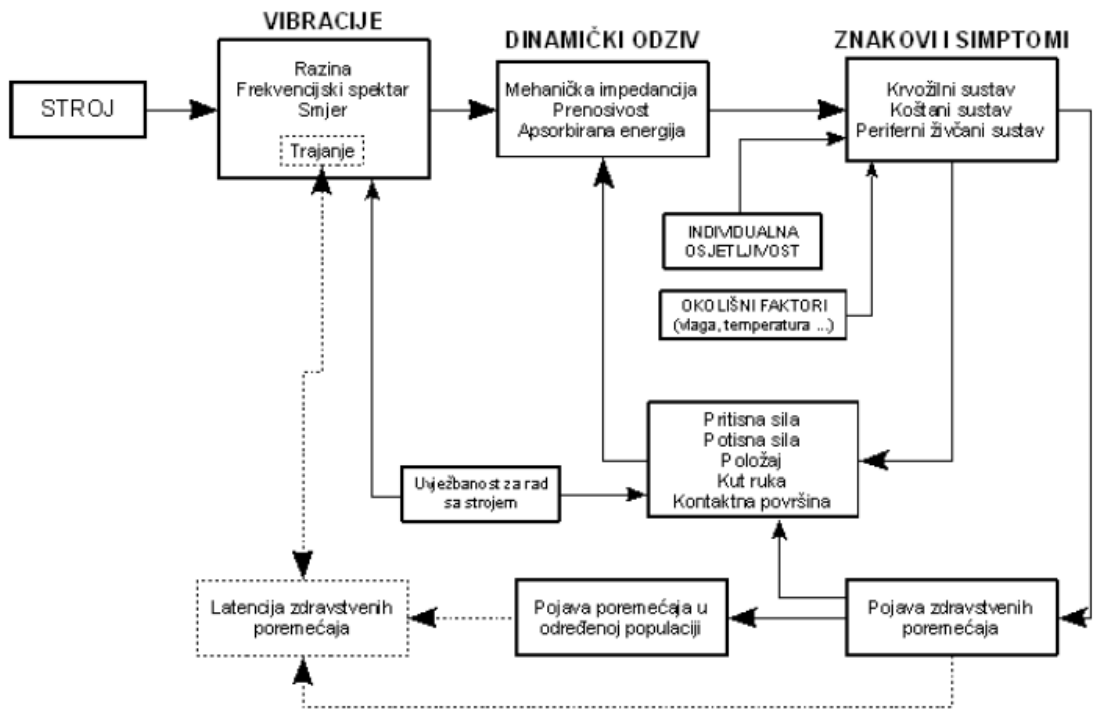
Kako bi se objektivno utvrdio štetan utjecaj vibracija na ljudsko tijelo, u tom segmentu su provedena istraživanja na osnovu kojih su postavljene granice dopuštenog izlaganja, dok prema međunarodnim normama (ISO 5349) granično izlaganje vibracijama se definira na tri temeljne razine. Prva razina uključuje nivo vibracija koje izazivaju umor te narušavaju efekt rada radnika. Drugi nivo vibracija je nivo koji narušava zdravlje radnika na pojedinom radnom mjestu te je dvostruko viši od nivoa za prethodnu točku. Posljednji nivo vibracija je onaj koji narušava komfor na pojedinom radnom mjestu te je 3,15 puta niži od nivoa propisanog u prvoj točki (Tanković i dr., 2015).

Pri razmatranju štetnog djelovanja također su važna četiri parametra, odnosno:

1. smjer djelovanja vibracija
2. vrijeme izlaganja
3. nivo vibracija
4. frekvencijska karakteristika osjetljivosti

3.2.3 Utjecaj mehaničkih sredstava na rukovatelje istim

Vrlo je poznata činjenica kako su šake, odnosno ruke radnika izložene vibracijama većeg intenziteta, a iste se prenose preko dlanova i prstiju. Na taj način može doći do oštećenja s nizom posljedica koje se obično zajedničkim nazivom nazivaju "vibracijski sindrom šake i ruke". Upravo su takvim rizicima izloženi i radnici koje rade s mehaničkim uređajima poput kosilica i trimera. Sprječavanje posljedica izlaganja vibracijama iznad dopuštenih razina, posebice radnika, problem je s kojim se susreću stručnjaci zaštite na radu i to u svim industrijskim pogonima. Posljedice pretjerane izloženosti vibracijama su po svojoj učestalosti u sveukupnim profesionalnim oboljenima vrlo zabrinjavajuće (Goglia, 2012).



Slika 4. - Shematski prikaz uzročno-posljedičnih veza između pojedinih faktora kod vibracija koje se sa stroja prenose na sustav šaka-ruka

Izvor: Griffin, 1996.

„Tako se iz statističkih godišnjaka primjerice može doći do podataka da je u Engleskoj oko 2,2 milijuna radnika patilo od narušena zdravlja kao posljedica radnih uvjeta, od čega se tri četvrtine odnosilo na muskulo-skeletne poremećaje koji nastaju i kao posljedica izloženosti vibracijama“ (Health and safety statistics in UK. 11/2007).

Izloženost ruku poslužitelja mehaniziranih sredstava rada vibracijama prisutno je u brojnim industrijskim granama. Naime, tijekom raznovrsnih tehnoloških procesa rada, osobito dugotrajnijeg ponavljajućeg rada pod utjecajem vibracija, kao posljedica rukovanja rotirajućim te udarnim alatima u šumarstvu i poljoprivredi, u proizvodnim pogonima, u rudarstvu, graditeljstvu kao i u drugim djelatnostima nastat će niz zdravstvenih teškoća i oboljenja.

Izloženost sustava šaka-ruka nalazimo isto tako i kod vibrirajućih predmeta obrade koje radnici drže u rukama. Nastali poremećaji se pripisuju kao profesionalna oboljenja, i to ne samo u Hrvatskoj nego i u mnogim drugim zemljama. Isti su uključeni i u Europsku listu priznatih profesionalnih oboljenja. Ovi se poremećaji mogu opisati kao (Goglia, 2012):

1. krvožilni poremećaji
2. neurološki poremećaji
3. muskulatorni poremećaji
4. ostali poremećaji

Prva skupina su krvožilni poremećaji. Radnici s krvožilnim poremećajima su radnici koji su dobili iste uslijed posljedice izlaganja vibracijama. Takve osobe se vrlo često žale na povremene bolove u rukama ili pak na bijele prste koji se obično pojavljuju pothlađivanjem. Navedeni poremećaj nastaje kao posljedica nedovoljne cirkulacije krvi, a naziva se Raynaudov fenomen.



Slika 5. - Sindrom bijelih prstiju

Izvor: <https://www.krenizdravo.rtl.hr/zdravlje/bolesti-zdravlje/raynaudova-bolest-uzroci-simptomi-i-lijecenje>

Za navedeni poremećaj koriste se različiti sinonimi kao primjerice smrt bijelih prstiju ili pak traumatološki vazospastički poremećaj. Samo bjelilo se može pojaviti ili na jednom ili na više prstiju, a širi se od vrha prsta prema dnu. Ovi napadi bijelih prstiju su popraćeni bolovima te trncima kao i gubitkom stiska i osjeta. Naglašava se kako se češće pojavljuju za vrijeme zimskih mjeseci te traju od nekoliko minuta do preko sat vremena. Prestaju obično kada se zagrije cijelo tijelo. Ukoliko se pak izlaganje vibracijama nastavi, tada napadi postaju sve učestalijima te se mogu pojaviti u tijeku cijele godine. Ukoliko dođe do iznimnih slučajeva uznapredovale bolesti ista je popraćena trofičkim promjenama, tj. gnojenjem i gangrenama (Goglia i dr., 2012).

Tablica 6. - Ocjena oboljenja bijelih prstiju prema Stockholm Work – shop Scale krvožilne komponente

STUPANJ	OPIS
0 -	Bez napada
1 – BLAGO	Povremeni napadi koji zahvaćaju vrhove jednog ili više prstiju
2 – UMJERENO	Povremeni napadi koji zahvaćaju distalne ili srednje falange jednog ili više prstiju
3 – OZBILJNO	Učestali napadi koji zahvaćaju sve falange većine prstiju
4 – VEOMA OZBILJNO	Kao treća faza trofičkim promjenama na prstima

Izvor: (Goglia i dr., 2012)

Od neuroloških poremećaja izloženost ruku vibracijama izaziva trnce kao i ukočenost prstiju ili pak čitave ruke. Naime, ukoliko se izlaganje vibracijama nastavi tada se simptomi pogoršavaju te mogu imati utjecaj na radnu sposobnost kao i na svakodnevne aktivnosti. Na temelju dosadašnjih istraživanja zaključuje se kako se senzoneuralni poremećaji razvijaju i to neovisno od ostalih poremećaja koji su izazvani vibracijama. Težine navedene vrste poremećaja u okvirima Stockhom Workshop Scale predlaže se posebna skala koja je prikazana u slijedećem tabličnom prikazu.

Tablica 7. - Ocjena oboljenja senzoneuralne komponente

STUPANJ	OPIS
0	Izloženost vibracijama bez simptoma
1	Isprekidana ukočenost sa ili bez trnaca
2	Isprekidana ili neprekidana ukočenost, reducirani osjet
3	Isprekidana ili neprekidna ukočenost, reduciran osjet i pokretljivost

Izvor: (Goglia i dr., 2012)

Vibracije mogu uzrokovati i muskulatorne poremećaje. Radiološkim se ispitivanjima ustanovilo kako se kod radnika izloženim vibracijama pojavljuju nepovratne promjene i to u kostima ruku te u zglobovima zapešća. Promjene na kostima te u zglobovima kod radnika koji u radu koriste vibrirajuće alate se smatraju profesionalnim oboljenjima. Radnici koji su izloženi dugotrajnim vibracijama se uobičajno žale na slabost u mišićima, bolove u šakama te u rukama. Vibracije također utječu na smanjenje stiska šake, a smatra se kako je upravo navedeno izravna posljedica mehaničkog oštećenja perifernih živaca.

3.2.4. Liječenje vibracijskih poremećaja

Osnovni princip za liječenje vibracijske bolesti, odnosno svih profesionalnih bolesti je prekid izloženosti štetnom faktoru što je u ovom slučaju prekid rada s vibrirajućim alatima, rada na podlogama koje vibriraju kao i prekid izloženosti nepovoljnim klimatskim uvjetima, poglavito hladnoći i vlazi. Kod koštano zglobnih manifestacija se preporučuje fizikalni tretman. Prevencija vibracijske bolesti obuhvaća tehnološko-tehničke mjere, medicinske mjere te zdravstveno prosvjeđivanje i edukaciju. Od tehnološko-tehničkih mjera ističe se smanjenje na najmanju moguću mjeru intenziteta vibracija kao i dužine izloženosti stoga se preporučuje odmor od 10 minuta na svaki sat rada, izmjena tehnoloških procesa, konstruiranje alata prihvatljivih karakteristika vibracija, održavanje alata i strojeva, upotreba zaštitnih sredstava kao što su antivibracijske rukavice. Od medicinskih mjera uključeno je provođenje profesionalne orijentacije te selekcije prilikom zapošljavanja, obavljanje prethodnih i periodičnih pregleda, otkrivanje ranih znakova vibracijske bolesti, blagovremeno te efikasno liječenje oboljelih i rehabilitacija. Zdravstveno prosvjeđivanje te edukacija uključuju važnost mjera zaštite na radu (Tanković i dr., 2015).

3.3. Mjerenje buke i vibracije

Za identifikaciju utjecaja buke potrebno je koristiti rezultate mjerenja buke na različitim frekvencijama, a poglavito specifičnih frekvencija s osobito visokim intenzitetom (Franklin, 2006). Navedena mjerenja su vrlo korisna za razvoj mjera kontrole i odabir odgovarajuće zaštite. Štoviše, mjerenja daju naznake o razinama buke u većini frekvencija koje oštećuju sluh (0,5 ... 2 kHz - frekvencije govora). One su glavna briga za odabir radnih aparata za sluh i služe kao osnova za numerički procjenu rizika štetnosti ukoliko se ne primjenjuju mjere kontrole rizika, ili ako se ne poduzmu mjere za kontrolu rizika zloupotrebe strojeva od strane radnika.

Prema općenitim mjerenjima, niže frekvencije ne predstavljaju zabrinutost prethodno proučavane industrije, odnosno upotrebe kosilica i trimera u agrokulturi.

Znanje o prevladavajućim štetnim frekvencijama pomaže u odlučivanju o zaštiti ušiju koje bi se trebalo koristiti. Uređaj za zaštitu sluha može značajno smanjiti izloženost te pomoći nominalnom prigušenju buke. Preporučeno od strane proizvođača, varira od 11 dB do 35 dB, ovisno o uređaju za zaštitu sluha i sadržaju frekvencije buke.

Pravilnikom o ograničavanju izloženosti buke industrijskih radnika pokrenut je postupak ograničenja i zaštite radnika u mnogim zemljama. U Estoniji je trenutačna razina pragova za 8-satnu izloženost buke 85 dB (A). Da bi se smanjila razina buke, koriste se metode kontrole inženjerstva i administrativne mjere. Ako inženjerske i administrativne kontrole nisu izvedive ili na snazi nije razina buke manja od 85 dB, radnicima treba ponuditi zaštitne uređaje. Ti su uređaji lako implementiraju, a predstavljaju jeftine metode za smanjenje gubitka sluha od kontinuiranog izlaganja visokog intenziteta buke (Mohammadi, 2008). Buka se obično stvara kada buka trajno premašuje 85 dB ili pak radnici odbacuju ili zlorabe osobnu zaštitu sluha (Tint i dr., 2012).

Poznato je da stalna izloženost vibracijama uzrokuje ozbiljne zdravstvene probleme kao što su bol u leđima, sindrom bijelih ruku i vaskularne poremećaje. Vezano za vibracijske ozljede, iste osobito prevladava u zanimanjima koja zahtijevaju rad na otvorenom, kao što je šumarstvo, uzgoj, transport i izgradnja. Postoje dvije klasifikacije za izloženost vibracijama: vibracije cijelog tijela i vibracija ruke ili ruku.

Ove dvije vrste vibracija imaju različite izvore, utječu na različita područja tijela i proizvode različite simptome. Vibracije cijelog tijela su vibracije koje se prenose po cijelom tijelu preko sjedala ili stopala, ili oboje, često kroz vožnju u motornim vozilima. S druge strane, vibracije ruke ili ruku ograničene su na ruku ili ruke, a obično su posljedica upotrebe ručnih alata kao što su trimeri i kosilice. Rezultat posljedica vibracija na radu produljenog razdoblja kontakta između radnika i vibracijske površine su loši (Tint i dr., 2012).

Vibracije cijelog tijela i ruku uzrokuju bol u leđima i rukama, smanjenje snage, smanjene senzibilnosti ruku i spretnosti, sindrom blijelih prstiju... Trenutačno ne postoje pravni standardi koji ograničavaju izloženost lokalnoj vibraciji.

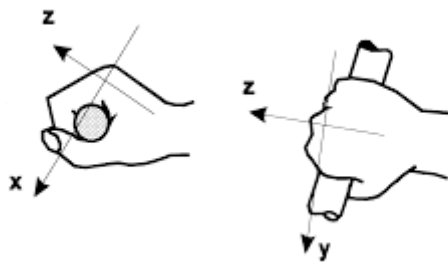
4. Materijal i metode

4.1. Mjerenje vibracija

Prema međunarodnoj normi HRN EN ISO 5349-1:2001 (E): *Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand transmitted vibration* propisana su pravila vezana za metode mjerenja i obrade vibracija koje se sa strojeva prenose na ruke.

Vodeći se pravilima navedene norme, mjerenje vibracija je izvedeno u sve tri biodinamičke osi (slika 4.) troosnim akcelometrom tip 8762A10 (slika 5.). Daljnja analiza se temeljila na vremenskim zapisima signala koji se za svaku os vrednovao pomoću filtera. Dobivenim vrijednostima za pojedine osi se pomoću izraza izračunao njihov vektorski zbroj koji predstavlja ukupnu vrednovanu razinu vibracije.

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2}$$



Slika 6. – Shematski prikaz biodinamičkog koordinatnog sustava vezanog za ruku prema ISO 5349



Slika 7. – Troosni akcelometar TIP 8762A10

Istraživanje je obavljeno na ispitnoj površini tvrtke Eurovrt d.o.o. u Zagrebu. Prijenos vibracija na sustav šaka – ruka mjerili smo na trimeru benzinskog pogona marke **STIHL FS 56 R**, te na električnom trimeru **STIHL FSA 85**. Identičnom metodom smo obavili mjerenja vibracija škara za živicu marke **HUSQVARNA 122 HD 60** pogonjenih benzinskim motorom, te električnim škarama **STIHL HSA 86**. Prilikom ispitivanja svi električni uređaji bili su pogonjeni AP 200 Lithium-Ion baterijom. Mjerenje smo proveli u dvije točke. Vibracije koje se prenose sa prednje ručke na lijevu ruku, odnosno sa zadnje ručke na desnu ruku rukovatelja i to pri najmanjem broju okretaja motora – PH i najvećem broju okretaja – PG.

Tijekom mjerenja smo poštivali ISO 7505 normu prema kojoj je bitno da se rukovatelj prilikom rada uređaja nalazi u pravilnom položaju i rukama ne dodiruje tijelo (slika 6.).



Slika 8. – Položaj rukovatelja pri mjerenju vibracija koje se prenose s uređaja na sustav šaka – ruka prema preporukama ISO 7505

Mjerenja su obavljena za dva režima i to pri najmanjem i najvećem broju okretaja motora, a snimanje vibracija je trajalo po 10 sekundi po dva uzorka za svaki režim.

Prilikom mjerenja je korišten mjerni lanac koji se sastojao od troosnih akcelerometara proizvođača KISTLER. Za mjerenje vibracija koje se prenose direktno na ruku korišten je troosni akcelerometar tip 8762A10, SN 2042134, mjernog područja ± 10 g i osjetljivosti 500 mV/g (slika 7.). Za pred obradu, pojačanje i digitalizaciju korišten je uređaj National Instruments, tip NI USB 9162 (slika 8.), a isti se koristio i za mjerenje buke pomoću IEPE pretvarača te prijenosnog računala Toshiba TECRA s NI LabVIEW softverom. Prije mjerenja provedena je kalibracija.



Slika 9. - Troosni akcelerometar tip 8762A10



Slika 10. - National Instruments tip NI USB 9162

4.1.1. Rezultati mjerenja vibracije

Dobivenim vrijednostima za pojedine osi se pomoću izraza izračunao njihov vektorski zbroj koji predstavlja ukupnu vrednovanu razinu vibracije (a_{hv}).

Tablica 8. – Vremenski zapisi signala za svaku os

Trimer	Vremenski zapisi signala za svaku os			
	PG - LR	PH - LR	PG - DR	PH - DR
	x,y,z	x,y,z	x,y,z	x,y,z
Benzinski trimer STIHL FS 56 R	4.1,3.8,2.7	1.9,1.8,1.6	4.5,3.6,4.2	2.5,1.7,3.6
Električni trimer STIHL FSA 85	1.3,1.5,1.9	1.3,1.8,0.9	2.3,1.6,3.0	1.3,0.5,1.0

Ukupna vrednovana razina vibracije za trimer s motorom s unutarnjim izgaranjem marke **STIHL FS 56 R**.

a) Lijeva ruka:

- prazan hod
3,06 m/s²
- puni gas
6,20 m/s²

b) Desna ruka:

- prazan hod
4,70 m/s²
- puni gas
7,10 m/s²



Slika 11. - Trimer s motorom s unutarnjim izgaranjem marke **STIHL FS 56 R**

Ukupna vrednovana razina vibracije za električni trimmer marke **STIHL FSA 85**.

a) Lijeva ruka:

- prazan hod
2,39 m/s²
- puni gas
2,74 m/s²

b) Desna ruka:

- prazan hod
1,71 m/s²
- puni gas
4,10 m/s²



Slika 12. – Električni trimmer marke **STIHL FSA 85**.

Tablica 9. – Usporedba ukupne razine vibracije koja se prenosi na ruke rukovatelja

Trimer	Razina vibracije (a_{hv}), m/s ²		
	PH (obje ruke)	PG (obje ruke)	Aritmetička sredina
Benzinski trimmer STIHL FS 56 R	3.88	6.65	5.27
Električni trimmer STIHL FSA 85	2.05	3.42	2.74

U svrhu dobivanja preciznijih rezultata, te realnije usporedbe električnih i benzinskih uređaja cijeli postupak mjerenja vibracija smo ponovili sa uređajem koji se koristi za rezanje živice.

U tu svrhu smo koristili škare za živicu pogonjene benzinskim motorom i škare pogonjene elektromotorom koje kao izvor energije koriste električnu bateriju.

Tablica 10. – Vremenski zapisi signala za svaku os

Škare za živicu	Vremenski zapisi signala za svaku os			
	PG - LR	PH - LR	PG - DR	PH - DR
	x,y,z	x,y,z	x,y,z	x,y,z
Benzinske škare HUSQVARNA 122 HD 60	2.9,2.9,4.2	1.7,2.1,5.4	1.8,3.2,3.4	2.3,2.5,1.5
Električne škare STIHL HSA 86	1.8,1.2,1.1	0.5,0.7,0.7	1.0,1.2,2.2	0.3,0.6,1.0

Ukupna vrednovana razina vibracije za škare za živicu s motorom s unutarnjim izgaranjem marke **HUSQVARNA 122 HD 60**.

a) Lijeva ruka:

- prazan hod
6,03 m/s²
- puni gas
6,08 m/s²

b) Desna ruka:

- prazan hod
3,71 m/s²
- puni gas
5,35 m/s²



Slika 13. – Škare za živicu s motorom s unutarnjim izgaranjem marke **HUSQVARNA 122 HD 60**

Ukupna vrednovana razina vibracije za škare za živicu s električnim motorom marke **STIHL HSA 86**.

a) Lijeva ruka:

- prazan hod
1,10 m/s²
- puni gas
2,43 m/s²

b) Desna ruka:

- prazan hod
1,20 m/s²
- puni gas
2,69 m/s²



Slika 14. – Škare za živicu s električnim motorom marke **STIHL HSA 86**

Tablica 11. – Usporedba ukupne razine vibracije koja se prenosi na ruke rukovatelja

Trimer	Razina vibracije (a_{hv}), m/s ²		
	PH (obje ruke)	PG (obje ruke)	Aritmetička sredina
Benzinske škare HUSQVARNA 122 HD 60	4.87	5.72	5.30
Električne škare STIHL HSA 86	1.15	2.56	1.86

4.2. Mjerenje buke

Kako bi se usporedio utjecaj buke na rukovatelja prilikom korištenja električnih uređaja i onih pogonjeni motorom s unutarnjim izgaranjem, tijekom mjerenja vibracija usporedno se obavljalo mjerenje razine buke. U svrhu dobivanja što realnijih rezultata razine buke koja u stvarnim uvjetima dopire do rukovatelja, uređaj za mjerenje buke je postavljen na kacigu u razini uha rukovatelja (slika 13.).



Slika 15. – Zaštitna kaciga na koju je montiran uređaj za mjerenje razine buke

Mjerenja su obavljena sukladno propisanim normama za mjerenje buke i to pri najmanjem broju okretaja – PH i najvećem proju okretaja – PG. S obzirom da električni uređaji u praznom hodu – PH ne proizvode buku, u svrhu mogućnosti komparacije s benzinskim uređajima, prilikom mjerenja u režimu prazan hod uređaj smo držali pri najmanjem mogućem broju okretaja. U svakom režimu su obavljena dva mjerenja po 10 sekundi, te je izračunata prosječna vremenski usrednjena trajna zvučna razina.

Za mjerenje razine buke korišten je zvukomjer proizvođača BSWA TECH – MPA 215, SN:450051, osjetljivosti 49,8 mV/Pa (slika 14.).



Slika 16. – Zvukomjer BSWA TECH – MPA 215

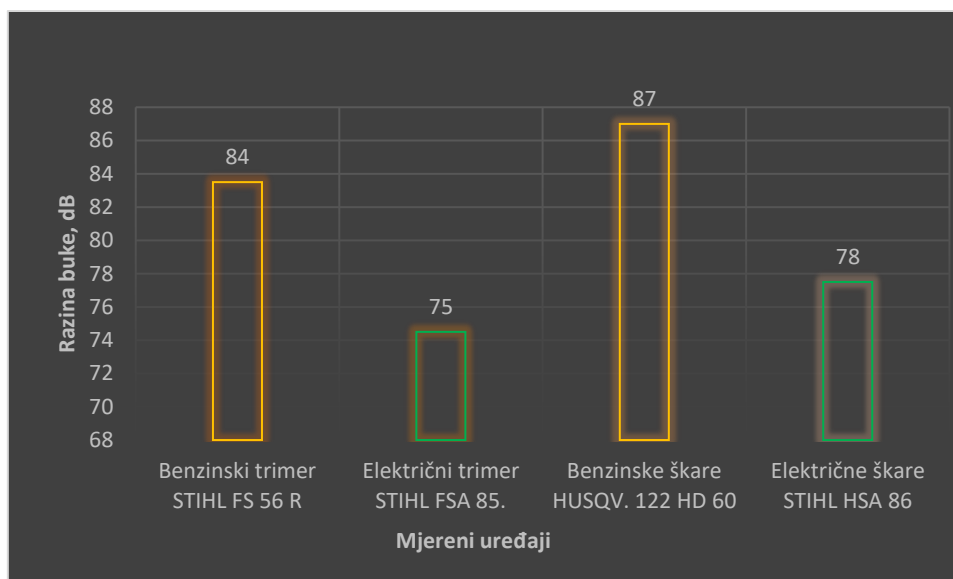
4.2.1. Rezultati mjerenja buke

Prije mjerenja je evidentirana okolišna buka u iznosu 52 dB.

Tablica 12. – Usporedba ukupne razine buke koja se prenosi na rukovatelja

Oznaka	Trimer	Razina buke, dB		
		PH	PG	LA_{eq}
TR1	Benzinski trimer STIHL FS 56 R	74	93	84
TR2	Električni trimer STIHL FSA 85.	65	84	75
	Motorne škare HUSQV. 122 HD			
SK1	60	80	94	87
SK2	Električne škare STIHL HSA 86	71	84	78

Prikazane usrednjene trajne zvučne razine vrijednosti (LA_{eq}) buke uređaja u razini uha vidljive su dijagramom 1.. Možemo primjetiti da je ista najveća kod trimera TR1 (84 dB) i škara SK1 (87 dB), a najmanja kod trimera TR2 (75 dB) i škara SK2 (78 dB).



Dijagram 3. – Usporedba usrednjene trajne zvučne razine buke

5. Zaključak

Pokazatelji mjerenja utjecaja vibracije i buke u korištenju pri raznim izvedbama električnih trimera i ostalih uređaja za održavanje trajnih nasada, te uređaja s motorom s unutarnjim izgaranjem pokazali su kako obje izvedbe uređaja nose svoje prednosti i nedostatke. Na temelju rezultata iz prethodno navedenih formula, potvrđeno je kako su električni uređaji troškovno i obzirom na njihov izvor napajanja učinkovitiji. Isto tako je utvrđeno da proizvode daleko manju buku i vibracije od uređaja sa motorom s unutarnjim izgaranjem pa će tako i njihov utjecaj na rukovatelja biti s manje negativnih utjecaja po njegovo zdravlje.

Upotreba trimera i kosilica koji se koriste pri profesionalnom radu i koji proizvode buku i vibracije pod svakodnevnim i dugotrajnim opterećenjem rukovatelja, odrazit će se na njegovo zdravlje sa daleko većim zdravstvenim posljedicama od onih koji se služe istima samo za osobnu i povremenu upotrebu u vlastitom domaćinstvu.

Kod dugotrajnijeg korištenja mehaničkih sredstava rada kosilica i trimera može doći do profesionalnih oboljenja. Najčešća oboljenja su vezana uz buku i vibracije uslijed čijeg djelovanja kao posljedica nastaju oštećenja sluha te mišićne i šake te mogu iz akutnog dovesti do kroničnog oboljenja.

Posljedice učinka na zdravlje rukovatelja prilikom korištenja odabranih mehaničkih strojeva bit će u pravilu praćena kroz vremensko razdoblje tijekom rada, te će se shodno tome primjenjivati mjere zaštite na radu propisane Zakonom. Jedna od njih su zaštitna pomagala za uši pod utjecajem buke, promjena procesa rada uzrokovana učestalim ponavljanjem nekog radnog procesa, medicinske terapije za šake i drugo.

Električni trimeri i kosilice obzirom na njihovu štetnost utjecaja na okoliš također pokazuju očitu prednost u odnosu na one sa motorom s unutarnjim izgaranjem.

Ovim je istraživanjem utvrđeno da korištenje električnih uređaja za održavanje trajnih nasada nije uvijek najprikladnije. Nedostatak snage, vrijeme punjenja i kapacitet baterije su glavni problemi s kojima se susrećemo kod električnim uređaja. Također je utvrđena prednost učinka uređaja s motorom s unutarnjim izgaranjem koji uz kraće vrijeme, manje izlazne snage, nešto većim troškom uporabe i štetne emisije postižu veći radni učinak od oko 30% u jedinici vremena. Uređaji pogonjeni fosilnim gorivom su znatno skuplji za rad, ali su snažniji i praktičniji za profesionalnu upotrebu tijekom dugog vremenskog razdoblja.

6. Literatura

1. Belić, Č., Biočanin, I., Papić, H. (2009). Buka kao fizički zagađivač i poremećaj radne i životne sredine. Ecological Safety in post-modern environment. Vol. 26-27
2. Franklin, R. C., Depczynski, J., Challinor, K., Williams, W., Fragar, L. J. (2006). Factors affecting farm noise during common agricultural activities. Journal of Agricultural Safety and Health, Vol. 12, No. 2
3. Goglia, V., Suchomel, J., Žgela, J., Đukić, I. (2012). Izloženost vibracijama šumarskih radnika u svjetlu directive 2002/44/EC. Šumarski list, Vol. 5-6, CXXXVI
4. Janello, C., Thill, M., S. (2010). Dinee backbone pipeline replacement project noise and vibration assessment. Oakland California, Job No. 10-086
5. Lytton, A., Torres, R., Zabihian, F. (2015). Comparative analysis of electric mowers. Proceedings of the 2015 ASEE North Central Section Conference
6. Mohammadi, G. (2008). Hearing conservation programs in selected metal fabrication industries. Applied Acoustics, Vol. 69
7. Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave, Online: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2004_10_145_2548.html
8. Tanković, A., Suljić-Beganović, F., Talajić, M., Lutvica, S., Lutvica, E., Goletić, A. (2015). Utjecaj vibracija na ljudski organizam. Bilten Ljekarske Komore, Vol. 20
9. 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 Special Issue, Vol. 1

7. Popis slika

<i>Slika 1. – Litij-ion baterija STIHL AP 200</i>	4
<i>Slika 2. – Električni trimer STIHL FSA 85 – lijevo, benzinski trimer STIHL FS 56 R - desno</i>	5
<i>Slika 3. - Prikaz mehaničkog utjecaja vibracija na ljudsko tijelo</i>	13
<i>Slika 4. - Shematski prikaz uzročno-posljedičnih veza između pojedinih faktora kod vibracija koje se sa stroja prenose na sustav šaka-ruka</i>	15
<i>Slika 5. - Sindrom bijelih prstiju</i>	16
<i>Slika 6. – Shematski prikaz biodinamičkog koordinatnog sustava vezanog za ruku prema ISO 5349</i>	21
<i>Slika 7. – Troosni akcelerometar TIP 8762A10</i>	21
<i>Slika 8. – Položaj rukovatelja pri mjerenju vibracija koje se prenose s uređaja na sustav šaka – ruka prema preporukama ISO 7505</i>	22
<i>Slika 9. - Troosni akcelerometar tip 8762A10</i>	23
<i>Slika 10. - National Instruments tip NI USB 9162</i>	23
<i>Slika 11. - Trimer s motorom s unutarnjim izgaranjem marke STIHL FS 56 R</i>	24
<i>Slika 12. – Električni trimer marke STIHL FSA 85.</i>	25
<i>Slika 13. – Škare za živicu s motorom s unutarnjim izgaranjem marke HUSQVARNA 122 HD 60</i>	26
<i>Slika 14. – Škare za živicu s električnim motorom marke</i>	27
<i>Slika 15. – Zaštitna kaciga na koju je montiran uređaj za mjerenje razine buke</i>	28
<i>Slika 16. – Zvukomjer BSWA TECH – MPA 215</i>	28

8. Popis tablica

<i>Tablica 1. - Trošak uporabe različitih izvedbi trimera</i>	5
<i>Tablica 2. – Prikaz učinkovitosti trimera prema izvoru napajanja</i>	5
<i>Tablica 3. - Najviše dopuštene ocjenske razine buke imisije u otvorenom prostoru</i>	10
<i>Tablica 4. - Buka na radnom mjestu</i>	11
<i>Tablica 5. - Pregled izazivača buke</i>	12
<i>Tablica 6. - Ocjena oboljenja bijelih prstiju prema Stockholm Work – shop Scale krvožilne komponente</i>	17
<i>Tablica 7. - Ocjena oboljenja senzorneuralne komponente</i>	18
<i>Tablica 8. – Vremenski zapisi signala za svaku os</i>	24
<i>Tablica 9. – Usporedba ukupne razine vibracije koja se prenosi na ruke rukovatelja</i>	25
<i>Tablica 10. – Vremenski zapisi signala za svaku os</i>	26
<i>Tablica 11. – Usporedba ukupne razine vibracije koja se prenosi na ruke rukovatelja</i>	27
<i>Tablica 12. – Usporedba ukupne razine buke koja se prenosi na rukovatelja</i>	29

9. Prilog

a. Tablice mjernih jedinica

U slijedećih nekoliko tablica prikazane su mjerne jedinice i kratice za pojedine veličine mjerenja. Služe studentima kao pomoć u pisanju rada i izražavanju korištenih veličina.

Tablica 7.1. SI prefiksi

Faktor	Ime	Simbol
10^1	deka	da
10^2	hekto	h
10^3	kilo	k
10^6	mega	M
10^9	giga	G
10^{12}	tera	T
10^{-1}	deci	d
10^{-2}	centi	c
10^{-3}	mili	m
10^{-6}	mikro	μ
10^{-9}	nano	n
10^{-12}	piko	p

Tablica 7.2. Osnovne SI fizičke veličine

Veličina	Simbol	SI jedinica	Dozvoljene jedinice
duljina	l	m	km, cm, mm...
masa	m	kg	g, mg, t, μ g...
vrijeme	t	S	h, min, ms...
termodinamička temperatura	T	K	
množina	n	mol	mmol, μ mol...
jakost struje	I	A	mA, kA...
intenzitet svjetlosti	I_v	cd	

Tablica 7.3. Izvedene SI fizičke veličine

Veličina	Simbol	SI jedinica	Dozvoljene jedinice
sila	F	N	kN, mN...
snaga	P	W	kW, MW, mW...
tlak	P	Pa	bar, kPa, Torr, mmHg...
površina	A	m^2	ha, cm^2 , mm^2 ...
volumen	V	m^3	dm^3 (L), cm^3 (mL), μ L...
valna duljina	λ	nm	Å, μ m...
frekvencija	ν	Hz (s^{-1})	kHz, MHz...
*gustoća	ρ	kg/m^3	g/cm^3 , g/mL, g/L...
množinska koncentracija	C	mol/m^3	mol/dm^3 , mol/L, mmol/mL...
masena koncentracija	γ	kg/m^3	mg/L, mg/mL, μ g/L...
maseni udio	W	1	%, mg/kg, μ g/g, μ g/kg...
volumni udio	φ	1	%, mL/L, μ L/L...

* SI dozvoljava ovakav način pisanja složenih jedinica, dok je prema IUPAC-u pravilnije $g\ cm^{-3}$.

Do sada uvriježeno pisanje npr. mg/kg može se koristiti i dalje.

Tablica 7.4. Fizičke veličine s primjenom u poljoprivredi

Veličina	Simbol	SI jedinica	Dozvoljene jedinice
količina oborine		dm^3/m^2	mm, L/m ²
količina hranjiva		kg/m^2	t/ha, kg/ha, t/m ² ...
količina šećera		g/dm^3	g/L, °Oe, Brix...

Životopis

Kristijan Dubrović rođen je 6. lipnja 1991. godine u Zagrebu. Osnovnu školu pohađao je u Zagrebu, gdje je 2006. upisao i matematičku gimnaziju „Kušlanova“. Godine 2011. upisao je studij Poljoprivredne tehnike na Agronomskom fakultetu sveučilišta u Zagrebu.

Akadske godine 2013/2014. upisuje diplomski studij na Agronomskom fakultetu sveučilišta u Zagrebu, usmjerenje Mehanizacija.

Povrh materinog jezika, vješto se služi engleskim jezikom.

2002. godine je stekao certifikat za korištenje računalnih programa: MicrosoftOffice, izrada tablica i baze podataka, PhotoShop, lightroom, illustrator, Freehand i Paint Shop Pro. Vrlo dobro znanje u korištenju AutoCAD-a i SolidWorks 3D programa.

2006. godine je završio sedmogodišnje glazbeno obrazovanje u glazbenoj školi „Elly Bašić“.

Kao suradnik za izradu CAD i 3D rješenja radio je od 2013. godine pa sve do 2017. godine kada se zaposlio kao regionalni manager u multinacionalnoj kompaniji u kojoj radi i danas.