

# Model generiranja karte buke pri radu sustava za usitnjavanje građevinskog materijala u odnosu na digitalni plošni model (GIS)

---

Talaja, Marin

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:200866>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-26**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek - Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

**Marin Talaja**

Diplomski studij Mehanizacija

**MODEL GENERIRANJA KARTE BUKE PRI RADU SUSTAVA ZA  
USITNJAVANJE GRAĐEVINSKOG MATERIJALA U ODNOSU NA DIGITALNI  
PLOŠNI MODEL (GIS)**

**Diplomski rad**

Osijek, 2019.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

**Marin Talaja**

Diplomski studij Mehanizacija

**MODEL GENERIRANJA KARTE BUKE PRI RADU SUSTAVA ZA  
USITNJAVANJE GRAĐEVINSKOG MATERIJALA U ODNOSU NA DIGITALNI  
PLOŠNI MODEL (GIS)**

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. prof. dr, sc, Mladen Jurišić, predsjednik
2. izv. prof. dr. sc. Ivan Plaščak, mentor
3. Željko Barač mag. ing. agr., član

Osijek, 2019.

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. PREGLED LITERATURE .....	5
2.1. Cilj istraživanja i hipoteza .....	11
3. MATERIJAL I METODE .....	12
3.1. Беспilotni zrakoplov DJI Phantom 4 Pro V2.0 .....	16
3.2. Izrada karte buke u GIS okruženju .....	19
4. REZULTATI I RASPRAVA.....	23
4.1. Prikaz razine buke tablicama.....	23
4.2. 2D i 3D karte buke.....	27
5. ZAKLJUČAK.....	31
6. POPIS LITERATURE.....	32
7. SAŽETAK.....	35
8. SUMMARY .....	36
9. POPIS SLIKA.....	37
10. POPIS TABLICA.....	38

## 1. UVOD

Prema (URL 1) buka je zvuk koji slušatelj ne želi čuti, jer mu je neugodan, glasan ili smeta raspoznavanju drugih zvukova. U tome se sastoji temeljna, subjektivna razlika između zvuka i buke. Bilo koji zvuk može biti percipiran kao buka. Iz fizikalne perspektive, buka je nerazpoznatljiva u odnosu na zvuk. Obje pojave su vibracije kroz medij, u ovom slučaju zrak. Razlika nastaje prema načinu na koji mozak prima i prepoznaje sadržaj.

Pitanje je zašto posvećujemo toliku brigu neželjenoj buci oko nas? Kratkoročno gledajući, buka uzrokuje stres. Većina nas razumije da je stres pokretač mnogih neželjenih posljedica za naše zdravlje. A dugoročno, buka uzrokuje naglušost ili, što je još teže, gubitak sluha kao veći hendikep po zdravlje. Mnoge zajednice, a i pojedinci, više ne prihvaćaju buku kao prirodni nusproizvod industrijskog društva. Tako se u nekim urbanim sredinama krenulo u rješavanje pitanja buke. Primjerice, Njujorčani buku navode kao vodeći prigovor razini kvalitete gradskog života (URL 2).

Smatra se da je u Europskoj uniji čak 30% radnika više od četvrtine radnog vremena izloženo buci opasnoj po zdravlje. Buka ometa odvijanje ljudskih aktivnosti, sporazumijevanje govorom, učenje, praćenje radijskog i televizijskog programa, koncentraciju i druge mentalne aktivnosti, odmor, san. Izaziva nerazpoloženje, razdražljivost, nemir, smetnje mentalnog zdravlja i ponašanja, umor i nesanicu. Za dobar san bilo bi poželjno da buka ne prelazi 30 dB, a pojedinačni zvučni podražaji 45 dB (URL 3).

Ljudski govor nalazi se na frekvencijama od 1000 do 4000 Hz. Prema jačini čovjek razlikuje zvukove od 1 do 130 dB, pri čemu je normalan razgovor 50 dB. Zvukove koji su nam neugodni i štetni nazivamo buka i ona se smatra jednim od zagađivača ljudske okoline. Zvuk jačine od 100 dB izaziva neugodu, a 140 dB izaziva jaku bol (Poplašen, 2014.).

Razina buke preko 60 dB može neizravno utjecati na podraživanje živčanog sustava (Mijović, 2009.).

Bespilotni zrakoplov je definiran kao zrakoplov namijenjen izvođenju letova bez pilota u zrakoplovu (slika 1.), koji je ili daljinski upravljani ili programiran i autonoman. Globalni navigacijski satelitski sustavi (GNSS) su sustavi pomoću kojih prijemnik određuje svoju geografsku poziciju koristeći vremenske i pozicijske podatke zaprimljene sa satelita. Sustav bespilotnog zrakoplova engl. (*Unmanned Aerial Systems UAS*) je sustav namijenjen

izvođenju letova zrakoplovom bez pilota koji je daljinski upravljani ili programiran i autonoman. Sastoji se od bespilotnog zrakoplova i drugih komponenti za upravljanje ili programiranje neophodnih za kontrolu bespilotnog zrakoplova, od strane jedne ili više osoba (URL 4).

Prema Mudrić M., (2016.) bespilotni sustavi zrakoplova (dronovi) - odnosno (mali zrakoplovi bez pilota kojima se upravlja sa zemlje i/ili koji su (u većoj ili manjoj mjeri automatizirani) – odnedavno su u Hrvatskoj „ozakonjeni“ stupanjem na snagu Pravilnika o sustavima bespilotnih zrakoplova. Time je u velikoj mjeri ispunjena pravna praznina u vezi s korištenjem dronova, a Hrvatska se pridružila manjem broju zemalja koje su pokazale rani interes i prepoznale potrebu za tehnologijom koja će vrlo skoro postati sve-prisutna. Domaćim tvrtkama koje se već bave ili namjeravaju početi baviti pružanjem usluga letačkih operacija dronova, na taj je način omogućen rani „start“ i prilika da se nametnu na rastućem europskom i međunarodnom tržištu.



Slika 1. Primjer bespilotne letjelice

(Izvor: [https://cdn.shopify.com/s/files/1/0878/4732/products/magpy\\_top.jpg?v=153273013](https://cdn.shopify.com/s/files/1/0878/4732/products/magpy_top.jpg?v=153273013))

Dronovi se već danas koriste u brojne komercijalne i ne-komercijalne svrhe: mediji (filmovi, televizija, novinarstvo, snimanje iz zraka), zaštita i spašavanje (požarišta, poplave, interventne situacije), nadzor ugroženih životinjskih vrsta, nekretnine (poglavito u svrhu reklame i prodaje), rudarstvo, arheologija, zaštita prirodnih parkova i prirodnih životinjskih staništa, borba protiv krivolova (kopno i more), znanstvena istraživanja, primarna zaštita (dostava lijekova i medicinske opreme), marketing i reklame, kritična infrastruktura (ceste,

industrija, energetski sektor – nadzor energetske infrastrukture), poljoprivreda (stanje usjeva, oprašivanje), građevinska industrija (mapiranje i nadzor), industrija osiguranja (utvrđivanje činjenica u vezi s nastupom osiguranog rizika) i sl. Bitno je za istaknuti kako gotovo sve letačke operacije dronovima koje se koriste u komercijalne svrhe pokazuju nekoliko osnovnih karakteristika. Prije svega, u značajnoj se mjeri smanjuju troškovi u odnosu na klasične metode (primjerice, cijena uporabe drona u odnosu na ukupnu cijenu nadzora energetske infrastrukture uporabom klasičnih zrakoplova). Konačno, korištenje dronova ubrzava proces i daje preciznije informacije (primjerice, nadzor građevinskog projekta u svim etapama izgradnje) (Mudrić, 2016.).

Karte buke (slika 2.) definiraju se kao prikazi postojećih i predviđenih razina emisija buke na svim mjestima unutar promatranog područja, ovisno o jednom određenom ili svim izvorima buke (URL 5).



Slika 2. Prikaz karte buke urbanog područja (Izvor: Vukadin, P, Bublic, I. i Tudor, I. (2008). Urban noise mapping – an approach to the establishment of standard making procedure)

Prema Jurišiću i Plaščaku, (2009.) GIS (geoinformacijski sustav, eng. Geographic Information System) relativno je novi pojam. Pojavio se kada i ostali informacijski sustavi

(pojavom računala). GIS predstavlja skup povezanih objekata i aktivnosti koji svojim međuodnosima služe zajedničkoj namjeni (donošenje odluka pri upravljanju nekim prostornim aktivnostima). Informacijski sustav je skup postupaka izvršenih nad skupom podataka kojima se dobiva informacija prikladna za donošenje odluka. GIS se može smatrati tehnologijom (hardware i software) ili strategijom za obradu informacija, ovisno o kontekstu. Svrha GIS-a je unaprijediti donošenje odluka koje su na bilo koji način u svezi s prostorom. GIS tehnologija integrira uobičajene operacije s bazama podataka, kao što su pretraživanje, upiti ili statističke analize s jedinstvenim prednostima vizualizacije i prostorne analize koju donose karte. Ove mogućnosti izdvajaju GIS od ostalih informacijskih sustava i čine ga dragocjenim alatom za najrazličitije namjene i korisnike. Kartiranje i prostorne analize nisu novost, ali GIS izvodi ove zadatke bolje i brže nego stare manualne metode. Zahvaljujući GIS sustavu svakomu se pruža prilika da u što kraćem roku dođe do potrebnih podataka, bez potrebe za traženjem neke lokacije na karti i mukotrpnim izdvajanjem dodatnih podataka na njoj radi analize. Tehnologija geografskog informacijskog sustava može se koristiti za znanstvena istraživanja, upravljanje resursima, imovinsko upravljanje, planiranje razvoja, kartografiju i planiranje puta. GIS više nije skupa tehnologija, ograničena za znanstvenu i vojnu upotrebu, već je postao rašireni sustav koji se koristi i u svakodnevnom životu, primjerice, sustav za globalno pozicioniranje (GPS).



## 2. PREGLED LITERATURE

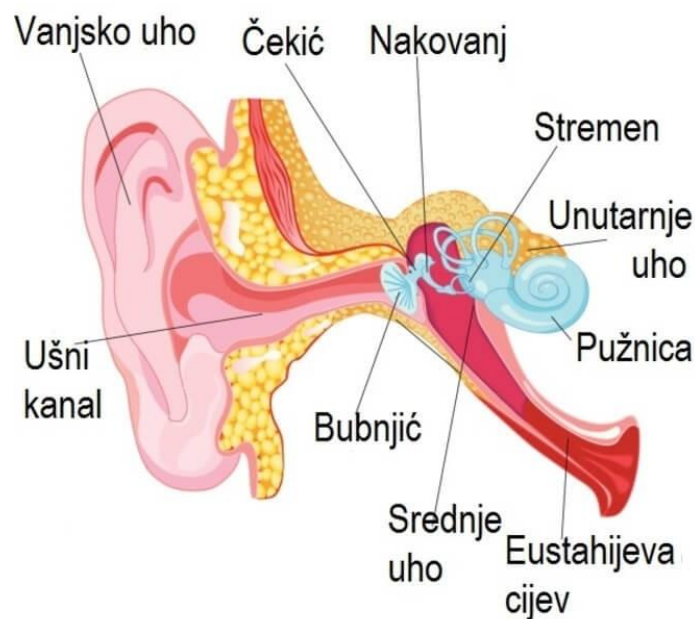
Prema (URL 6) zvuk nastaje vibracijom predmeta. Vibracija ili treperenje zapravo je kretanje predmeta naprijed i nazad. Da bi se treperenje čulo, ono se mora događati u nekoj sredini, u nečemu što može prenositi zvuk od izvora zvuka do prijemnika. Ta sredina može biti zrak, tekućina ili čvrsto tijelo. Kad je treperenje vrlo ujednačeno, što znači da izvor zvuka šalje valove u potpuno istim vremenskim razmacima, dobiva se ton. Ukoliko su vibracije neujednačene, učinak u uhu nije ugodan, a kao rezultat toga nastaje buka. Zvuci se razlikuju po jačini, visini i tonskoj kvaliteti. Jačina zvuka djelimice ovisi o udaljenosti izvora zvuka, a djelimice o amplitudi vibracije zvučnog izvora. Amplituda je jačina treperenja data graničnim odstupanjima koja izvor zvuka prati u svom oscilatornom kretanju. Ukoliko je amplituda veća, zvuk je glasniji. Visina zvuka ovisi o brzini treperenja izvora zvuka. Što je veći broj vibracija u sekundi, zvuk je viši.

Buka je zbroj zvukova koje čovjek subjektivno doživljava kao neželjen, neugodan ili neugodan za sustav osjeta zvuka. Buka na radnom mjestu ili u okolišu je zvuk koji kombinacijom svojeg intenziteta, trajanja, frekvencije i dr. prelazi propisima ili preporukama dopuštene granice (tablica 1.) (URL 7).

Uho koje je prikazano slikom 3. i osjet sluha ne cijene se dovoljno. Činjenica da uho čuje i razlikuje zvukove unutar čak 10 oktava, dok oko vidi valne duljine samo unutar jedne oktave, dovoljno govori o značaju osjeta sluha. Zvuk koji čujemo zapravo je valno titranje zraka određenom frekvencijom. Uška koja služi kao prijammnik, pomaže nam i odrediti smjer dolaska zvuka. Zvuk ulazi u zvukovod i dolazi do bubnjića. Valno titranje zraka tjera bubnjić na titranje. Bubnjić možemo zamisliti kao elipsastu membranu koja odvaja vanjsko od srednjeg uha. U srednjem uhu nalaze se tri najmanje koščice ljudskoga tijela: čekić, nakovanj i stremen. Zajedno čine polužni sistem koji prenosi i pojačava titranje bubnjića u unutarnje uho. U unutarnjem uhu nalazi se pužnica u kojoj je Cortijev organ, središte ljudskog osjeta sluha. Duž Cortijevog organa nalaze se osjetljive sitne dlačice, cilije, koje se gibaju ovisno o frekvenciji, tj. visini tona dolaznog zvuka. To gibanje uzrokuje pojavu elektriciteta koji se u obliku električnih impulsa prenosi slušnim živcem do centra za sluh u mozgu (URL 8).

Binauralno slušanje, ili slušanje s oba uha, omogućuje nam odrediti iz kojeg smjera dolazi zvuk. Uz mogućnost izdvajanja, tj. koncentriranja na određeni zvuk u prostoru s više izvora zvukova i izrazitu preciznost pri razabiranjju frekvencija zvuka (npr. lako primjetimo kako

nam krivi ton u nekoj pjesmi odmah „zasmeta“) možemo reći da uho zaista jest savršeni instrument (URL 8).



Slika 3. Dijelovi uha

Izvor: (<https://www.krenizdravo.rtl.hr/wp-content/uploads/2017/11/grada-uha.jpg>)

Izvor buke jest svaki stroj, uređaj, instalacija, postrojenje, sredstvo za rad i transport, tehnološki postupak, elektroakustički uređaj za emitiranje glazbe i govora, bučna aktivnost ljudi i životinja i druge radnje od kojih se širi zvuk. Izvorima buke smatraju se i cjeline kao nepokretni i pokretni objekti te otvoreni i zatvoreni prostori za šport, rekreaciju, igru, ples, predstave, koncerte, slušanje glazbe i slično (URL 9).

Darwin I., Gunasekaran J., (2018) proveli su studiju usredotočenu na industrijsku buku i njezine učinke na radniku. Studije mjerenja i ispitivanja buke provedene prilikom rada građevinskih strojeva te u tvornicama za beton, cement, željezo, čelik, tekstil. Tijekom ove studije 256 radnika je ispunilo upitnik kako bi se utvrdili fizički, fiziološki i psiho-socijalni utjecaji buke na ljude i precizirali koje su mjere poduzeli poslodavci i radnici kako bi se pravilno zaštitili od buke. Te su istraživanjem utvrdili da je razina buke u svim industrijama znatno iznad 80 dB ,73,83% radnika u tim industrijama uznemireno je zbog buke na svom radnom mjestu, 60,96% radnika se žalilo na živčane smetnje, 30,96% tih radnika ima problema sa sluhom, iako nisu imali periodične testove sluha, a samo je 10% radnika koristilo opremu za zaštitu od buke.

Tablica 1. Najviše dopuštene razine buke u otvorenom prostoru

Zona buke	Namjena prostora	Najviše dopuštene ocjenske razine buke imisije LRA u dB	
		Za dan ( <i>L</i> day)	Noć ( <i>L</i> night)
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 80 dB. - Na granici ove zone buka ne smije prelaziti dopuštene razine zone s kojom graniči	

Izvor: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2004\\_10\\_145\\_2548.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2004_10_145_2548.html)

Gusić i sur., (2017.) Proveli su istraživanje među mladima osobama i zaključili da, mlade i mlade odrasle osobe u Hrvatskoj nemaju dovoljno informacija niti pozitivne stavove prema stečenom oštećenju sluha: pogrešno ga identificiraju kao problem starosti, iako svojim trenutnim ponašanjem mogu izravno utjecati na njegovu pojavu, imaju nerealne poglede na rehabilitacijske opcije i komunikacijske ishode dodjele slušnih pomagala, te ne shvaćaju težinu mogućih posljedica stjecanja oštećenja sluha na produktivnost i kvalitetu života. Ovakvi rezultati govore o potrebi kreiranja preventivnih programa i programa podizanja svijesti o implikacijama stečenog oštećenja sluha, gubitku sluha kao nepovratnom događaju, te slušnim pomagalima kao tehnologiji s ograničenim opsegom pomoći komunikaciji.

Prema Đukić i Goglia (2007.) buka je jedan od većih problema u pilanskoj preradi drveta, ali odgovarajućim zahvatima kao što su udaljavanje radnika od izvora buke ili zvučnom izolacijom stroja može se znatno utjecati na smanjenje opterećenja radnog mjesta bukom.

Polajnar i sur., (2007.) opseg oštećenja sluha ovisi o intenzitetu buke, frekvencijskom spektru, trajanju ekspozicije, životnoj dobi radnika, nekim bolestima, te kolektivnim i individualnim zaštitnim mjerama.

Buka može izazvati ubrzani rad srca, ubrzano disanje i znojenje. Reakcija na buku može biti kratkotrajna ili kronična koja se očituje kao nesanica, povišeni krvni tlak, poremećaj apetita, tjeskoba i depresija. Jake i repetitivne stimulacije intenzivnom bukom mogu dovesti do gubitka sluha, koji je privremen u početku, ali nakon ponavljanja ekspozicije mogu se pojaviti permanentna oštećenja sluha što predstavlja gubitak sluha. Utjecaj buke je to štetniji što je ona jača, isprekidanija, a dugoročna izloženost intenzivnoj buci, kao što je to u zanimanju kotlara, dovodi do smanjenja slušne osjetljivosti radnika odnosno lagane naglušnosti ili čak potpune gluhoće. Do gubitka sluha, zbog izloženosti buci, najčešće dolazi postupno i progresivno, a uzrokuje ga degeneracija slušnih stanica. Buka je ozbiljan problem koji ugrožava prije svega metalno i fizičko zdravlje ljudi, smanjuje radni učinak, povećava postotak utroška energije na rad. No adekvatnom organizacijom uvjeta rada može se utjecati na smanjenje negativnog utjecaja prekomjerne buke (URL 12).

Kirin i Lauš, (2011.) obavili su istraživanje razine buke na pet šivaćih strojeva u tehnološkom procesu šivanja i zaključili da buka predstavlja značajan problem suvremene civilizacije jer izvori buke postaju sve raznovrsniji i sve jači. Ona štetno djeluje na ljudski organizam i uzrokuje pojačane fizičke i psihičke smetnje, te se javljaju opasnosti od oštećenja sluha. U radu je istraživana razina buke u tehnološkom procesu šivanja na pet radnih mjesta opremljenih šivaćim strojevima. Analizom rezultata dobivenih mjerenjem utvrđeno je da se ekvivalentna razina buke kreće između 71 i 77 dB, te se tako nalazi u granicama dopuštene razine buke za tu vrstu djelatnosti. Tjedna razina izloženosti buci, također, ne prelazi dopuštenu vrijednost od 80 dB.

Ross (2000). navodi kako obzirom na sveobuhvatne i vrlo skupe ukupne posljedice stečenog oštećenja sluha, u interesu je društva ulagati u organizirano predstavljanje znanja koja mogu spriječiti ili umanjiti šansu da njegovim članovima stečeno oštećenje sluha u budućnosti predstavlja prepreku u osobnom, profesionalnom ili socijalnom angažmanu. Budući da su mlade osobe rizična skupina u kojoj nema formalnih mehanizama zaštite, kao dobar način diseminacije znanja mogu se iskoristiti sustavi formalnog obrazovanja, moderni komunikacijski mediji (poput interneta), te osobe unutar obrazovnog i zdravstvenog sustava čija će stručnost, vjerodostojnost, privlačnost i autoritativnost u ulozi izvora novog znanja, zbog podložnosti autoritetu, osjećaja sigurnosti i smanjenja potrebe preispitivanja novog znanja te socijalno privlačnih i ugodnih osjećaja koji proizlaze iz poistovjećivanja s atraktivnim i autoritativnim izvorom novog znanja.

Pandža M., (2018.) na primjeru tvrtke Elektro-kontakt d.d. opisao je primjer dobre i pravodobne zaštite od buke. Kontinuiranim aktivnostima poslodavac pomaže radniku na prilagodbu rada, u konkretnom slučaju poduzimanjem tehničkih mjera za smanjenje buke u radnom prostoru. postignuti su uvjeti radnog okoliša u kojem buka skoro nigdje ne prelazi 85 dB, ali je kontinuirana i izloženost je gotovo puno radno vrijeme. Spomenute tehničke mjere, koje ulaze u kategoriju mjera za skupnu zaštitu, odnose se na smanjenje buke na izvoru odnosno na sprečavanje emisije u okoliš. To je postignuto oklapanjem i izoliranjem izvora. Kako i za rješavanje većine izazova povezanih sa zaštitom na radu, tako je i problem izloženosti prekomjernoj ili povećanoj buci potrebno rješavati dvosmjerno, a to znači da je jednako važno djelovati prema poslodavcu i prema radnicima. Poslodavac je taj koji, u skladu sa zakonskim i podzakonskim aktima, ima obvezu i odgovornost organizacije sigurnog rada i osiguranja ispravnih uvjeta rada, dok su radnici dužni svojim odnosom prema propisanom procesu i načinu rada omogućiti maksimalan učinak predviđenih mjera zaštite.

Grubeša i sur., (2019.) u svom radu detaljno su objasnili pojam bukobrana te je dan pregled vrsta bukobrana. Također su razmotrili prednosti i nedostatke svake vrste bukobrana. Konstrukcija bukobrana izvodi se od različitih materijala. Niti za jednu vrstu zvučnih barijera ne može se reći da je bolja od druge, odnosno odabir zvučne barijere ovisi o razini buke na lokaciji na kojoj se barijera ugrađuje (akustička svojstva, vrsta i razina izvora buke). Također, odabir ovisi o položaju same barijere (udaljenost barijere od izvora, odnosno prijemnika) te dopuštenoj visini same zvučne barijere. Izbor materijala od kojeg je bukobran konstruiran također ovisi o akustičkim svojstvima (vrsti i razini izvora buke od koje se štiti neki prostor), mehaničkim svojstvima, estetskim zahtjevima s obje strane barijere (uklapanje u postojeći prostor), zakonskoj regulativi, a posebno o cijeni investicije u zaštitu od buke na nekom prostoru. Ako se pravilno projektira i ugradi, bukobran postaje dobro i kvalitetno rješenje u borbi s prekomjernom razinom buke u prometu.

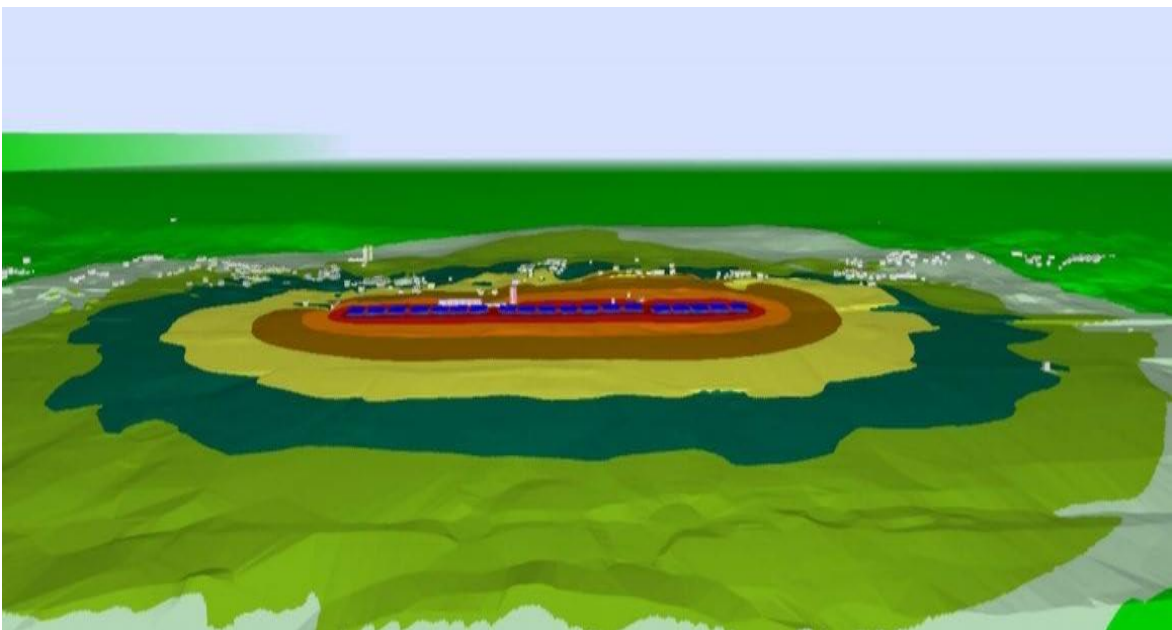
Prema Jambrošić (2011.) karte buke:

- prikazuju postojeće i predviđene razine imisija buke unutar promatranog područja,
- jednoznačno određuju ukupnu izloženost populacije buci uzrokovano cjelokupnom ljudskom aktivnošću,
- daje uvid u probleme upravljanja bukom, i daje jasnu, nedvosmislenu i lako čitljivu sliku tih problema i

- omogućava učinkovitije prostorno planiranje, planiranje zaštite postojećih prostora od izvora buke, te provedbu „akustičkog zoniranja prostora“ prema zakonski dozvoljenim razinama buke.

Izrada karte buke prikazane slikom 4.:

- izrađuje se pomoću računala, unutar aplikacija koje analiziraju i predviđaju širenje zvuka u zadanom modelu,
- za izradu karte buke koja vjerno opisuje postojeće stanje su potrebni podaci koji se prikupljaju mjerenjima i
- tijekom izrade karte buke model se višestruko kontrolira i uspoređuje sa stvarnim stanjem kako bi se postigla dovoljna kvaliteta modela.



Slika 4. 3D prikaz karte buke zračne luke Dubrovnik

Izvor: (<https://www.airport-dubrovnik.hr/images/stories/6.%20Upravljanje%20bukom.pdf>)

## **2.1. Cilj istraživanja i hipoteza**

Cilj istraživanja je izraditi digitalni plošni model i model generiranja buke te odabrati optimalnu metodu interpolacije za izradu karte buke i utvrditi moguće zavisnosti.

Hipoteza je da će visinska razlika terena utjecati na mjerenu razinu buke ispitivane drobilice građevinskog materijala.

### 3. MATERIJAL I METODE

Istraživanje je obavljeno na području tvrtke Djelatnik d.o.o. Vinkovci. Mjerenje buke obavljeno je u 31 točki u neposrednoj blizini i okolini drobilice BMD JBAG ES600 koja je prikazana slikom 5. U svakoj od 31 točke mjerenje je ponovljeno 3 puta. Slikom 6. i 7. prikazan je građevinski materijal koji je prolazio kroz drobilicu za vrijeme mjerenja.



Slika 5. Drobilica građevinskog materijala (Izvor: Vlastita fotografija)

Tehničke specifikacije drobilice građevinskog materijala:

- otvor čeljusti: 800x600 mm;
- izlazna granulacija: 20-60 mm;
- vibracija koša: elektromotorima;
- pogon elevatora: hidromotor;
- pogon čeljusti: motor SUI preko kardanskog vratila;
- kapacitet (ovisno o izlaznoj granulaciji): 15-40 m<sup>3</sup>;
- Motor: Deutz F6L413F, sa zračnim hlađenjem,
- Snaga: 125 KS pri 2300 okr min<sup>-1</sup>
- masa drobilice: 20 t;
- godina proizvodnje: 1991. i
- država proizvodnje: Njemačka





Slika 6. Materijal koji je drobilica obradila (Izvor: Vlastita fotografija)



Slika 7. Materijal nakon što je prošao kroz drobilicu (Izvor: Vlastita fotografija)

Mjerenje je obavljeno uređajem za mjerenje razine buke proizvođača Metrel modela Multinorm MI 6201 s pripadajućim mikrofonom istog proizvođača prikazano slikom 8. i 9.

Mjerenje buke provedeno je prema propisima i uputama HRN ISO 6393:1998. Međunarodni standard za mjerenje buke zemljanih strojeva. U svakoj točki mjerenja pozadinska buka mora biti najmanje 10 dB manja od buke koju emitira stroj. Ukupno vrijeme mjerenja za svaku točku u stabiliziranom radnom režimu mora biti u rasponu 15 do 30 sekundi. Brzina vjetra prilikom mjerenja ne bi trebala premašivati  $5 \text{ ms}^{-1}$ .



Slika 8. Uređaj za mjerenje buke Metrel Multinorm MI 6201 s pripadajućim mikrofonom  
(Izvor: vlastita fotografija)



Slika 9. Mjerenje buke u točki br. 9 (Izvor: vlastita fotografija)

### 3.1. Беспилотни зракоплов DJI Phantom 4 Pro V2.0

Prilikom snimanja i fotografiranja terena iz zraka korišten je беспилотни зракоплов типа multirotor proizvođača DJI marke Phantom 4 Pro V2.0 prikazan na slikama 10. i 11. Snimke iz zraka koristile su se za daljnju obradu podataka i izradu karata buke.

Phantom 4 Pro V2.0 sadrži gimbalnu kameru stabiliziranu na 3 osi s CMOS senzorom od 20 MP, sposobnim za snimanje videozapisa do 4K / 60 fps i snimanja fotografija do 14 fps. Također koristi FlightAutonomy sustav, koji uključuje dvostruke senzore stražnjeg vida i infracrveni osjet izbjegavanja prepreka (URL 10).

Tablica 2. DJI Phantom 4 Pro V2.0, specifikacije

<b>Senzor</b>	<b>Tip senzora</b> – CMOS veličine 1“
	<b>Rezolucija (MP)</b> – 20MP
	<b>Veličina slike (px)</b> – 5472 x 3648
<b>Fokusiranje</b>	<b>Min. fokusno rastojanje za 35mm</b> – 1m
<b>Objektiv</b>	<b>Raspon objektiva (mm)</b> – 24 mm (ekvivalentno)
	<b>Otvor blende (f/)</b> – f/2.8
	<b>Stabilizacija</b> – Da, u 3 osi
<b>Snimanje</b>	<b>Video snimanje (rezolucija)</b> – 4096 x 2160 sa 50 fps
	<b>Neprekidno (burst)</b> – 3/5/7/10/14 fps
	<b>Tip formata</b> – JPEG, DNG (RAW), JPEG & RAW; MP4, MOV (MPEG-4 AVC/H.264); format FAT32 (≤32GB); exFAT (>32GB)
<b>Ekspozicija</b>	<b>ISO osjetljivost</b> – Fotografije; 100 – 3200 (Auto). 100 – 12800 (Manual); Video: 100 – 3200 (Auto), 100 – 6400 (Manual)
	<b>Brzina zatvarača</b> – 8 – 1/8000 s
<b>Ostale karakteristike</b>	<b>Wi-Fi funkcija</b> - Da
	<b>GPS upis podataka</b> – GPS/GLONASS
<b>Opće karakteristike</b>	<b>Dimenzije (ŠDV)</b> - Dijagonalna 350mm (bez propelera)
	<b>Masa (g)</b> – 1375 g (sa baterijom i propelerima)
	<b>Kut gledanja (horizontalno)</b> – 84°
	<b>Proizvođač</b> - DJI
<b>Memorija</b>	<b>Interna memorija</b> – Ne
	<b>Memorijska kartica</b> – Micro SD (do 128GB); FAT32 (do 32GB) / exFAT (preko 32GB)

<b>Priključak</b>	<b>Interface</b> – Daljinski upravljač, USB
<b>Napajanje</b>	<b>Kapacitet</b> – 5870 mAh
	<b>Napon</b> – 15,2 V
	<b>Baterija</b> - Li-Po 4S
	<b>Trajanje baterije</b> – 30 minuta
	<b>Punjač / AC adapter</b> – Punjač za baterije
<b>Let</b>	<b>Brzina uspinjanja</b> – 6 m/s (Sport mode)
	<b>Brzina propadanja</b> – 4 m/s (Sport mode)
	<b>Brzina letenja</b> – 72k m/h (Sport mode)

Izvor: (<https://pcfoto.biz/dji-phantom-4-pro-v20.html>)



Slika 10. Dron Phantom 4 Pro V2.0.

(Izvor: <https://cdn.fstoppers.com/styles/large-16-9/s3/lead/2018/05/dji-phantom-drone-4-pro-v2.0-uav-video-sensor-ocusync.jpg>)



Slika 11. Upravljač i popratna oprema za Phantom 4 Pro V2.0

(Izvor:<https://tshop.r10s.com/091/70d/d553/c212/c052/c24c/7480/119ee8ad552c600c7374>

99.jpg)

### 3.2. Izrada karte buke u GIS okruženju

Korišteni su programi SAGA GIS v7.3.0 prikazano slikama 12 i 13 za izradu slojeva, unos atributa i interpolaciju, Agisoft Metashape za izradu digitalnog ortofota i digitalnog plošnog modela iz snimki bespilotnih zrakoplova te QGIS za vizualizaciju i izradu karte buke.

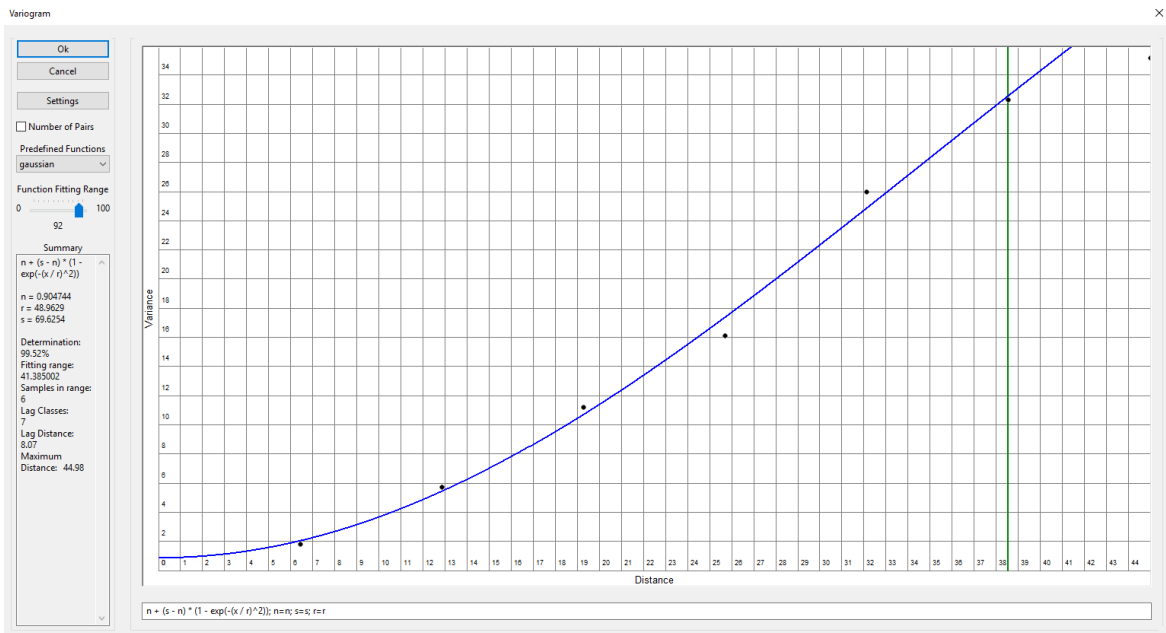
Interpolacija je postupak određivanja nepoznatih vrijednosti korištenjem poznatih vrijednosti u nekom intervalu. U GIS okruženju navedeno se provodi iz točkastog vektorskog sloja (označava točke mjerenja ili uzorkovanja) tako da se izradi rasterski sloj koji pokriva cijelo područje mjerenja ili uzorkovanja.

Prema Šiljeg i sur. (2013) interpolacija je proces determinističke ili geostatističke procjene vrijednosti ne uzorkovanih područja, na temelju skupa izmjerenih (promatranih) vrijednosti na poznatim koordinatama, a sve u svrhu dobivanja kontinuirane površine s nizom vrijednosti.

Malavić i sur. (2008.) nam ukazuju da je kriging interpolacijska metoda bazirana na ponovljenom izračunu težinskih koeficijenata i srednjih vrijednosti podataka („weighted moving average“), gdje težinski koeficijenti dodijeljeni kontrolnim točkama (podacima) minimiziraju varijancu procjene. Ta varijanca izračunana je kao funkcija variogramskog modela, relativnog razmještaja podataka i položaja točke (odnosno bloka) čija se vrijednost procjenjuje.

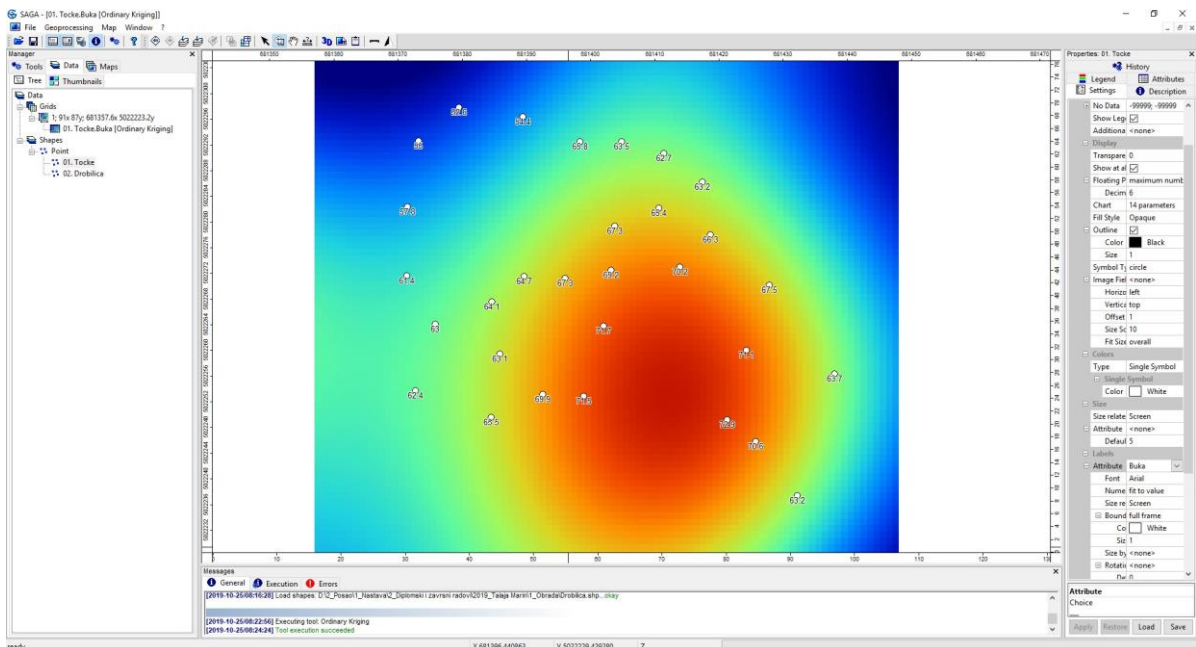
Za interpolaciju korišten je gaussov model (Gaussian model) koji je česta teorijska funkcija za aproksimaciju eksperimentalnih variograma matematičkim modelom. Može se primijeniti i u kombinaciji s odstupanjem (tzv. nugget effect).

Interpolirane vrijednosti su usrednjene srednje vrijednosti buke izražene u decibelima (dB). Digitalni ortofoto i digitalni plošni model su izrađeni u programu Agisoft Metashape Pro v1.5.2 slika 14., korištenjem Structure-from-Motion algoritma. Površinska razlučivost izrađenog digitalnog ortofota iznosi 1 cm.



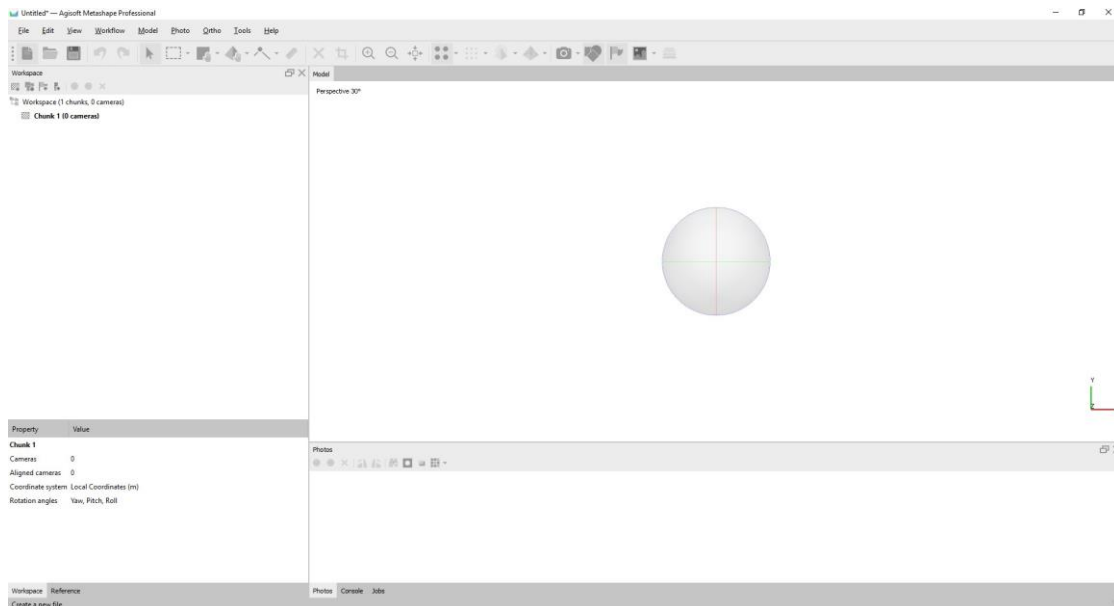
Slika 12. Variogram prilikom interpolacije metodom običnog kriginga u SAGA GIS programu (Izvor: SAGA GIS program, screenshot)

Karta buke izrađuju se pomoću računalnih metoda proračuna emisije i širenja zvuka/buke emitiranih od poznatih izvora buke u geografskom prostoru poznatih karakteristika (URL11).



Slika 13. Interpolirana površina u SAGA GIS programu (Izvor: SAGA GIS program, screenshot)

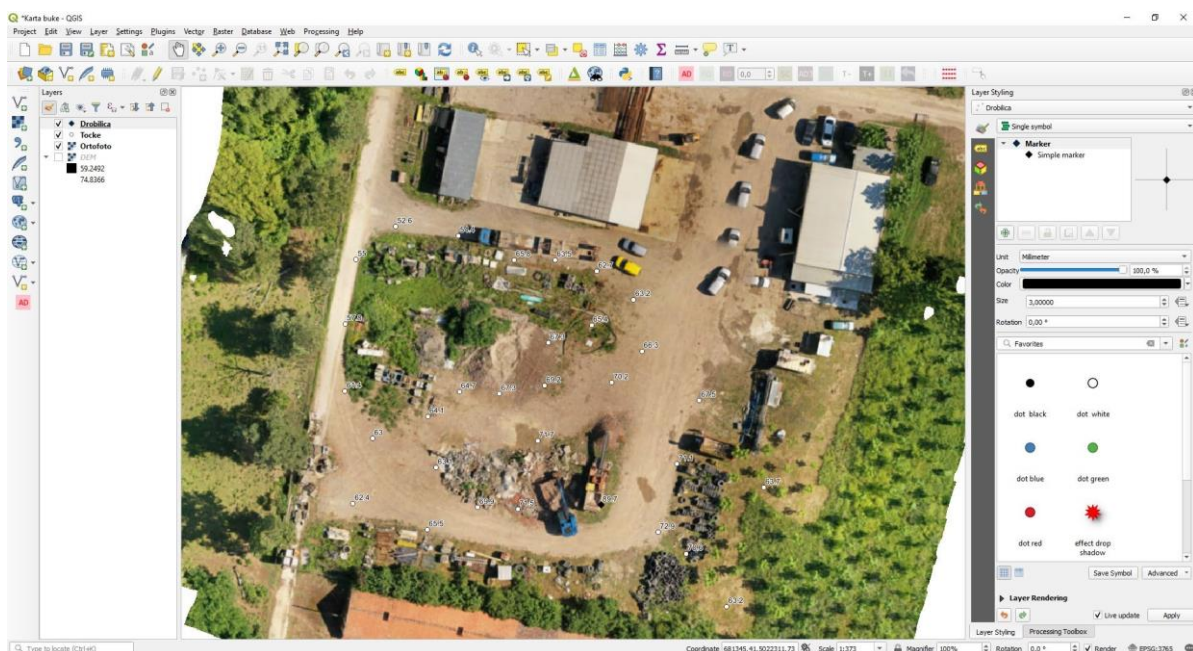




Slika 14. Korisničko sučelje Agisoft Metashape programa (Izvor: Agisoft Metashape program, screenshot)

2D i 3D karte su izrađene u QGIS v3.4.8 (slika 15.) uporabom Print Composer alata za izradu 2D karata i Qgis2threejs dodatka za izradu 3D karata (slika 16.).

Kao podloga za 2D vizualizaciju korišten je digitalni ortofoto, a za 3D vizualizaciju digitalni plošni model dobiven iz podataka prikupljenih snimanjem bespilotnim zrakoplovom.



Slika 15. Prikaz digitalnog ortofota i točaka mjerenja buke u QGIS programu (Izvor: QGIS v3.4.8 program, screenshot)



Slika 16. Korisničko sučelje QGIS dodatka Qgis2threejs i parametri vizualizacije (Izvor: Qgis2threejs, screenshot)

Oznake obrađenih podataka u slijedećem poglavlju biti će označeni prema slijedećem:

- LAeq – vremenski usrednjena ili ekvivalentna trajna zvučna razina mjeri se u oba mjerna kanala. To je najvažnija i najupotrebljavanija veličina koja je ujedno i srednja vrijednost zvučne razine za cijelo vrijeme mjerenja.
- LAFmin – najniža vremenski usrednjena zvučna razina koja se mjeri u brzom kanalu (fast:r=125 ms).
- LAFmax – najviša vremenski usrednjena zvučna razina koja se mjeri u brzom kanalu.

## 4. REZULTATI I RASPRAVA

### 4.1. Prikaz razine buke tablicama

Tablicom 3. prikazana je izmjerena buka u točkama od 1 do 31. U svakoj točki mjerenje je ponovljeno 3 puta. Najviša vremenski ekvivalentna trajna zvučna razina izmjerena je u točki 31 prilikom drugog ponavljanja te je iznosila 90,4 dB.

Tablica 3. Izmjerene vrijednosti buke u točkama od 1 do 31

Mjerna mjesta	LA <sub>eq</sub>	LA <sub>max</sub>	LA <sub>min</sub>
1	71,3	71,8	70,9
	71,1	71,7	70,8
	71,1	72,1	70,6
2	72,5	72,9	72,2
	73,3	74,1	72,8
	73,1	74,5	72,3
3	71,5	72,0	71,3
	71,6	72,0	71,3
	71,5	72,9	71,0
4	71,4	73,3	70,9
	71,7	72,6	70,8
	72,2	72,9	71,7
5	67,5	68,4	67,1
	67,8	68,8	67,2
	67,4	67,8	67,0
6	65,6	67,1	65,1
	65,4	66,9	64,6
	65,4	66,0	64,8
7	62,8	63,5	62,3
	63,5	65,9	62,9
	62,9	64,1	62,4
8	63,4	65,2	62,4
	64,1	65,8	63,3
	64,7	66,6	63,8
9	64,8	65,6	64,2
	64,6	65,3	64,0
	64,6	65,3	64,2
10	66,8	67,7	66,3
	67,1	69,1	66,5
	67,9	70,7	67,1

Mjerna mjesta	LAaq	LAmaz	LAmín
11	68,1	69,1	67,5
	68,6	70,6	67,9
	70,8	73,5	68,6
12	68,6	71,3	67,1
	66,8	69,1	66,2
	66,4	67,2	65,8
13	65,8	68,3	64,4
	65,6	67,9	64,3
	64,9	66,2	63,7
14	71,0	74,8	67,5
	70,5	74,7	66,6
	69,1	72,3	67,4
15	67,2	71,2	64,6
	65,8	69,2	63,4
	65,9	68,7	64,6
16	63,5	65,8	62,4
	62,8	64,9	62,0
	63,3	66,0	62,3
17	62,4	63,3	61,6
	62,5	63,6	61,8
	63,3	64,2	62,6
18	63,6	64,1	63,1
	63,9	65,5	63,3
	63,0	63,7	62,6
19	70,6	83,0	63,1
	64,0	66,3	63,1
	62,8	64,0	62,2
20	53,7	56,5	52,4
	56,4	59,3	53,9
	53,2	54,5	52,1
21	53,2	55,6	52,1
	53,0	57,3	51,1
	51,7	52,9	50,8
22	54,7	55,5	53,8
	54,7	55,3	53,6
	55,6	56,4	54,7
23	57,2	58,5	56,5
	58,6	61,4	57,2
	57,7	59,0	57,2

Mjerna mjesta	LA <sub>aq</sub>	LA <sub>max</sub>	LA <sub>min</sub>
24	60,7	62,7	59,6
	61,7	64,7	59,5
	61,9	65,2	59,4
25	62,5	64,9	61,2
	63,9	65,8	62,9
	62,7	65,4	61,5
26	61,5	62,9	60,5
	62,2	64,6	61,3
	63,6	68,2	61,7
27	67,9	69,6	67,1
	67,2	68,4	66,7
	67,4	69,7	66,6
28	71,1	72,2	70,4
	70,3	70,9	69,9
	70,4	71,3	69,8
29	63,7	65,9	62,9
	62,9	63,9	62,4
	63,1	64,8	62,4
30	63,6	64,6	62,9
	63,3	64,3	63,1
	64,2	65,8	63,1
31	89,4	90,0	88,9
	90,4	91,1	90,0
	89,4	89,9	89,0

Dimou V. (2014.) obavio je istraživanje izloženost buci na radnim mjestima u pogonima za industrijsku preradu drva. Provedena su mjerenja buke na različitim radnim mjestima u tri pilane. Granična vrijednost buke (dopuštena razina) kojoj mogu biti izloženi radnici iznosi 85 dB za područje proizvodnje i skladišta te 55 dB za uredske prostore. Prema rezultatima studije, u proizvodnim pogonima pilane izmjerene su više razine buke nego u skladištima i uredskim prostorima, a izmjerene razine buke znatno premašuju najveću dopuštenu razinu. Najviše razine buke izmjerene su na radnim mjestima uz strojeve za mehaničku obradu drva. U takvim uvjetima zaposlenici moraju biti zaštićeni od prekomjerne izloženosti buci upotrebom osobnih zaštitnih sredstava ili skraćivanjem vremena provedenog na radnome mjestu uvođenjem redovitih stanki tijekom radnog vremena.

Iz prikazane tablice 3. može se uočiti da je buka u svim točkama mjerenja osim u točki 31 u dozvoljenim zakonom propisanim granicama. Najviša izmjerena buka je u točki 31 zbog toga što se točka 31 nalazi u neposrednoj blizini drobilice.

Durcan i Burdurlu (2018) proveli su istraživanje na rezaču trupaca u pilani. Najviša razina buke (91,5 dB), ovisno o širini rezanja, postignuta je pri obradi materijala na reznoj širini od 30 mm, a slijedi ona od 25 mm, 18 mm, 12 mm, a zatim 6 mm (89,4 dB, 87,3 dB, 85,8 dB, odnosno 83,2 dB). Razina buke povećavala se kako se širina rezanja povećavala i obrnuto.

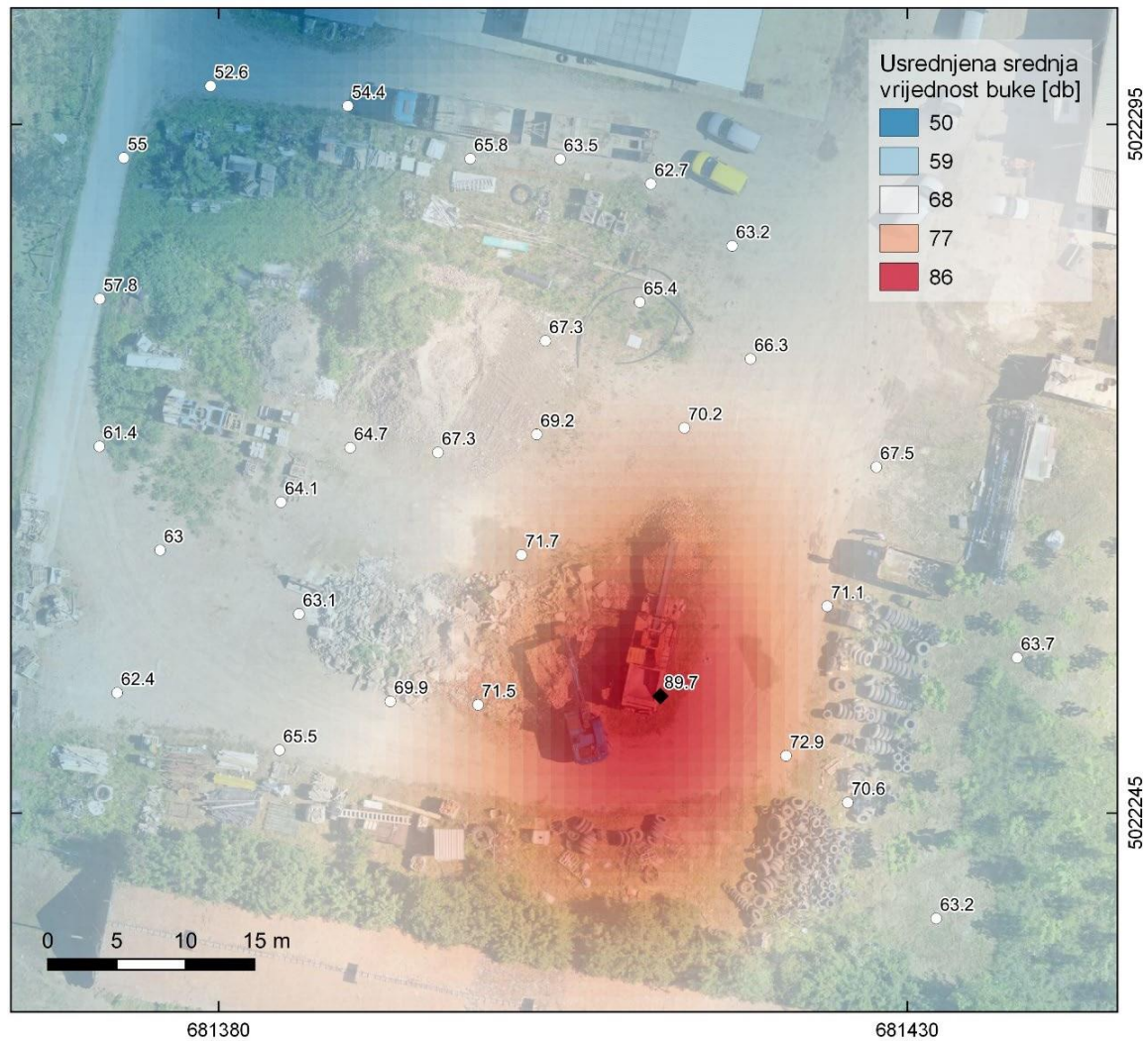
Tablicom 4. prikazane su prosječne vrijednosti izmjerene buke prilikom rada drobilice.

Tablica 4. Prosjek izmjerenih vrijednosti buke

Mjerna mjesta	LAq	LAm <sub>ax</sub>	LAm <sub>in</sub>
1	71,1	71,8	70,7
2	72,9	73,8	72,4
3	71,5	72,3	71,2
4	71,7	72,9	71,1
5	69,9	68,3	67,1
6	65,5	66,7	64,8
7	63,1	64,5	62,5
8	64,1	65,9	63,2
9	64,7	65,4	64,1
10	67,3	69,2	66,7
11	69,2	71,1	68,0
12	67,3	69,2	66,4
13	65,4	67,5	64,1
14	70,2	73,9	67,2
15	66,3	69,7	64,2
16	63,2	65,6	62,2
17	62,7	63,7	62,0
18	63,5	64,4	63,0
19	65,8	71,1	62,8
20	54,4	56,8	52,8
21	52,6	55,3	51,3
22	55,0	55,7	54,0
23	57,8	59,6	56,9
24	61,4	64,2	59,5
25	63,0	65,4	61,9
26	62,4	65,2	61,2
27	67,5	69,2	66,8
28	70,6	71,5	70
29	63,2	64,9	62,6
30	63,7	64,9	63
31	89,7	90,3	89,3

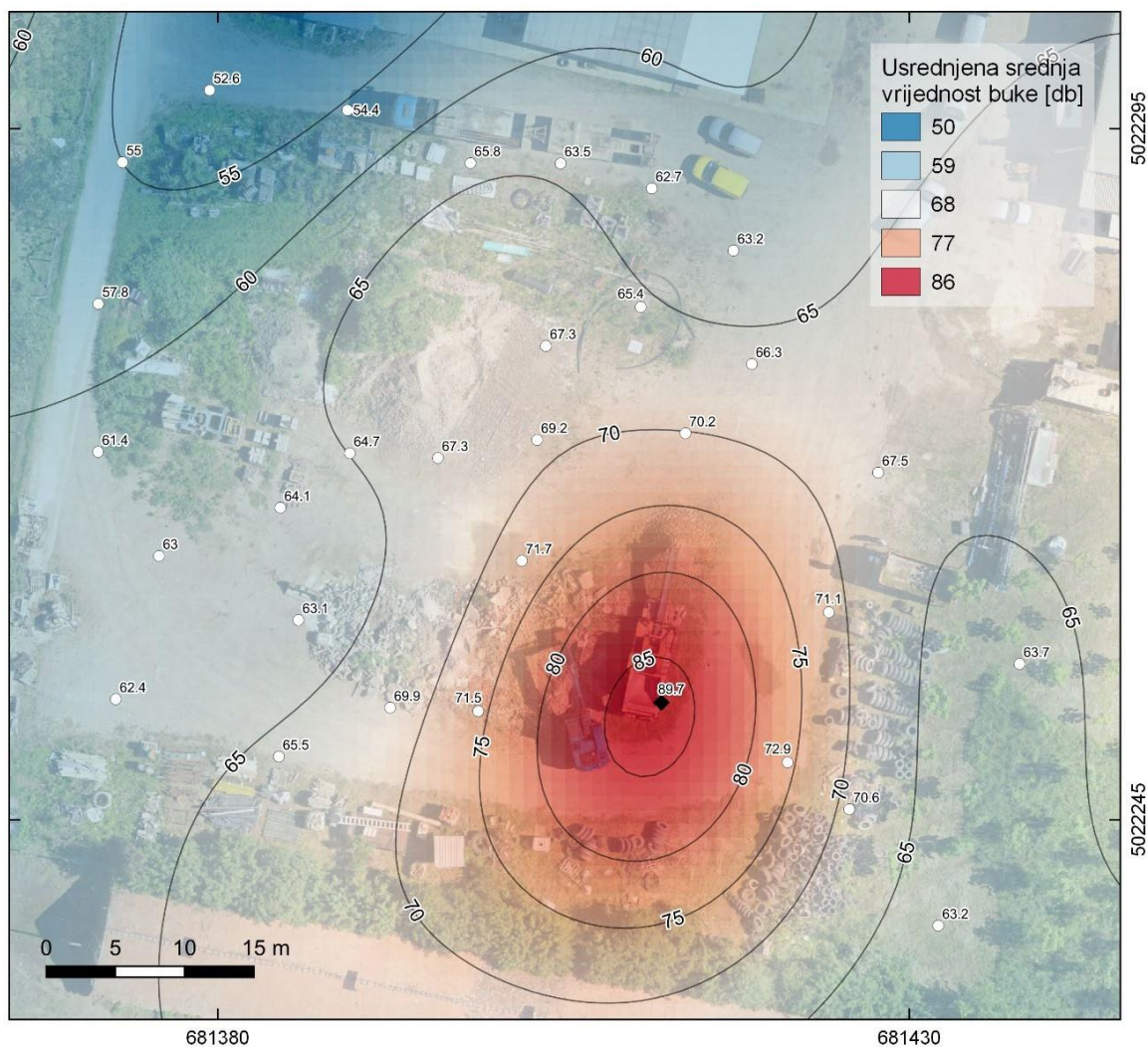
## 4.2. 2D i 3D karte buke

Kako je prikazivanjem podataka u tablicama relativno teško vizualno definirati sigurnosne zone za rad rukovatelja i ostalih djelatnika koji rade u okruženju drobilice, izradom 2D i 3D karte pokušalo se dodatno vizualizirati razina buke na području oko drobilice.



Slika 17. Točke mjerenja s pripadajućim prosječnim vrijednostima prikazane 2D kartom  
(Izvor: Vlastita fotografija)

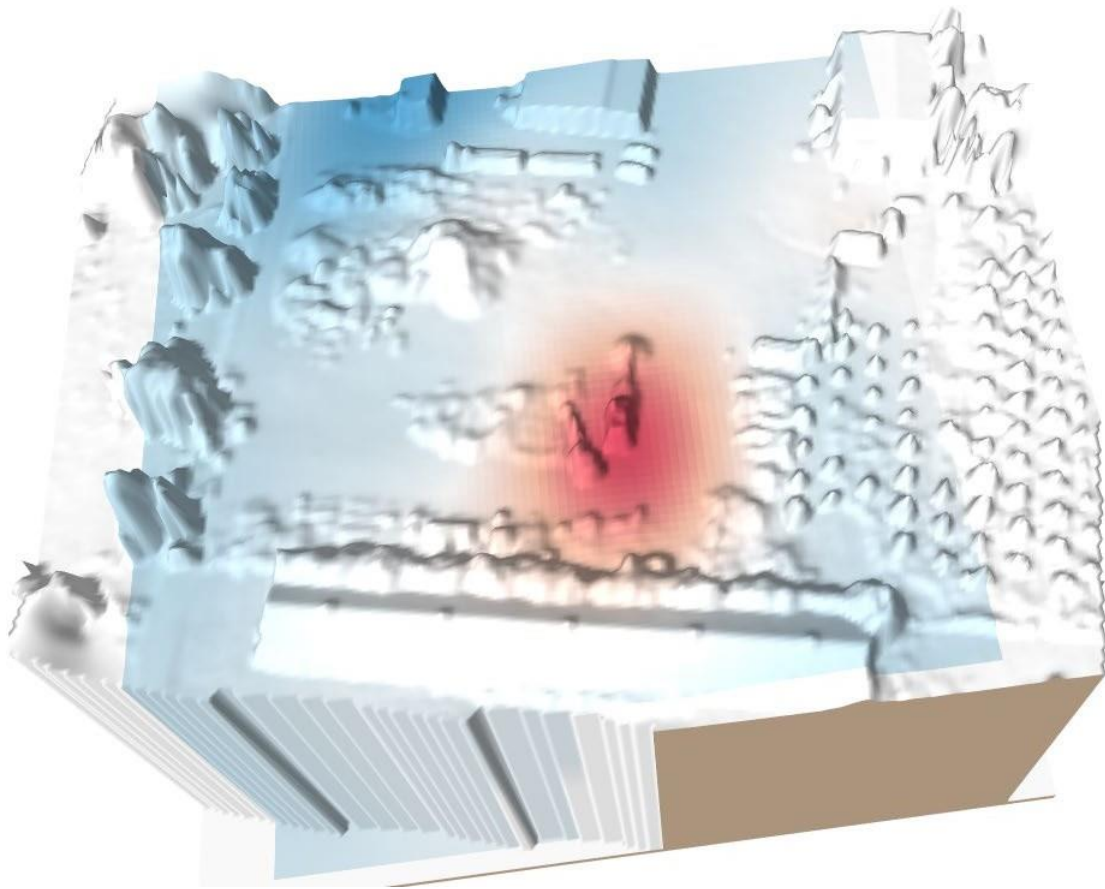
Na slici 17. snimljenom bespilotnim zrakoplovom prikazane su sve točke mjerenja te pripadajuće prosječna vrijednosti (LAq) po točkama. Crna točka označava žarište odnosno poziciju na kojoj je bila pozicionirana drobilica.



Slika 18. 2D karta izmjerene vrijednosti buke (Izvor: Vlastita fotografija)

Na slici 18. linije prikazuju područja djelovanja buke iste razine, a ovisno o udaljenosti od izvora buke po osi x i po osi y. Crvenom bojom na karti prikazano je područje najveće razine izmjerene buke. Linije prikazuju područja djelovanja buke iste razine. U vizualizaciju su uključene izolirane, odnosno linije koje povezuju točke s jednakom interpoliranom vrijednosti buke.



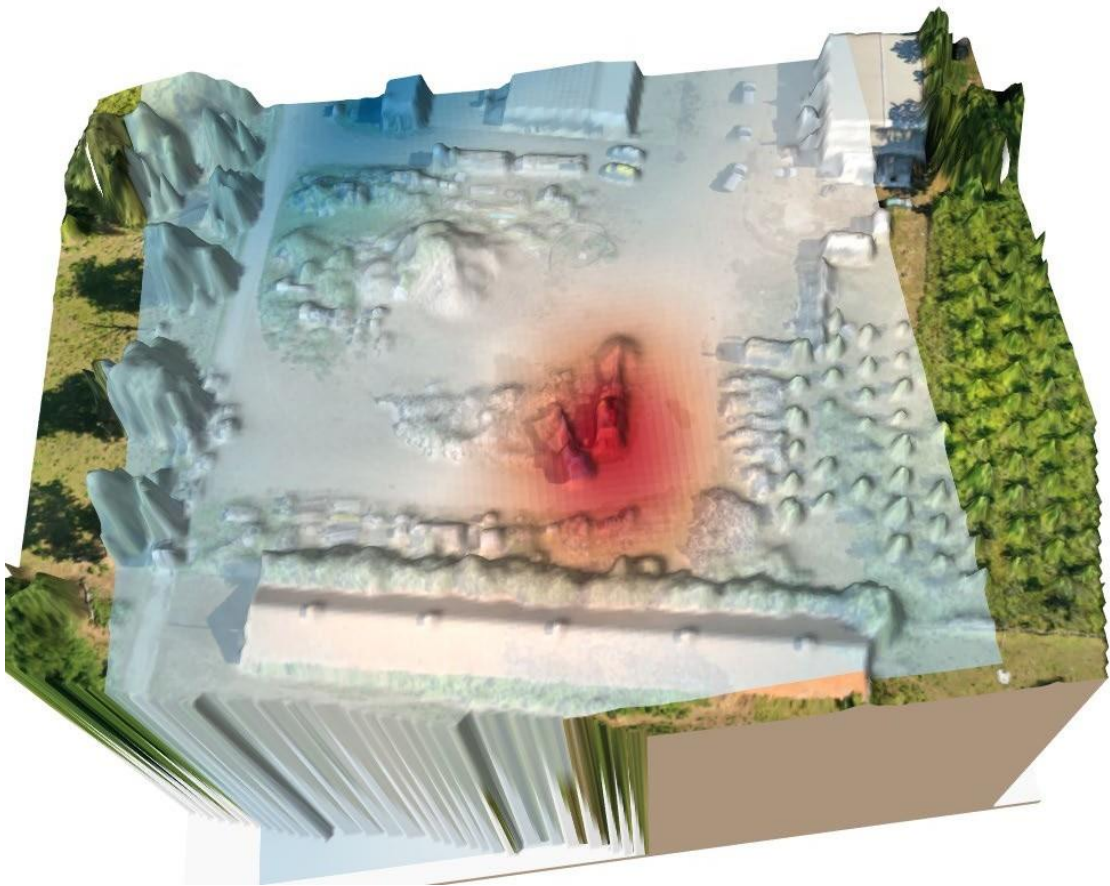


Slika 19. Proces izrade 3D karata buke (Izvor: Vlastita fotografija)

Slikom 19. prikazana je prva faza izrade 3D karte buke.

Bies i Hansen (2009) navode kako se zvuk smanjuje s udaljenošću, ali to ovisi o vrsti izvora. Za točkasti izvor, intenzitet zvuka varira obrnuto s kvadratom udaljenosti.

Prema Stoter J. i sur. (2008.) iz iskustava s uzorkom može se zaključiti da 3D karata buke pruža značajan uvid u situacijama kada su 3D efekti buke relevantni, jer postojeće 2D karte imaju ograničenja. Pored toga preciznija je procjena utjecaja buke, posebno kada se razmatraju različite zgrade i prepreke u blizini izvora buke. Na slici 20. za bolju vizualizaciju preklopljen je digitalni ortofoto s digitalnim plošnim modelom.



Slika 20. 3D karta buke (Izvor: Vlastita fotografija)

## 5. ZAKLJUČAK

Ovim istraživanjem prikazane su izmjerene razine buke tijekom rada drobilice građevinskog materijala BMD JBAG ES600, te je izrađen digitalni plošni model i model generiranja buke. Odabrana je optimalna metoda interpolacije prema kojoj su izrađene 2D i 3D karte koje nam slikovito i temeljito prikazuju širenje i razine izmjerene buke.

Mjerenje razine buke obavljeno je u skladu s propisanom HRN ISO 6393:1998., normom za vanjske građevinske strojeve. Izrađenim 2D kartama buke, a posebice 3D kartama, uočljivo je da se razina buke smanjuje u odnosu na porast nadmorske visine. Nadalje, određene visinske prepreke prigušuju i omogućuju smanjenje širenja razine buke. Samo u jednoj točki, i to u neposrednoj blizini drobilice građevinskog materijala, izmjerena je buka viša od zakonom dopuštene. Radnici i ljudi koji se kreću u neposrednoj blizini ili upravljaju drobilicom trebali bi biti adekvatno zaštićeni od buke, kako tijekom dugotrajnog izlaganja ne bi došlo do oštećenja sluha.

## 6. POPIS LITERATURE

1. Bies, D. A., Hansen, C. H. (2009): Engineering Noise Control: Theory and Practice, Fourth Edition, New York: Taylor & Francis, New York.
2. Darwin I., Gunasekaran J., (2018): Industrial Noise and Its Effects on Human, International Journal of Engineering Science and Computing, June 2018 8/6 17960-17970
3. Dimou Vasilki (2014.): Noise Measurements in Timber Industries, Drvna industrija 65 (3) 243-249 (2014)
4. Đukić I., Goglia V., (2007.): Buka i vibracije pri radu jarmača i tračnih pila trupčara Drvna industrija 58 (1) 19-22
5. Durcan F.M. i Burdurlu E. (2018): Effects of Some Machining Parameters on Noise Level in Planing of Some Wood Materials, „Planing noise levels,” BioResources 13(2), 2702-2714
6. Grubeša S., Petošić A., Suhanek M., Đurek I. (2019): Zaštita od buke – Zvučne barijere SIGURNOST 61 (3) 217 – 226. 628.517.2
7. Gusić M., Matić S., Mrak I., Slovinc A., Bonetti L., (2017.): Stavovi i informiranost mladih osoba o stečenom oštećenju sluha, Logopedija, 7, 2, 2017, 70-76
8. HRN ISO 6393:2000 en Akustika – Mjerenje vanjske buke strojeva za zemljane radove – Uvjeti ispitivanja pri stajanju (ISO 6393:1998) Acoustics – Measurement of exterior noise emitted by earth-moving machinery – Stationary test conditions (ISO 6393:1998)
9. Jurišić, M., Plaščak, I. (2009.): Geoinformacijski sustavi GIS u poljoprivredi i zaštiti okoliša. Poljoprivredni fakultet, Osijek.
10. K. Jambrošić (2011.): Zvuk i okoliš 11. Karte buke <http://www.zmz.hr/download/karte-buke.pdf>
11. Malavić T., Cvetković M., Balić D., (2008.): Geomatematički riječnik, Hrvatsko geološko društvo, Geomatematički odsjek, Zagreb
12. Mijović, B.: Primijenjena ergonomija, Udžbenik Veleučilišta u Karlovcu, Karlovac, 2009.

13. Mudrić, M (2016):Uporaba dronova u komercijalne svrhe – prilika za industriju,. (ekspertiza), Hrvatska znanstvena bibliografija
  14. Narodne novine: Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave NN 145/2004
  15. Pandža M. (2018): Zaštita od buke – primjer dobre prakse, Sigurnost 60 (2) 167 – 170.
  16. Polajnar, I. i sur.: Buka na radnom mjestu zavarivača, Sigurnost, 49, 2007., 2, 113-124.
  17. Poplašen, D. (2014.): Oštećenje sluha uzrokovano bukom. Sigurnost: časopis za sigurnost u radnoj i životnoj okolini,56(1), 67-69.
  18. Ross, M. (2000). When a Hearing Aid is Not Enough. Hear Rev, 7, 26–30.
  19. S. Kirin, K. Lauš (2011.): Istraživanje razine buke u tehnološkom procesu šivanja, Sigurnost 53 (3) 243 – 250 (2011), 687:613.644
  20. Šiljeg A., Lozić S., Roland V. (2013.): Usporedba metoda interpolacije u izradi digitalnog modela reljefa – primjer PP Vranjsko jezero, Sveučilište u Zadru.
  21. Stoter J., Henk de Kluijver, Kurakula. V., (2008): 3D noise mapping in urban areas. International Journal of Geographical Information Science 22(8):907-924.
- URL 1: Što je buka? <https://multifizika.hr/baza-znanja/buka/sto-je-buka/> 20.09.2019.
- URL 2: Buka i zdravlje <https://www.hzjz.hr/sluzba-zdravstvena-ekologija/buka-i-zdravlje/> 20.9.2019.
- URL 3: Mr.sc. Željko Linšak, dipl.sanitarni ing., Vibracija čvrstih i plinovitih molekula., <http://www.zzjzpgz.hr/nzl/68/buka.htm> 20.9.2019.
- URL 4: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015\\_05\\_49\\_974.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015_05_49_974.html)
- URL 5: Kako se izrađuje karta buke, State of the Art Noise mapping, 2004-10, IMAGINE Project [http://www.darh2.hr/akustika/karta\\_buke\\_kako.asp](http://www.darh2.hr/akustika/karta_buke_kako.asp) 20.9.2019.
- URL 6: Kako nastaje buka, <https://geek.hr/e-kako/znanost/kako-nastaje-buka/> 20.9.2019
- URL7: Dio predavanja prema predavanjima dr. sc. A. Regent , dipl. ing. ‘‘Buka 2015’’ [https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni\\_materijali/k\\_sigurnost\\_2/buka%202017.pdf](https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni_materijali/k_sigurnost_2/buka%202017.pdf) 20.09.2019

URL 8: Uho i sluh <https://www.microton.hr/uho-i-sluh/377/HR> 29.9.2019

URL 9: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2004\\_10\\_145\\_2548.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2004_10_145_2548.html) 29.9.2019

URL 10: PHANTOM 4 PRO V2.0 SPECS <https://www.dji.com/hr/phantom-4-pro-v2/info#specs> 29.9.2019

URL 11:Karte buke, 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise., [http://www.darh2.hr/akustika/karte\\_buke.asp](http://www.darh2.hr/akustika/karte_buke.asp) 29.9.2019.

URL 12: Britvić, J. (2009.): Utjecaj buke u radnoj okolini na produktivnost djelatnika i ukupnu efikasnost poduzeća <https://www.poduzetnistvo.org/news/clanak-utjecaj-buke-u-radnoj-okolini-na-produktivnost-djelatnika-i-ukupnu-efikasnost-organizacije> 20.9.2019.

## 7. SAŽETAK

Istraživanje je provedeno na području firme Djelatnik d.o.o. Vinkovci. Mjerenje buke obavljeno je na drobilici građevinskog materijala BMD JBAG ES600 u 31 točki i to ponavljanjem mjerenja tri puta u svakoj točki, neposredno i u okolini drobilice. Ispitivana buka mjerena je uređajem za mjerenje razine buke proizvođača Metrel modela Multinorm MI 6201 s pripadajućim mikrofonom istog proizvođača. Tijekom ispitivanja pridržavalo se zakonskih normi HRN ISO 6393:1998. za vanjske građevinske strojeve. Prilikom snimanja i fotografiranja terena iz zraka korišten je bespilotni zrakoplov DJI Phantom 4 Pro V2.0. Cilj istraživanja bio je izraditi digitalni plošni model i model generiranja buke te odabrati optimalnu metodu interpolacije za izradu karte buke te utvrditi moguće zavisnosti. Nakon izmjerene buke, snimanja terena i numeričke obrade podataka pristupilo se izradama 2D i 3D kartama. Za izradu 2D i 3D karata buke korišteni su programi SAGA GIS v7.3.0 za izradu slojeva, unos atributa i interpolaciju, Agisoft Metashape za izradu digitalnog ortofota i digitalnog plošnog modela iz snimki bespilotnih zrakoplova te QGIS za vizualizaciju i izradu karte buke. Kao podloga za 2D vizualizaciju korišten je digitalni ortofoto, a za 3D vizualizaciju digitalni plošni model iz podataka bespilotnog zrakoplova. Izrađene su 2D i 3D karte širenja buke koje daju vizualnu percepciju širenja razine buke kakvu je iz tablica teško dobiti. Kartama su zorno prikazana područja koja ugrožavaju zdravlje ljudi ako se kreću i borave unutar njih.

Ključne riječi: buka, drobilica, bespilotni zrakoplov, 2D i 3D karte

## **8. SUMMARY**

The research has been proven in the area of company Employee d.o.o. Vinkovci. Noise measurement was carried out on the BMD JBAG ES600 building crusher at 31 points and repeated measurements three times at each point, directly and in the vicinity of the crusher. The noise tested was a measurement device for measuring the noise level of the Metrel manufacturer Multinorm MI 6201 with a corresponding microphone from the same manufacturer. The research complied with the legal standards HRN ISO 6393: 1998 for external construction machinery. Aerial photography and aerial photography were used by the unmanned aerial vehicle DJI Phantom 4 Pro V2.0. The aim of the research was to develop a digital model and noise generation model to select the optimal interpolation methods for making noise maps and to determine the possibility of dependency. After the measured noise, terrain recording and numerical data processing, the development of 2D and 3D maps was started. They used SAGA GIS v7.3.0 to create layers, attribute input and interpolation, Agisoft Metashape to create a digital orthophoto and digital tablet model from drones, and QGIS to visualize and produce a noise map. It uses a digital orthophoto as a substrate for 2D visualization, and a model from a drone for 3D visualization of digital panels. 2D and 3D wider noise maps have been created that give a visual perception of the spread of noise levels that are difficult to obtain from the table. The maps clearly depict areas that threaten people's health if they move and boil within.

Keywords: noise, crusher, drone, 2D and 3D maps



## 9. POPIS SLIKA

Slika 1. Primjer bespilotne letjelice .....	2
Slika 2. Prikaz karte buke urbanog područja .....	3
Slika 3. Dijelovi uha .....	6
Slika 4. 3D prikaz karte buke zračne luke Dubrovnik.....	10
Slika 5. Drobilica građevinskog materijala .....	12
Slika 6. Materijal koji je drobilica obradila .....	13
Slika 7. Materijal nakon što je prošao kroz drobilicu.....	13
Slika 8. Uređaj za mjerenje buke Metrel Multinorm MI 6201 s pripadajućim mikrofonom .....	14
Slika 9. Mjerenje buke u točki br. 9 .....	15
Slika 10. Dron Phantom 4 Pro V2.0 .....	17
Slika 11. Upravljač i popratna oprema za Phantom 4 Pro V2.0.....	18
Slika 12. Variogram prilikom interpolacije metodom običnog kriginga u SAGA GIS programu.....	20
Slika 13. Interpolirana površina u SAGA GIS programu .....	20
Slika 14. Korisničko sučelje Agisoft Metashape programa.....	21
Slika 15. Prikaz digitalnog ortofota i točaka mjerenja buke u QGIS programu.....	21
Slika 16. Korisničko sučelje QGIS dodatka Qgis2threejs i parametri vizualizacije .....	22
Slika 17. Točke mjerenja s pripadajućim prosječnim vrijednostima prikazane 2D kartom	27
Slika 18. 2D karta izmjerene vrijednosti buke.....	28
Slika 19. Proces izrade 3D karata buke .....	29
Slika 20. 3D karta buke .....	30

## **10. POPIS TABLICA**

Tablica 1. Najviše dopuštene razine buke u otvorenom prostoru.....	7
Tablica 2. DJI Phantom 4 Pro V2.0, specifikacije.....	16
Tablica 3. Izmjerene vrijednosti buke u točkama od 1 do 31 .....	23
Tablica 4. Prosjek izmjerenih vrijednosti buke .....	26

**Model generiranja karte buke pri radu sustava za usitnjavanje građevinskog materijala u odnosu na digitalni plošni model (GIS)**

**Marin Talaja**

**Sažetak:**

Istraživanje je provedeno na području firme Djelatnik d.o.o. Vinkovci. Mjerenje buke obavljeno je na drobilici građevinskog materijala BMD JBAG ES600 u 31 točki i to ponavljanjem mjerenja tri puta u svakoj točki, neposredno i u okolini drobilice. Ispitivana buka mjerena je uređajem za mjerenje razine buke proizvođača Metrel modela Multinorm MI 6201 s pripadajućim mikrofonom istog proizvođača. Tijekom ispitivanja pridržavalo se zakonskih normi HRN ISO 6393:1998. za vanjske građevinske strojeve. Prilikom snimanja i fotografiranja terena iz zraka korišten je bespilotni zrakoplov DJI Phantom 4 Pro V2.0. Cilj istraživanja bio je izraditi digitalni plošni model i model generiranja buke te odabrati optimalnu metodu interpolacije za izradu karte buke te utvrditi moguće zavisnosti. Nakon izmjerene buke, snimanja terena i numeričke obrade podataka pristupilo se izradama 2D i 3D kartama. Za izradu 2D i 3D karata buke korišteni su programi SAGA GIS v7.3.0 za izradu slojeva, unos atributa i interpolaciju, Agisoft Metashape za izradu digitalnog ortofota i digitalnog plošnog modela iz snimki bespilotnih zrakoplova te QGIS za vizualizaciju i izradu karte buke. Kao podloga za 2D vizualizaciju korišten je digitalni ortofoto, a za 3D vizualizaciju digitalni plošni model iz podataka bespilotnog zrakoplova. Izrađene su 2D i 3D karte širenja buke koje daju vizualnu percepciju širenja razine buke kakvu je iz tablica teško dobiti. Kartama su zorno prikazana područja koja ugrožavaju zdravlje ljudi ako se kreću i borave unutar njih.

**Rad je izrađen pri:** Fakultet agrobiotehničkih znanosti

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

**Broj stranica:** 38

**Broj slika:** 20

**Broj tablica:** 4

**Broj literaturnih navoda:** 33

**Jezik izvornika:** Hrvatski

**Ključne riječi:** buka, drobilica, bespilotni zrakoplov, 2D i 3D karte

**Datum obrane:**

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

1. prof. dr. sc, Mladen Jurišić, predsjednik
2. izv. prof. dr. sc. Ivan Plaščak, mentor
3. Željko Barač mag. ing. agr., član

**Rad je pohranjen u:** Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1.

**Noise map generation model during the operation of stone crusher in relation to digital surface model (GIS)**

**Marin Talaja**

**Abstract:**

The research has been proven in the area of company Employee d.o.o. Vinkovci. Noise measurement was carried out on the BMD JBAG ES600 building crusher at 31 points and repeated measurements three times at each point, directly and in the vicinity of the crusher. The noise tested was a measurement device for measuring the noise level of the Metrel manufacturer Multinorm MI 6201 with a corresponding microphone from the same manufacturer. The research complied with the legal standards HRN ISO 6393: 1998 for external construction machinery. Aerial photography and aerial photography were used by the unmanned aerial vehicle DJI Phantom 4 Pro V2.0. The aim of the research was to develop a digital model and noise generation model to select the optimal interpolation methods for making noise maps and to determine the possibility of dependency. After the measured noise, terrain recording and numerical data processing, the development of 2D and 3D maps was started. They used SAGA GIS v7.3.0 to create layers, attribute input and interpolation, Agisoft Metashape to create a digital orthophoto and digital tablet model from drones, and QGIS to visualize and produce a noise map. It uses a digital orthophoto as a substrate for 2D visualization, and a model from a drone for 3D visualization of digital panels. 2D and 3D wider noise maps have been created that give a visual perception of the spread of noise levels that are difficult to obtain from the table. The maps clearly depict areas that threaten people's health if they move and boil within.

**Thesis performed at:** Faculty of Agriculture in Osijek

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

**Number of pages:**38

**Number of figures:** 20

**Number of tables:** 4

**Number of references:** 33

**Original in:** Croatian

**Key words:** noise, crusher, drone, 2D and 3D maps

**Thesis defended on date:**

**Reviewers:**

1. prof. dr. sc, Mladen Jurišić, president
2. izv. prof. dr. sc. Ivan Plaščak, mentor
3. Željko Barač mag. ing. agr., member

**Thesis deposited at:** Library, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga 1.