Mjerenje i zaštita od buke u proizvodnom prostoru na primjeru poduzeća Muraplast d.o.o.

Mlinarić, Marko

Undergraduate thesis / Završni rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:318188

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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

Repository / Repozitorij:

University North Digital Repository

Sveučilište
Sjever

Završni rad br. 153/PS/2015

MJERENJE I ZAŠTITA OD BUKE U PROIZVODNOM PROSTORU NA PRIMJERU PODUZEĆA MURAPLAST d.o.o.

Marko Mlinarić, 5081/601

Varaždin, rujan 2015. godine

Sveučilište
Sjever

Odjel za proizvodno strojarstvo

Završni rad br. 153/PS/2015

MJERENJE I ZAŠTITA OD BUKE U PROIZVODNOM PROSTORU NA PRIMJERU PODUZEĆA MURAPLAST d.o.o.

Student

Marko Mlinarić, 5081/601

Mentor

Izv.prof.dr.sc. Živko Kondić, izv.prof.

Varaždin, rujan 2015. godine

Predgovor

Doći će vrijeme kada će buka postati jedan od najvećih neprijatelja čovjeka te će se protiv nje morati boriti kao što se borio protiv kuge i kolere. Ove proročke riječi izrekao je Robert Koch krajem XIX stoljeća, a danas su one stvarnost. Prema izvješćima Svjetske zdravstvene organizacije buka se ubraja uz onečišćenja vode i zraka u tri najopasnija onečišćivača ljudske okoline.

Buka je problem na radnome mjestu, ali i u kući i izvan kuće. Ona može uzrokovati trajan gubitak sluha, ali i smanjiti opću kvalitetu života i razinu zdravlja pojedinca povećanim fizičkim, psihičkim i socijalnim opterećenjima. Posebno valja istaknuti djelovanje buke kao stresora jer ono znatno pojačava štetne učinke ostalih stresora koji su učestalo prisutni u životu modernog čovjeka. Njihove zajedničke posljedice, danas najučestalija oboljenja zapadnog svijeta, su psihička oboljenja (od neurotskih poremećaja na dalje) i psihoorganska oboljenja (povišeni krvni tlak, čir na želucu, bolesti srca i dr.).

Protiv buke se treba boriti tehničkim mjerama, a ukoliko to nije moguće uporabom osobnih zaštitnih sredstava. Razinu buke gotovo uvijek je moguće smanjiti odgovarajućim tehničkim mjerama, kako u radnoj, tako i u životnoj sredini. Koji su načelni postupci i kako ih ostvariti u praksi nužno je znanje modernog čovjeka. O tome na mnogo načina govori ovaj završni rad. On je namijenjen smanjenju razine buke u proizvodnom prostoru.

Obzirom da u ovom znanstvenom području nema adekvatne literature, bilo je veoma teško koncipirati i uobličiti sadržaj ovog završnog rada. Stoga se zahvaljujem svojem mentoru profesoru Živku Kondiću, te gospodinu Davoru Ujlakiju iz poduzeća Muraplast d.o.o. na razumijevanju, predanom znanju i trudu uloženom tokom izrade završnog rada.

Također moram napomenuti i zahvaliti se svim profesorima, asistentima i kolegama na pruženoj pomoći tokom proteklih godina studiranja.

Ovaj završni rad bit će Vam potreban odmah ili kasnije, no jednom sigurno. Zatrebat će vam kao domaćinu, građaninu, učeniku, radniku ili stručnjaku. Ovaj završni rad ne može zastarjeti kao što ne mogu ni zakoni fizike ili fiziologije čovjeka.

Sažetak

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.

Nastojanja da se smanji buka u proizvodnim prostorima ovisi o više tehničkih, financijskih, sociooloških i kulturoloških čimbenika. Identifikacija izvora buke i mjerenja su preduvjet za definiranje sredstava zaštite. Tehničko tehnološki razvoj je već dostigao razinu i nude se zadovoljavajuća rješenja za zaštitu od zagađenosti okoliša bukom. Kao prepreka ostaju financijski i socijalni faktori. Zadovoljavajuća rješenja se ne mogu ostvariti bez primjene zakonske regulative i akustičkih standarda.

U ovom radu analizira se fizički fenomen buke, utjecaj buke na ljudski organizam, izvori koji je stvaraju, metode zaštite od buke itd. Da bi se bolje razumjele mjere za sprečavanje buke, detaljno su opisane definicije osnovnih pojmova u akustici. Dat je i pregled standarda vezanih za mjerenje, te neophodne zakonske regulative.

U radu je istraživana razina buke u poduzeću za proizvodnju i preradu plastičnih masa Muraplast d.o.o. Muraplast je vodeći i najmodernije opremljeni proizvođač polietilenskih filmova u Republici Hrvatskoj i okolnim zemljama. Raspolaže s oko 20.000 tona godišnjeg preradbenog kapaciteta, te četiri hale ukupne površine oko 10.000 m^2 smještenih u Kotoribi (Međimurska županija). U poduzeću je izmjerena razina unutarnje buke (radne buke - proizvodni prostori, skladišta) te razina buke koja se pri uobičajenom obavljanju radnog procesa širi u okolne prostore. Nakon dobivenih rezultata, provedena je analiza rezultata dobivenih mjerenjem te je utvrđeno kreće li se ekvivalentna razina buke u dozvoljenim granicama. Na kraju je dato praktično rješenje za zaštitu od buke.

Ključne riječi: buka, oštećenje sluha, smanjenje buke, mjerenje buke, zaštita od buke

Popis korištenih kratica

SZO Svjetska zdravstvena organizacija (*engl. World Health Organization, WHO*)

AI Indeks artikulacije (*engl. Articulation Index*)

SIL Razine interferencije govora (*engl. Speech Interference Level*)

PNC Preferirani kriterij buke (*engl. Preferred Noise Criterion*)

ISO Međunarodna organizacija za standardizaciju *(engl. International Organization for Standardization*; kratica *ISO*)

MKS Metrički sustav jedinica (metar, kilogram, sekunda)

IEC Međunarodna elektrotehnička komisija (*engl. International Electrotechnical Commission*)

RMS Efektivna vrijednost trenutnoga zvučnog tlaka (*engl. Root Mean Square*)

Popis korištenih simbola

λ - valna duljina

c - brzina širenja zvuka

f - frekvencija zvuka

t - temperatura zraka

I - intenzitet zvuka

p - zvučni tlak (promatrani)

ρ - gustoća zraka

P - snaga zvuka

S - površina na kojoj djeluje intenzitet

r - radijus

n - broj decibela

L_p - razina zvučnog tlaka

p_o - referentni zvučni tlak (20 μPa)

$L_{Aeq,T}$ - ekvivalentna razina zvučnog tlaka (buke)

T - vrijeme mjerenja

$p_a(t)$ - trenutna vrijednost zvučnog tlaka vrednovanog po krivulji A

$L_A(t)$ - vremenska funkcija promjenjive A-razine

t_i - vremenski interval

$\sum t_i$ - ukupno vrijeme izloženosti buci

L_{Ai} - srednja A-razina buke u vremenskom intervalu t_i

n - broj vremenskih intervala

p_{peak} - vršna vrijednost zvučnog tlaka

L_A - razina zvučnog tlaka

L_{eq} - ekvivalentna neprekidna razina zvuka

Sadržaj

1. Uvodna razmatranja o buci 1

2. Buka i čovjek 3

2.1. Utjecaj buke na čovjeka 3

3. Pojmovi iz akustike 11

3.1. Zvuk 11

3.2. Buka i tonovi 12

3.3. Frekvencija 14

3.4. Infrazvuk i ultrazvuk 15

3.5. Osnovni akustički pojmovi 15

3.5.1. Zvučni tlak 15

3.5.2. Zvučni intenzitet 16

3.5.3. Zvučna snaga 17

3.5.4. Decibel 18

3.6. Razina zvučnog tlaka 19

3.7. Mjerenje intenziteta zvuka 19

3.8. Ekvivalentna razina zvučnog tlaka ($L_{Aeq, T}$) 19

3.9. Rezonancija 20

3.10. Buka iz nekoliko izvora 21

3.11. Smanjenje zavisno od udaljenosti 21

3.12. Zvučna izolacija i indeks zvučne izolacije 22

3.13. Zvučna apsorpcija i apsorberi 23

3.14. Gluha komora 23

4. Buka u proizvodnom prostoru 24

4.1. Opće mjere zaštite od buke u proizvodnom prostoru 26

5. Mjerenje buke u proizvodnom prostoru 30

5.1. Propisi i norme s obveznom primjenom 30

5.2. Razlozi mjerenja buke u proizvodnom prostoru 31

5.3. Mjerne fizikalne veličine 32

5.4. Frekvencijsko vrednovanje 33

5.5. Vremensko vrednovanje 34

5.6. Ocjenjivanje i normiranje buke 36

6. Mjerni postupci 38

6.1. Osnovna pravila postupanja pri mjerenju buke 38

6.2. Karakteristike instrumenata za mjerenje buke 41

6.3. Zapis i izvještaj o mjerenju buke 43

7. Praktični primjer mjerenja i zaštite od buke 44

7.1. Mjerenje unutarnje buke 44

7.1.1. Opći podaci 44

7.1.2. Primijenjeni propisi 44

7.1.3. Mjerna oprema kojom su izvršena mjerenja 45

7.1.4. Rezultati ispitivanja 45

7.1.5. Položaj mjernih mjesta 51

7.1.6. Analiza rezultata i rješenje 55

7.2. Mjerenje vanjske buke 56

7.2.1. Opći podaci 56

7.2.2. Primijenjeni propisi 56

7.2.3. Mjerna oprema kojom su izvršena mjerenja 56

7.2.4. Opis prostora, položaja izvora buke i mjernih mjesta 57

7.2.5. Rezultati ispitivanja 58

7.2.6. Položaj mjernih mjesta¸ 59

7.2.7. Analiza rezultata i rješenje 59

8. Zaključak 63

9. Literatura 64

Popis slika i tablica 66

Prilog br. 1. 68

Prilog br. 2. 74

Prilog br. 4. 80

Izjava o autorstvu rada

1. Uvodna razmatranja o buci

Buka na radnom mjestu postala je u zadnja dva desetljeća jedan od važnih socijalnih i političkih problema. Gubitak sluha zbog buke među najčešćim je profesionalnim bolestima, odnosno bolestima u svezi s radom.

Buka ne uzrokuje samo oštećenja sluha već i fizička, psihička i socijalna opterećenja. Buka može [1]:

- ometati komunikaciju,
- otežati prijem zvučnih alarmnih signala,
- izazvati pojavu zamora,
- smanjiti koncentraciju,
- izazvati poremećaje u orijentaciji i neurovegetativne reakcije (bljedilo, znojenje, lupanje srca, mučninu, povraćanje, vrtoglavice i sl.),
- smanjiti sigurnost na radu.

Intenzivna buka ili dugi boravak u bučnim prostorijama uzrokuju trajan gubitak sluha. Djelovanjem buke trajno se razaraju dijelovi unutarnjeg uha.

U mnogim zemljama svijeta postoje zakoni koji se odnose na sigurnost i zdravlje zaposlenih ljudi. Svrha tih zakona je stvaranje sigurnog radnog okruženja i uklanjanje nesigurnih postupaka i procesa.

Radni prostor bi trebao biti projektiran i izveden na takav način da zadovoljava norme sigurnosti radnika i zaštite okoline. U tom kontekstu sigurnost radnog mjesta podrazumijeva i to da buka, na radnom mjestu i u okruženju, ne bude uzrok narušavanja zdravlja zaposlenih radnika i ljudi u okruženju sustava.

Ako je ovaj zahtjev postavljen još tijekom procesa projektiranja nove tvornice ili postrojenja, ili prilikom premještanja postojeće opreme ili postrojenja, gotovo je uvijek moguće sniziti razinu buke koja potječe od strojeva i instalacija.

U postojećim tvornicama i radnim mjestima znatno se smanjenje buke može postići relativno jednostavnim i jeftinim tehničkim rješenjima i metodama.

Uz pomoć istraživačkih projekata i seminara provedene su mnogobrojne mjere pada buke. Pritom se uvijek iznova pokazalo da je moguće postići znatan pad razine buke. Bez obzira na vrstu problema zbog buke na određenom radnom mjestu, postoje tehničke mjere kojima se buka može smanjiti.

Organizacije koje se bave zaštitom na radu, također trebaju biti uključene u proces mjerenja i zaštite od buke u proizvodnim prostorima, i trebaju se uključiti u planiranje novih ili alternativnih radnih metoda i procesa.

Program zaštite od buke trebao bi sadržavati [2]:

1. Pripremu karti buke nakon izvedenih mjerenja buke u svim područjima.
2. Postavljanje ciljanih razina buke za sva područja.
3. Opis svih planiranih mjera, analiza troškova, kao i očekivano smanjenje buke.
4. Postavljanje prioriteta unutar plana da bi se postigli određeni ciljevi, određivanje vremena početka i vremena završetka.

Uvođenje automatizacije i kompjuterizacije u radne procese, pored opće poznate koristi, može izazvati i neželjene popratne pojave, koje se manifestiraju kroz proces ugrožavanja ljudi i materijalnih dobara, čega smo svjedoci sve više u posljednje vrijeme.

Bolesti koje izazivaju prekomjerna buka i vibracije, kao sastavni dijelovi novih tehnologija i proizvodnih procesa, u bližoj prošlosti bile su nepoznate (npr. bolest bijelih prstiju).

Stoga nam je svima skupa zadatak da projektiramo i koristimo takove tehnologije, procese i opremu, uz korištenje osobnih zaštitnih sredstava, koja će najmanje ugrožavati njenog tvorca, čovjeka. Da bi se to moglo uraditi, moraju se poznavati osnovni principi zaštite od buke koji su izloženi u ovome završnom radu.

2. Buka i čovjek

Buka je zvuk proizveden nepravilnim i periodičnim titranjem čestica u zraku. Čovječje uho registrira kao zvuk titraje između 16 Hz do 20.000 Hz. Osim frekvencije svojstva zvuka određuje zvučna jakost mjerena u vatima po kvadratnom metru (W/m^2), zvučni tlak u paskalima (Pa) i intenzitet zvuka, koji se izražava u decibelima (dB). Prema porijeklu buka u ljudskom okolišu može se podijeliti na industrijsku buku i buku okoliša [2].

Štetnost buke po ljudsko zdravlje odavno je poznata. Izvršenje smrtne kazne jakim zvukom u zakonima Ming-Tia još unatrag 5.000 godina, rušenje zidina Jerihona zvukovima trube opisano u Bibliji, brojni drugi literarni i povijesni primjeri to potvrđuju [2].

Krajem prošlog stoljeća čuveni je liječnik Robert Koch predvidio da će doći vrijeme kad će buka postati jedan od najvećih neprijatelja čovjeka i kad će se on morati boriti protiv nje kao što se borio protiv kuge i kolere. Očigledno, to je vrijeme došlo, jer prema najnovijim izvješćima Svjetske zdravstvene organizacije (SZO), buka uz hidro i aerozagađenja spada u tri najopasnija zagađivača ljudskog okoliša.

Pod nazivom buka u proizvodnom prostoru podrazumijeva se buka koju stvara radni proces u proizvodnji. Na osnovi velikog broja provedenih istraživanja SZO je donijela procjenu prema kojoj je gornja granica neškodljivosti buke u osam radnih sati 75 dB(A). Iznad ove granice rizik oštećenja zdravlja se značajno uvećava. Prema preporukama iste organizacije kućna buka ne bi smjela prelaziti razinu od 45 dB(A), a buka tijekom noći 35 dB(A). Primjera radi valja napomenuti da razina zvuka pri uobičajenom razgovoru iznosi 40 do 60 dB(A) [2].

2.1. Utjecaj buke na čovjeka

Sluh je jedna od naših najdragocjenijih sposobnosti i bez njega nije moguć kvalitetan život ni na poslu ni u slobodno vrijeme. Pretjeranom bukom ne napreže se, ili čak uništava samo sluh, nego i drugi organi i funkcije ljudskog tijela. Posljedice se osjećaju na zdravlju i u zajedničkom životu ljudi.

Jednom izazvano oštećenje sluha zbog buke više se ne može izliječiti, pa je nužno spriječiti ili bar smanjiti utjecaj buke na čovjeka primjenom protumjera tamo gdje ona nastaje. To je jedini učinkovit način zaštite ljudskog zdravlja, a posebice sluha.

S razvojem društva pojavljuje se sve više izvora buke, sa sve višim i višim intenzitetom buke, pa je buka postala jedan od najviše zastupljenih problema u proizvodnji. Buka utječe na čovjeka fizički, psihički i socijalno, pa tako može izazvati [1]:

- oštećenje sluha,
- smetnje pri komunikaciji,
- uznemiravanje,
- umor,
- slabiji rad.

Jaka buka kroz dulje vrijeme može izazvati stalno oštećenje sluha, odnosno organa unutarnjeg uha. Ako dođe do takvog oštećenja - posljedice su trajne i nepopravljive. Rizik oštećenja sluha ovisi o razini buke, vremenu provedenom u bučnom prostoru, ali rizik oštećenja ovisi i od karakteristika buke.

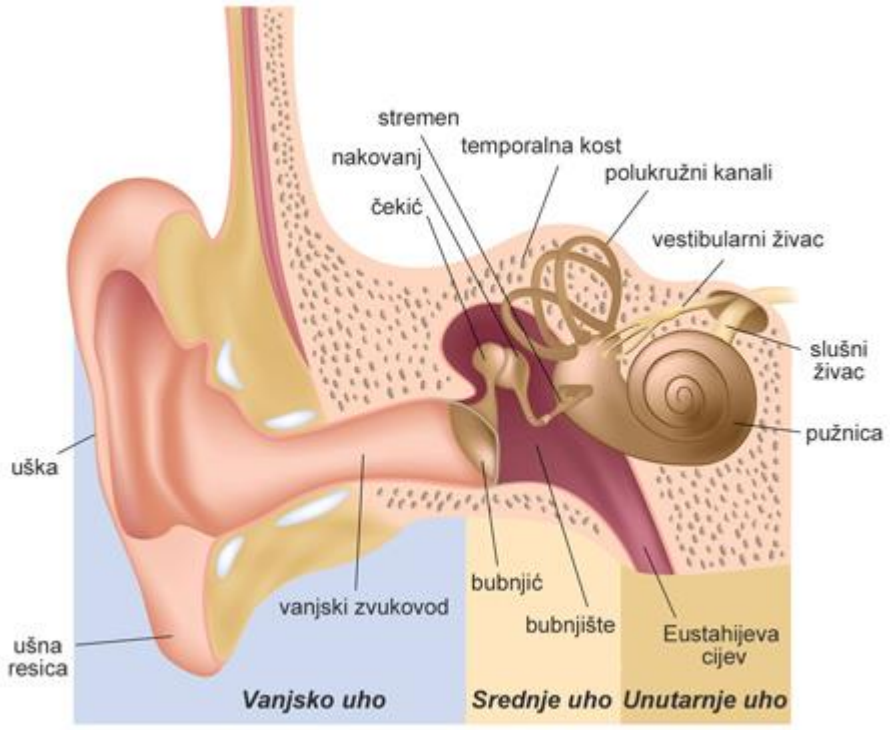
Na organ sluha buka djeluje podraživanjem simpatičkog dijela autonomnog živčanog sustava. Kad buka prijeđe razinu od 60 dB(A), a naročito iznad 80 dB(A), javljaju se simptomi koji su posljedica pojačane funkcije simpatikusa. Ovisno od razine buke reakcije variraju od blagih i prolaznih simptoma do burnih reakcija i trajnih težih oštećenja [2].

Osjetljivost na buku je individualna, jer neki ljudi dožive oštećenja već nakon kratkog vremena izloženosti buci, dok drugi ljudi mogu biti izloženi buci cijeli svoj život, a da pri tome ne dožive nikakva oštećenja.

Nije sasvim jasno koliko se ljudi mogu priviknuti na buku. Iskustvo pokazuje da postoji neki stupanj adaptacije u određenim uvjetima, međutim, u nekim drugim uvjetima takve adaptacije uopće nema ili se čak povećava osjetljivost na buku. Ove pojave ovise o mnogim objektivnim vanjskim faktorima, kao i o mnogim unutarnjim subjektivnim pa prema tome generalizacija nije moguća [3].

Nakon kratkog vremena izloženosti visokoj razini buke, po odlasku u tiši prostor, buku niže razine ne možemo čuti. Ta pojava je privremenog karaktera, te se normalan sluh vraća nakon izvjesnog vremena.

Presjek slušnog organa, uha, dat je na Slici 2.1. Iz slike je vidljivo da se uho sastoji od tri osnovna djela, vanjskog, srednjeg i unutarnjeg uha. Zvuk u uho ulazi kroz ušni kanal i preko dlačica koje se nalaze u unutarnjem uhu, pretvara signal u živčane impulse, koje mozak potom analizira i dekodira [2].



Slika 2.1 Presjek uha [4]

Oštećenja sluha nastaju uglavnom zbog djelovanja posebno jake i dugotrajne buke, a ovise o frekvenciji (visini tona). Pri tom viši tonovi jače oštećuju sluh nego niži.

Pri jakom utjecaju buke zamara se unutarnje uho, što se očituje prolazim pomakom praga čujnosti. Nakon duljeg mirovanja prag, a time i sluh najčešće se vračaju u prvobitno stanje. Radnicima, koji počinju rad u bučnoj okolini, sluh se oporavlja do početka sljedeće radne smjene. Ponovnim izlaganjem buci slušni organi se opet opterećuju i zamaraju. Ponovljeni pomak praga čujnosti nakon završetka smjene postupno se oporavlja, ali to traje satima i samo je djelomično [1].

Periodička naprezanja sluha tijekom jedne smjene trajno umanjuju sposobnost prijema zvučnih signala i govora, što povećava vjerojatnost nastanka nezgode i izaziva promjenu ponašanja i u socijalnom okružju izvan radnog mjesta.

Ponavlja li se utjecaj buke iznova, uho će izgubiti sposobnost obnove tijekom mirovanja između radnih smjena. Nakon prolaznih pomaka praga čujnosti slijedi trajni gubitak sluha ili čak oštećenje slušnog organa. On nastaje zbog uništenja cilijarnih stanica u unutarnjem uhu, koje se ne mogu nadomjestiti ili izliječiti [2].

Trenutno je nemoguće zaustaviti gubitak sluha, postojeći aparati i tehnologija pojačavaju zvučne signale, ali nikada ne mogu vratiti sluh u prijašnji oblik.

Znanstvenici su ipak nakon dugogodišnjih istraživanja uspjeli stvoriti specijalne dlačice iz unutarnjeg uha uz pomoć matičnih stanica. Te dlačice u uhu pretvaraju zvučne vibracije u živčane impulse koje mozak zatim analizira i dekodira. Starenje i izlaganje buci troše ih nezaustavljivo i do sada uopće nije postojao način da ih se zamijeni. Dlačice su u laboratoriju napravljene od uzoraka miševa, ali izgledale su i "ponašale" se kao da su prave pravcate [5].

Ako se pronađe metoda koja bi omogućila primjenu ove tehnike i na ljudske stanice, unutar narednih desetak godina problem gluhoće možda više neće postojati. Osim toga, sad se otvorila i nova mogućnost pronalaska lijeka koji bi poticao rast dlačica u uhu i time spriječio gubitak sluha. Dlačice su napravili u Petrijevoj zdjelici i ovaj uspjeh predstavlja važan korak u razvoju budućih terapija [5].

Buka ne oštećuje samo sluh već i povećava vjerojatnost pojave nezgode. Opterećivanje organizma bukom može uzrokovati funkcionalne poremećaje ljudskog tijela i njegovih regulacijskih sustava, te smetnje u orijentaciji.

Vegetativne reakcije i smetnje u orijentaciji - zbog dugotrajnog izlaganja buci, posebno uz dodatna naprezanja zbog vibracija, rada u smjenama, topline, štetnih materijala, neprirodnog položaja, te intenzivne radne aktivnosti - ugrožavaju zdravlje, a posebno rad srca i krvotoka. Kako sve buka utječe na ljudsko tijelo (osim uha) još je dobrim dijelom nepoznato [1].

Zbog buke ubrzano radi bilo i povisuje se krvni tlak, te sužuju krvne žile. Nakon duljeg trajanja ovi simptomi mogu i dodatno opteretiti srce. Zbog utjecaja buke prekomjerno se izlučuju hormoni i grče mišići. Buka također djeluje na cirkulaciju krvi, izaziva stres i ostale psihološke probleme (Slika 2.2).

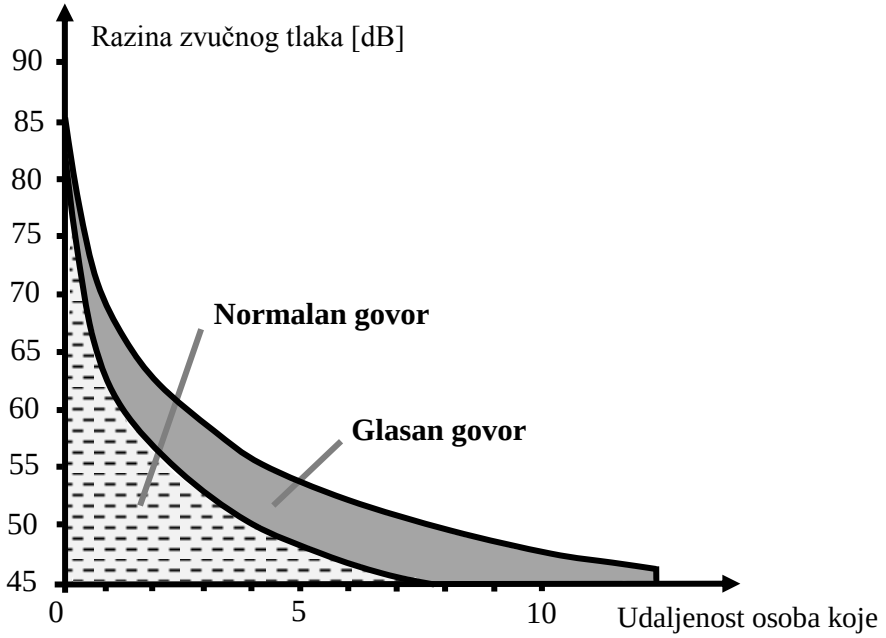
Buka u proizvodnim prostorima je često povezana s drugim problemima, s proizvodnom okolinom, sa zagađenjem zraka; sve to utječe na zdravlje i na raspoloženje čovjeka. Buka je također rizik po sigurnost, jer se otežano ili nikako ne mogu čuti signali upozorenja. Na dalje posljedice izlaganja prevelikoj buci ukazuju i pritužbe radnika na nervozu, nesanicu i zamor. Time su prvenstveno ugroženi sigurnost na radu i radni učinak, a povećava se i broj oboljelih.



Slika 2.2 Negativni utjecaj buke na tijelo čovjeka [1]

Da bi se ostvarila normalna komunikacija, razina buke u radnim prostorijama smije biti najviše od 65 dB(A) do 70 dB(A), jer je npr. na 70 dB(A) teško ostvariti telefonski razgovor [2].

Razina zvučnog tlaka, buke, ovisna je od međusobne udaljenosti osoba koje komuniciraju, a isto se može vidjeti na dijagramskom prikazu (Slika 2.3). Intenzitet govora osobe se mora povećavati u ovisnosti o povećanju međusobne razdaljine osoba koje komuniciraju govorom.



Slika 2.3 Razina buke [2]

Svima nam je poznato iz vlastitog iskustva da je slušna osjetljivost na određene zvukove (npr. glas prijatelja) sve slabija, ako se okolinska buka povećava. Sposobnost izdvajanja nekog posebnog zvuka iz ostatka zvukova ovisi o slušnom limenu, koji se povećava linearno s povećanjem intenziteta zvuka do 80 dB. Međutim, kad je riječ o ljudskom govoru, ne radi se o čistim tonovima. "Poruka" - sadržaj i značenje - ne samo da treba biti "primljena" nego i "shvaćena". Da bi se to postiglo, potrebna je posebna diskriminativna sposobnost sluha. Kritični faktor je ispravno primanje onih suglasnika koji predstavljaju "mekše" zvukove od vokala, jer se izgovaraju s manje energije, pa ih stoga okolna buka lakše maskira [3].

Da bi se ispitala jasnoća govora, može se uzeti kao kriterij razumijevanje slogova. U običnom govoru izgovara se niz besmislenih standardiziranih slogova, pa se bilježi proporcija ispravno razumljivih. Dokazano je daje sasvim moguće razumjeti rečenice i njihovo značenje a da se ne razumiju svi slogovi.

Ako je, međutim, riječ o izmjeni verbalnih informacija, o predmetu koji nije uobičajen, gdje se koriste teško razumljive nove riječi, tada je potreban veći stupanj razumijevanja slogova. Pokazalo se da u ovakvim uvjetima razumijevanje slogova mora biti čak oko 80%, dok razlika između intenziteta glasa i okolinske buke treba iznositi najmanje 20 dB. Postoje i drugi kompleksniji načini da se odredi razumljivost glasa u komunikaciji. Oni uključuju mjerenja i izračunavanja tzv. indeksa artikulacije (AI) ili razine interferencije govora (SIL) ili preferiranog kriterija buke (PNC) [3].

Buka u velikoj mjeri otežava kako izravnu tako i telefonsku komunikaciju. Npr. dvoje ljudi mogu razgovarati normalnom jakošću glasa samo ako su udaljeni do 1,5 metara i to na razini buke od 60 dB(A). U želji da se nastavi konverzacija na udaljenosti od tri metara kada je u pitanju ista razina buka, neophodno je vikati [2].

Ako je razina buke 85 dB(A) ili iznad, neophodno je vikati direktno u uho, da bi se nešto moglo čuti (Slika 2.4).



Slika 2.4 Razina buke iznad 85 dB(A) [2]

Nije lako definirati granice između uznemiravajuće buke i one koja to nije. Prosuđivanje o razini buke zavisi u velikoj mjeri od položaja u odnosu na buku i njen izvor, barem kada je u pitanju umjerena razina buke.

Vrlo niske frekvencije zvučnih valova mogu biti opažene, ako su dovoljno izražene. Takav zvuk se naziva *infrazvuk* i bio je predmet mnogih proučavanja proteklih godina, ali usprkos ovome saznanja o utjecaju na čovjeka su nepotpuna. Međutim poznato je da jak infrazvuk (razina zvuka viša od oko 100 dB na frekvenciji ispod 10 Hz) može utjecati između ostalog i na glavobolju i umor [2].

Zvuk frekvencije iznad vrijednosti koju je moguće čuti (približno 20.000 Hz) ili *ultrazvuk*, nema koliko je poznato, bitnog utjecaja na tijelo pri umjerenoj jakosti. S druge strane, ultrazvuk je važna dijagnostička metoda na polju medicinskih istraživanja unutrašnjih organa [2].

Pronalaženje mjera za smanjenje buke trebalo bi biti namijenjeno ispunjenju bar jednog ili više od navedenih zahtjeva:

- sprječavanje mogućeg oštećenja slušnih organa,
- stvaranje odgovarajuće mirnog radnog okruženja,
- izbjegavanje uznemiravanja treće strane (npr. naseljenih područja).

Prvi od zahtjeva je vrlo izražen. Zaposleni ne smiju biti izloženi buci iznad predviđene razine. Ova razina varira zavisno od države, ali je uglavnom 85 dB za radni dan od 8 sati. Ako je razina buke viša od ovih vrijednosti, nezaštićen radnik ne bi smio raditi cijelo radno vrijeme (od 8 sati). Što je razina buke viša to bi vrijeme izlaganja takvom zvuku trebalo biti kraće. Za buku koja sadrži tonove jedne frekvencije propisana su određena pravila. Često se u literaturi susreće i termin čisti ton, što odgovara tonu samo jedne frekvencije [2].

Napomena: **Čisti ton = ton jedne frekvencije**

Međunarodna organizacija za standardizaciju (ISO) zahtijeva da se na svaka 3 dB povišenja razine buke iznad dozvoljene granice, vrijeme provedeno u bučnom okruženju prepolovi. Ako je za vrijeme od osam sati propisana razina buke od 90 dB(A), onda su npr. 93 dB(A) dozvoljena u vremenskom periodu ne dužem od četiri sata, razini od 96 dB(A) odgovaraju 2 sata, a razini od 115 dB(A) kraće od dvije minute [2].

Dok se mjerama za zaštitu od buke zvuk ne smanji na prihvatljivu razinu, potrebno je koristiti zaštitu za organe sluha. Njihova upotreba bi trebala biti privremeno, a ne trajno rješenje i to samo tamo gdje nije moguće nadzirati izloženost buci drugim sredstvima. Najprije bi trebalo isprobati sve dostupne mjere, jer je upotreba zaštitnih sredstava za organe sluha ograničena na tri slučaja [2]:

- kada dođe do nepredviđenih situacija u radnoj okolini, kao što su npr. zaštita ili popravak nekih strojeva,
- kod provođenja mjera za zaštitu od buke,
- kada buku ne bi trebalo pokušavati smanjiti postojećim sredstvima iz nekih praktičnih razloga.

3. Pojmovi iz akustike

U okviru područja zaštite od buke postoji mnogo stručnih izraza i termina, a neki od akustičkih pojmova koji se najčešće upotrebljavaju opisani su ovdje.

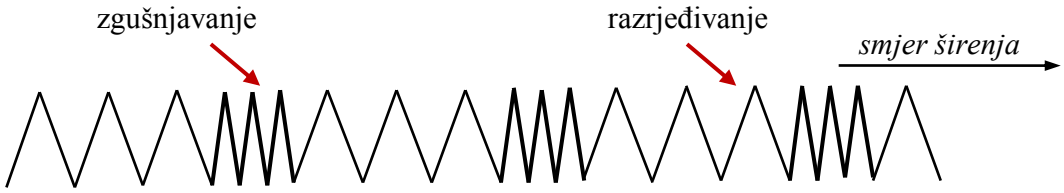
3.1. Zvuk

Zvukom se u užem smislu značenja te riječi naziva sve ono što čujemo, što zamjećujemo sluhom. Prema fizikalnoj definiciji zvuk je titranje u plinovitim, tekućim i krutim elastičnim tvarima. Možemo također reći da se zvuk sastoji od ritmičkog njihanja molekula koje u njihov ravnotežni položaj vraćaju međumolekularne elastične sile [6].

Zvuk se javlja kada izvor zvuka izazove pomicanje najbližih čestica nekog medija i širi se u obliku longitudinalnih valova [2].

Longitudinalne valove možemo promatrati na dužoj opruzi. Ako nekoliko zavoja na početku opruge stisnemo, a zatim ispustimo, zgušnjavanje zavoja brzo će se širiti prema drugom kraju opruge.

Spojimo li jedan kraj opruge s vibratorom koji harmonijski titra usporedno uzdužnoj osi opruge titranje će se prenositi kao zgušnjavanje i razrjeđivanje zavoja opruge i njome će se širiti longitudinalni val (Slika 3.1) [7].



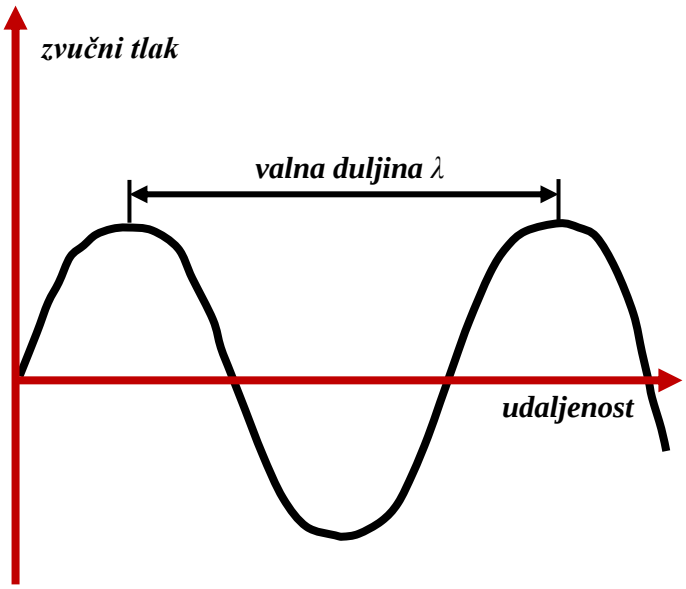
Slika 3.1 Longitudinalni val na opruzi [7]

Longitudinalni valovi su valovi zgušnjavanja i razrjeđivanja medija [2].

Kretanje se postupno širi tim medijem mnogo dalje od izvora zvuka.

Zvuk se kroz zrak širi brzinom od oko 340 m/s. U tekućim i čvrstim stanjima tijela brzina širenja zvuka je veća: 1.500 m/s u vodi i do 5.000 m/s u čeliku [2].

Osnovne karakteristike širenja zvuka prikazane su na Slici 3.2.



Slika 3.2 Osnovne karakteristike širenja zvuka [2]

Najmanja udaljenost između dvije točke istog faznog kuta vala jest **valna duljina**, označava se sa λ, **brzina širenja zvuka** se označava sa c, a **frekvencija zvuka** sa f.

Međusobni odnos navedenih karakterističnih veličina dat je jednadžbom (3.1):

$$c = f \cdot \lambda \ \text{[m/s]} \tag{3.1}$$

Brzina širenja zvuka c u zraku najviše ovisi o temperaturi zraka t i računa se prema jednadžbi (3.2):

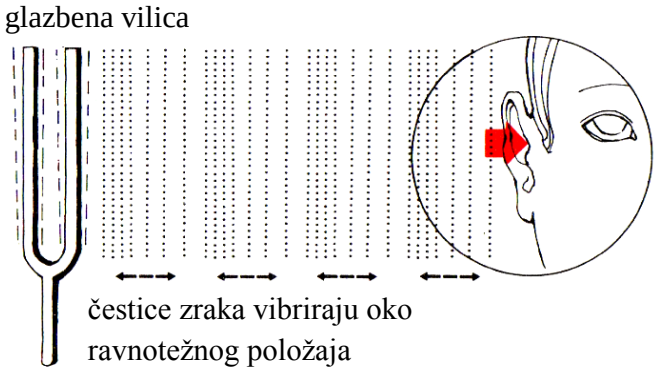
$$c \sim 331{,}4 + 0{,}6 \cdot t \ \text{[m/s]} \tag{3.2}$$

Sa svakim stupnjem opadanja ili porasta temperature brzina se zvuka smanji ili poveća nešto više od pola metra. Pri normalnoj sobnoj temperaturi od 20 °C brzina zvuka u zraku iznosi 343 m/s, a zimi uz temperaturu od - 20 °C padne na 319 m/s [6].

3.2. Buka i tonovi

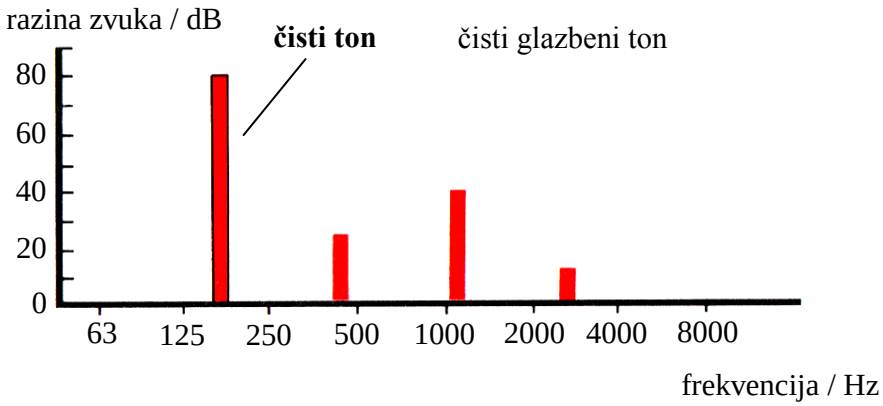
Nepoželjan zvuk se obično naziva bukom [1].

Zvuk se može sastojati od jednog čistog tona, ali u većini slučajeva, sadrži mnogo tonova različitih frekvencija. Primjer klasičnog izvora zvuka je glazbena vilica (Slika 3.3). Glazbena vilica, kao izvor zvuka, nakon pobude vibrira, stvarajući periodične promjene tlaka i pobuđuje bubnjić u uhu da vibrira.

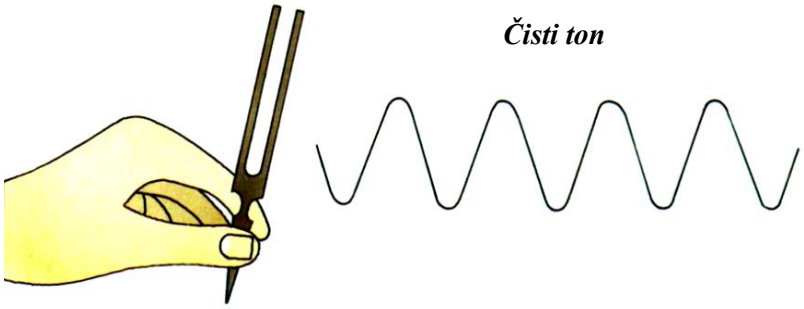


Slika 3.3 Glazbena vilica kao izvor zvuka [1]

Čisti ton je predstavljen kao stupac čiji položaj je odgovarajuća frekvencija, a visina označava intenzitet zvuka. Note u glazbi sadrže mnogo čistih tonova različitih frekvencija i jakosti, različito kombiniranih, što instrumentima daje prepoznatljiv zvuk (Slika 3.4 i Slika 3.5).

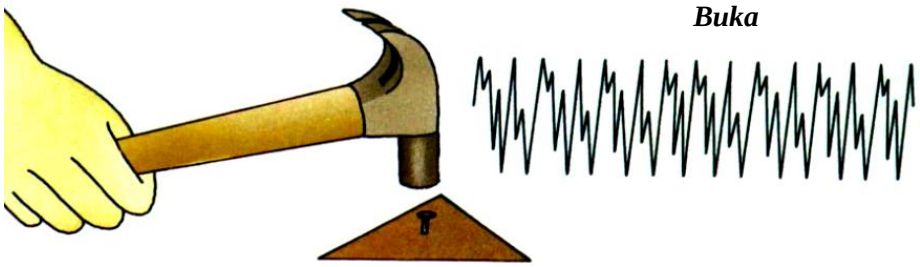


Slika 3.4 Čisti ton i razina zvuka [1]



Slika 3.5 Karakteristika čistog tona [8]

Gibanje zračnog vala zrakom ne zavisi samo od njegovog intenziteta. Frekvencija također utječe na dojam zvuka i što je ona viša, to više iritira ljudsko uho. Na istoj razini zvuka čisti tonovi uznemiruju više od složenih, tj. sastavljenih od mnogo tonova (Slika 3.6).



Slika 3.6 Karakteristika buke [8]

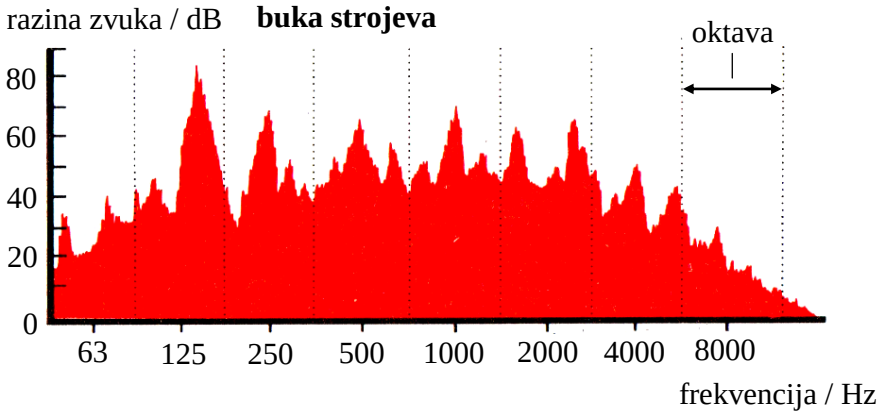
3.3. Frekvencija

Frekvencija zvučnog vala je broj titraja u jedinici vremena (sekundi). Jedinica za frekvenciju je jedan Herc (1 Hz). Definicija: 1 Herc (1 Hz) = jedna vibracija (jedan titraj) u sekundi.

Zvuk se može osjetiti u širokom frekvencijskom području, a područje čujnog zvuka u mladih ljudi nalazi se između 16 Hz i 20.000 Hz. Na niskim frekvencijama čestice zraka titraju polagano i stvaraju niske tonove, a na visokima titraju brzo i stvaraju visoke tonove [1].

Zvuk može biti jednostavan, čist ton, ali najčešće je mješavina većeg broja tonova različite jakosti.

Buka je neravnomjerna mješavina tonova različitih frekvencija (Slika 3.7).

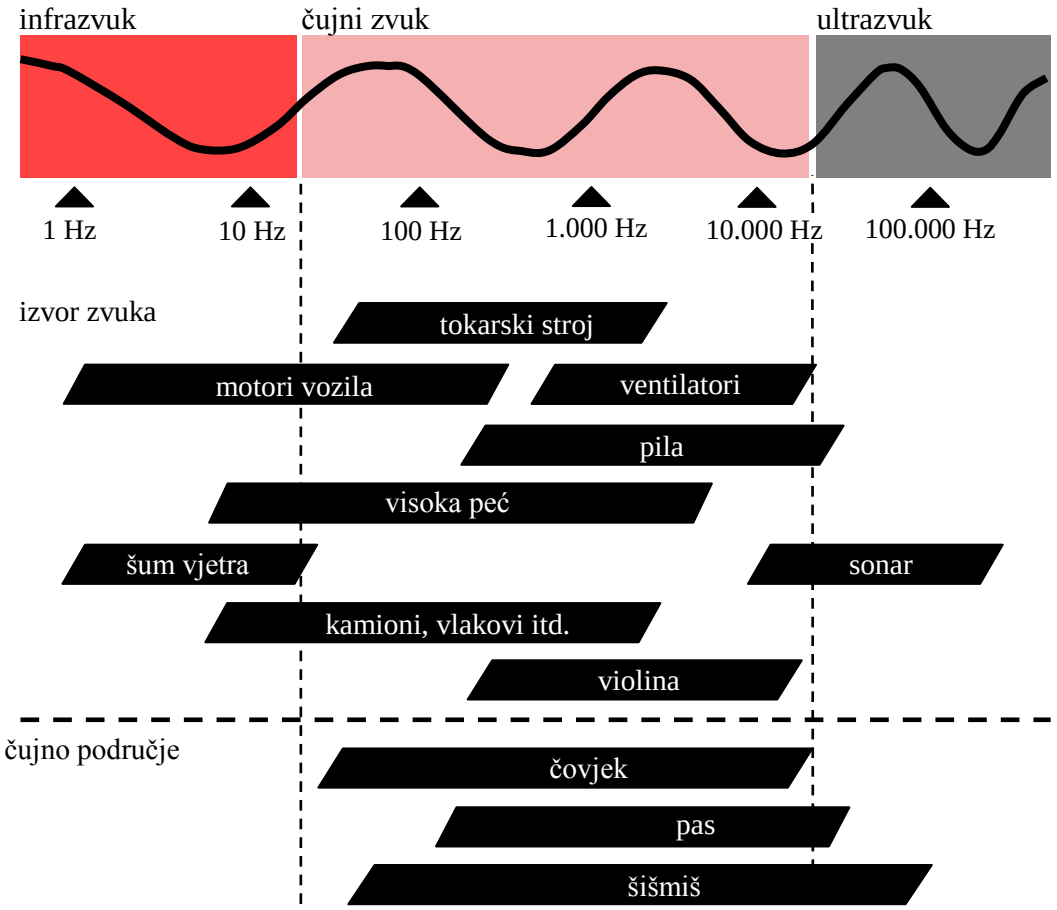


Slika 3.7 Buka - kombinacija tonova različitih frekvencija [1]

3.4. Infrazvuk i ultrazvuk

Zvuk s frekvencijama ispod 16 Hz, koji normalan čovjek ne može čuti, naziva se **infrazvuk**. Zvuk iznad 20.000 Hz, koji je također nemoguće čuti, naziva se **ultrazvuk** [1].

Frekvencijsko područje različitih izvora zvuka (granice čujnog područja zvuka) sa karakterističnim primjerima date su na Slici 3.8.



Slika 3.8 Granice zvuka [1]

3.5. Osnovni akustički pojmovi

3.5.1. Zvučni tlak

Zvučni tlak je poremećaj atmosferskog tlaka uzrokovan zvukom. Ili "Zvučni tlak je izmjenični tlak superponiran atmosferskom tlaku" [6]. Jedinica za izražavanje atmosferskog tlaka, pa tako i za zvučni tlak zove se *paskal* (Pa). Stara jedinica za tlak je bar. Paskal je 10 puta veći od mikrobara [9].

1 Pa = 1 N/m^2

N je jedinica za silu (od Newton). Newton (N) jedinica je sile u MKS sustavu. To je sila koja masi od jednog kilograma daje ubrzanje od 1 m/s^2. Newton je 9,81 puta manja jedinica od kiloponda. Kilopond je stara i zabranjena jedinica [9].

Atmosferski tlak ima oko 10^5 Pa (1.000 hektopaskala), ili 10^6 mikrobara, odnosno 1 bar. Za bar postoji još naziv "atmosfera".

Najmanji zvučni tlak kojega ljudsko uho može zamijetiti (čuti kao zvuk) iznosi oko 0,00002 Pa, ili 2×10^{-5} Pa. Tu je vrijednost međunarodna organizacija za standardizaciju (ISO) odabrala (standardizirala) kao referentnu veličinu - **referentni zvučni tlak** [9].

Najveći zvučni tlak kojega ljudsko uho može podnijeti je milijun puta veći od referentnoga, odnosno 20 Pa (prema $10^6 \times 2\times10^{-5}$).

3.5.2. Zvučni intenzitet

Zvučnim se valom prenosi mehanička energija. Količina energije koja u jednoj sekundi prostruji kroz plohu veličine 1 m^2, okomito postavljenu na smjer širenja zvuka, naziva se **jakost ili intenzitet** zvuka [6]. Prema tome jakost i intenzitet, ovako definirani, postaju sinonimi.

Intenzitet zvuka može se izračunati pomoću poznate veličine zvučnog tlaka i poznatih svojstava medija (zraka) prema jednadžbi (3.3):

$$I = \frac{p^2}{\rho \cdot c} \ [\mathrm{W/m^2}] \tag{3.3}$$

pri čemu je p zvučni tlak, ρ gustoća zraka, a c brzina zvuka.

S obzirom na to da umnožak ($\rho \cdot c$) iznosi oko 410, prva se jednadžba (3.3) može pojednostaviti kao:

$$I = \frac{p^2}{410} \ [\mathrm{W/m^2}] \tag{3.4}$$

Prema jednadžbi (3.4), ako se umjesto *p* uvrsti referentni zvučni tlak, može se izračunati i *referentni zvučni intenzitet*, koji iznosi $9{,}76\times10^{-13}$, odnosno, približno 10^{-12} W/m^2.

Na isti način, uvrstimo li u formulu za intenzitet maksimalnu veličinu zvučnog tlaka kojeg čovjek može podnijeti dobit ćemo zvučni intenzitet od 1 W/m^2.

Treba istaknuti kako je dinamika sluha velika: najmanji i najveći zvučni tlak kojeg uho može registrirati odnose se kao $1 : 10^6$, a zbog toga što intenzitet zvuka ovisi o kvadratu zvučnog tlaka, najmanji i najveći zvučni intenzitet odnose se kao $1 : 10^{12}$ [9].

3.5.3. Zvučna snaga

Snaga zvuka *P* definira se kao količina energije, intenziteta *I* [W/m^2], koja u sekundi prostruji kroz površinu veličine *S* [m^2]. Izražava se watima (W), a računa se kao umnožak intenziteta i veličine površine na kojoj taj intenzitet djeluje, jednadžba (3.5):

$$P = I \times S \ \text{[W]} \tag{3.5}$$

Iz toga proizlazi da se snaga izvora zvuka može izračunati na temelju izmjerenog zvučnog tlaka i podatka o udaljenosti od izvora na kojoj je izmjeren zvučni tlak. O veličini zvučnog tlaka zavisi intenzitet zvuka.

Uz pretpostavku kuglastog širenja (u svim smjerovima) zvučnog vala od izvora do mjesta na kojem se mjeri zvučni tlak, površina na koju se raspoređuje zvučni intenzitet računa se prema formuli za oplošje kugle, radijusa *r*, prema jednadžbi (3.6):

$$S = 4 \cdot r^2 \cdot \pi \ \text{[m}^2\text{]} \tag{3.6}$$

Primjer: Ako npr. želimo znati koju zvučnu snagu mora imati izvor zvuka da na udaljenosti od 5 metara može proizvesti zvučni intenzitet od 1 W/m^2, treba najprije izračunati koja je površina oplošja kugle radijusa 5 m:

$$S = 4 \cdot 5^2 \cdot \pi = 100 \cdot \pi = 314 \ \text{[m}^2\text{]}$$

Prema tome, izvor zvuka mora ima ti snagu od 314 W, (prema 314 x 1) da na udaljenosti od 5 metara djeluje intenzitetom zvuka od 1 W/m^2 [9].

3.5.4. Decibel

Decibel se definira kao veličina koja predstavlja logaritam odnosa dvaju intenziteta. Zapravo, tako definirana veličina je *bel* (prema Grahamu Bellu izumitelju telefona), a prikladnija, deset puta manja jedinica zove se decibel (dB). Broj decibela izračunava se prema (3.7):

$$n = 10 \log\left(\frac{I_1}{I_2}\right) \text{ [dB]} \tag{3.7}$$

gdje n predstavlja broj decibela, a I_1 i I_2 su bilo koja dva intenziteta zvuka.

Na taj način dinamika slušnog polja, odnos najjačeg i najslabijeg zvuka kojega čovjek može čuti, od odnosa 10^{12} : 1 svodi se na 120 dB prema:

$$n = 10 \log\left(10^{12}/1\right) = 120 \text{ [dB]}$$

Prema tome, ako se dva intenziteta (ili dvije snage) zvuka odnose kao 2 : 1, u decibelima izraženo to predstavlja odnos od 3 dB prema:

$$n = 10 \log\left(2/1\right) \approx 3 \text{ [dB]}$$

zato što je log 2 oko 0,3.

Na isti način, 10 puta veći intenzitet predstavlja 10 dB, 100 puta veći 20 dB itd.

Budući da je decibel definiran preko odnosa intenziteta, a intenzitet zvuka ovisi o kvadratu zvučnog tlaka, u slučaju kad se u decibelima želi izraziti odnos dvaju zvučnih tlakova, formula poprima oblik (3.8):

$$n = 20 \log\left(\frac{p_1}{p_2}\right) \text{ [dB]} \tag{3.8}$$

Zbog toga dvostruki intenzitet predstavlja povećanje intenziteta od približno 3 dB, a dvostruki zvučni tlak predstavlja povećanje zvučnog tlaka od 6 dB [9].

3.6. Razina zvučnog tlaka

Zvučni je tlak veličina koja opisuje zvučno polje, pa je kvadrat zvučnog tlaka proporcionalan zvučnoj energiji. Uzevši to u obzir, dobiva se izraz za **razinu zvučnog tlaka L_p,** jednadžba (3.9) [2]:

$$L_p = 10 \lg \frac{p^2}{p_o^2} = 20 \lg \frac{p}{p_o} \text{ [dB]} \tag{3.9}$$

gdje je:

p - promatrani zvučni tlak (Pa),

***p_o* = 20 μPa** - referentni zvučni tlak za zvuk u zraku.

3.7. Mjerenje intenziteta zvuka

Prilikom mjerenja razine zvuka upotrebljava se instrument koji donekle imitira osjetljivost uha na zvukove različitih frekvencija. To se ostvaruje ugradnjom filtra u instrument s frekvencijskim odgovorom sličnim onome u uhu. Taj filtar se naziva A-filtar i njegova je frekvencijska karakteristika propisana međunarodnim normama. Postupak mjerenja razine zvuka ovim filtrom naziva se A-vrednovanje, a jedinica koja se pri tom koristi je decibel-A (dB(A)).

3.8. Ekvivalentna razina zvučnog tlaka ($L_{Aeq, T}$)

Zvuk koji potječe iz izvora buke često široko varira tijekom određenog vremenskog razdoblja. Energijska srednja vrijednost se može izmjeriti, a to je ekvivalentna razina zvučnog tlaka ($L_{Aeq, T}$). Ova vrijednost je ekvivalent kontinuiranoj razini zvuka koju bi imao mjerni zvuk kroz cijelo vrijeme mjerenja T [2].

U najvećem broju praktičnih slučajeva nailazimo na više ili manje promjenjivu razinu buke. Najvažnija veličina za izražavanje vremenski promjenjive buke jest **ekvivalentna razina buke.** Po definiciji to je razina one stalne buke koja bi tijekom određenoga vremena jednako djelovala na čovjeka kao promatrana promjenjiva buka [10].

Ekvivalentna razina buke računa se pomoću jednadžbe (3.10) [2]:

$$L_{Aeq,T} = 10\lg\left[\frac{1}{T}\int_0^T \frac{p_A^2(t)}{p_o^2}dt\right] = 10\lg\left[\frac{1}{T}\int_0^T 10^{0,1L_A(t)}dt\right] \text{ [dB(A)]} \qquad (3.10)$$

gdje je:

T - vrijeme mjerenja,

$\boldsymbol{p_A(t)}$ - trenutna vrijednost zvučnog tlaka vrednovanog po krivulji A,

$\boldsymbol{L_A(t)}$ - vremenska funkcija promjenjive A-razine,

$\boldsymbol{p_o}$ = 20 μPa.

Ekvivalentna razina buke mjeri se zvukomjerima s integriranjem i usrednjavanjem čija su svojstva normirana. Kod određivanja ekvivalentne razine buke najčešće se primjenjuje vremensko vrednovanje **"FAST"**.

Kada se izloženost buci može podijeliti u nekoliko vremenskih intervala $\boldsymbol{t_i}$ s praktički stalnom razinom buke, ekvivalentna se razina buke određuje prema jednadžbi (3.11) [10]:

$$L_{Aeq} = 10\lg\left[\frac{1}{T}\sum_{i=1}^{n}(t_i \cdot 10^{0,1L_{Ai}})\right] \text{ [dB(A)]} \qquad (3.11)$$

gdje je:

$\boldsymbol{T}=\sum \boldsymbol{t_i}$ - ukupno vrijeme izloženosti buci,

$\boldsymbol{L_{Ai}}$ - srednja A-razina buke u vremenskom intervalu $\boldsymbol{t_i}$,

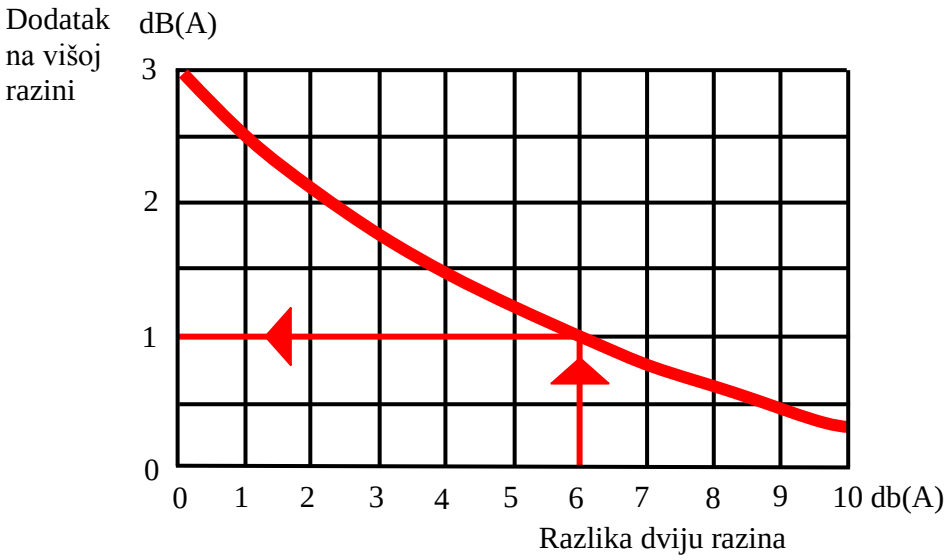
n - broj vremenskih intervala.

3.9. Rezonancija

Rezonancija je pojava pojačanja titranja pri pobuđivanju frekvencijom jednakom ili približno jednakom vlastitoj frekvenciji pobuđenog sustava. Takvi rezonantni titraji mogu izazvati lom sastavnih dijelova strojeva, a u pravilu ih prati i jako zračenje zvuka, pa ih se nastoji izbjeći npr. promjenom pobudnih frekvencija [1].

3.10. Buka iz nekoliko izvora

Buka iz različitih izvora se kombinira i tako proizvodi razinu zvuka višu od bilo kojeg pojedinačnog izvora. Dva izvora zvuka jednake jakosti zajedno proizvode razinu jakosti zvuka koja je za 3 dB viša od razine pojedinačnog izvora, a 10 izvora proizvode za 10 dB višu razinu zvuka. Primjećuje se da vrijednost u decibelima nije direktno sumirana, već su to logaritamske vrijednosti (Slika 3.9).



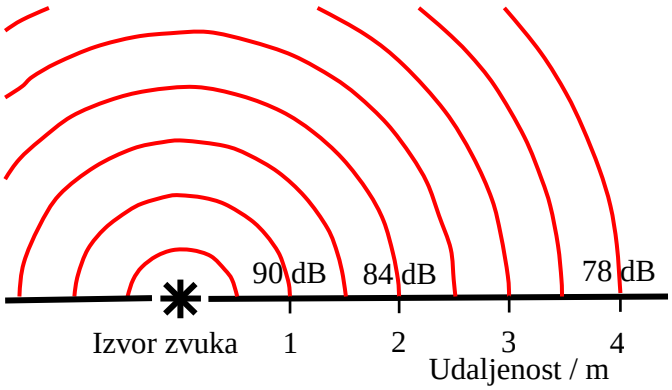
Slika 3.9 Zvuk iz dva izvora [1]

Primjer: Jedan ventilator proizvodi 50 dB prilikom mjerenja na određenoj lokaciji, a drugi daje 56 dB, također na istoj lokaciji. Razlika je stoga 6 dB, gledano po dijagramu trebalo bi dodati 1 dB višoj razini. Stoga oba izvora djelujući zajedno, proizvode zvuk razine 57 dB.

3.11. Smanjenje zavisno od udaljenosti

Razina zvuka koji se širi od točkastog izvora otvorenim zračnim prostorom snižava se za 6 dB za svako udvostručenje udaljenosti od izvora zvuka. Zvuk koji se širi u zatvorenom prostoru smanjuje se manje od gore spomenutog, zbog odbijanja od zidova (odjeka).

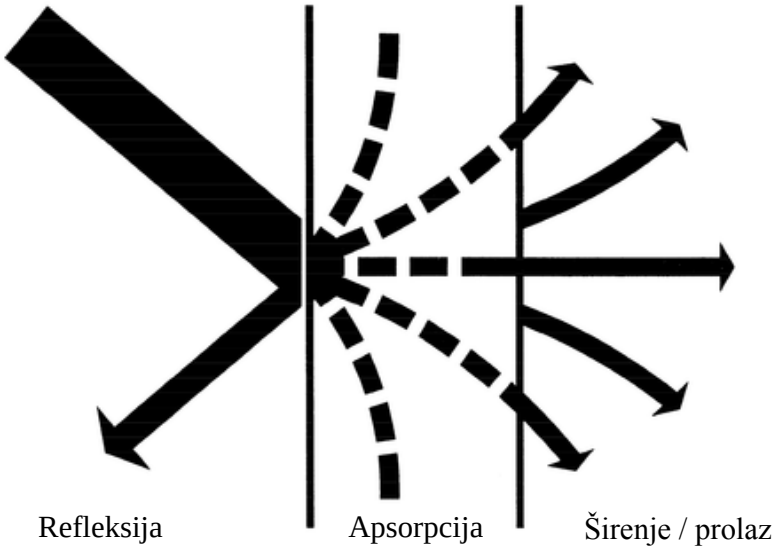
Primjer: Mali izvor zvuka, točkasti izvor koji zrači slobodno u otvoreni prostor oko sebe, proizvodi zvuk od 90 dB na 1 metar. Razina zvuka na 2 metra će stoga biti 84 dB, na 4 metara će biti 78 db, itd. (Slika 3.10).



Slika 3.10 Točkasti izvor zvuka [1]

3.12. Zvučna izolacija i indeks zvučne izolacije

Kada se zvuk sudari sa zidom ili nekom pregradom, samo mali dio zvučne energije prolazi, dok se većina uglavnom odbije od podloge. Zid sa zvučnom izolacijom 10 dB dozvoljava protok od samo 10% energije zvuka, 20 dB dozvoljava 1%, 30 dB dozvoljava 0,1% itd.). Prikaz sudara zvuka sa zidom prikazan je na Slici 3.11. Na slici se vidi dio zvuka, koji pada na zid, te se reflektira, drugi dio se apsorbira, a treći prolazi kroz zid.



Slika 3.11 Upad zvuka [1]

Indeks zvučne izolacije određuje se kao odnos jakosti reflektiranog prema jakosti zvuka jakosti zvuka koji je prošao kroz zid. Iskazuje se decibelima [1].

3.13. Zvučna apsorpcija i apsorberi

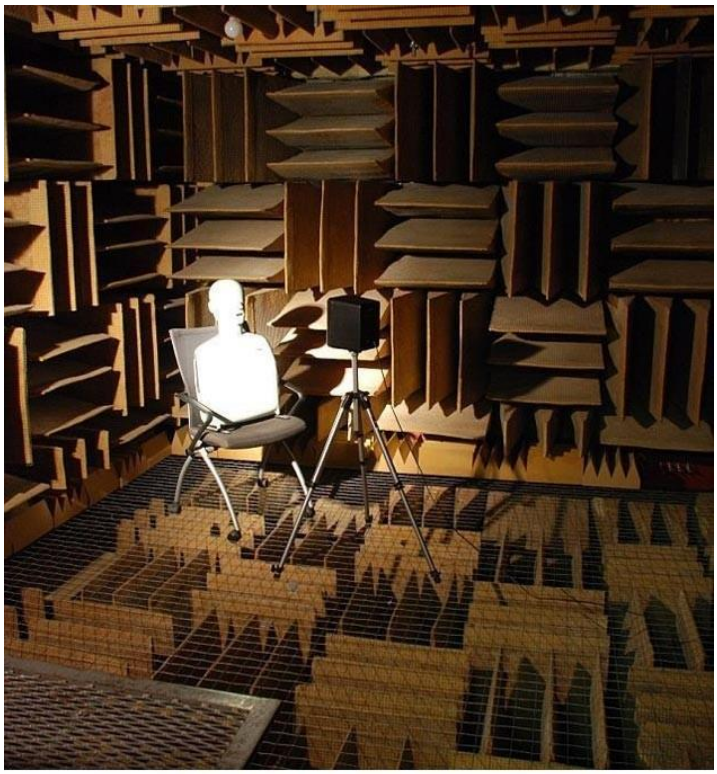
Zvučna energija se apsorbira kada god zvuk naiđe na porozan materijal. Veličina apsorpcije ovisi o vrsti materijala apsorbera. Porozni materijali (spužva, mineralna vuna) posebno jako apsorbiraju zvuk. **Apsorberi** su materijali koji su namijenjeni apsorpciji zvuka [2].

Apsorberi obično apsorbiraju 50 do 90% dane zvučne energije, zavisno od njegove frekvencije. Ako je prostorija povećano odječna, tada je u pitanju nedovoljna apsorpcija, ukupna razina zvuka bilo gdje u prostoriji tada može biti visoka, skoro kao u blizini izvora zvuka [1].

3.14. Gluha komora

Terminološki pod pojmom gluhe komore podrazumijeva se prostorija koja je obložena visoko apsorpcijskim materijalima. Na taj način je u potpunosti eliminirana bilo kakova mogućnost reflektiranja zvučnih valova koji nastaju od izvora zvuka koji je smješten u samoj komori. Prikaz gluhe komore vidljiv je na Slici 3.12.

Elementi od visoko apsorpcijskih materijala moraju biti tako postavljeni unutar prostorije da se dobije željeni efekt eliminacije bilo kakove refleksije zvučnih valova.



Slika 3.12 Izgled gluhe komore [11]

4. Buka u proizvodnom prostoru

Kada govorimo o buci u proizvodnom prostoru, tada se podrazumijeva da je to buka koju stvara radi proces u proizvodnji. Proizvodnja je stvaranje jednog proizvoda kroz jedan ili više procesa s ciljem da se proizvod proda. Zaštita od buke u proizvodnom prostoru svodi se prvenstveno na tehničke mjere. Kad je god to moguće valja prikladnom konstrukcijom radnih prostorija smanjiti buku. Potrebno je izolirati strojeve koji su izvor buke. Podlaganje ležišta strojeva gumom također može smanjiti buku koju oni proizvode kad su u pogonu. Oblaganje zidova radnih prostorija šupljikavim materijalima smanjit će odbijanje zvučnih valova od zidova radne prostorije i tako znatno sniziti razinu buke. Ako sve to nije dovoljno da snizi buku na neškodljivu razinu, radnici moraju koristiti osobna zaštitna sredstva [2].

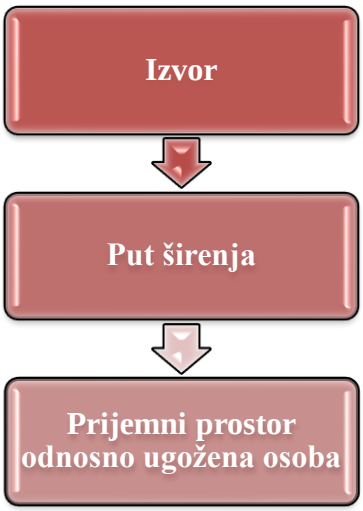
Sredstva za zaštitu sluha izrađuju se u obliku čepova od gume, voštanog pamuka ili plastike, a umeću se u vanjski zvukovod. Bolja zaštita se postiže nošenjem naušnjaka, jer oni djelomično utječu i na koštanu provodljivost, premda su manje praktični pa ih radnici nerado nose. U slučajevima vrlo visoke razine buke, pogotovo ako je u kombinaciji s vibracijama koriste se i zaštitne kacige.

Nažalost, mnogi radnici ne prihvaćaju nikakvu vrstu osobnih sredstava zaštite od buke. Njihova glavna pritužba je "akustična izolacija". Radnici se boje da im ne promakne neka bitna informacija iz okoline. Ovo, dakako, ne odgovara istini u zvučnoj okolini iznad 85 dB(A), gdje radnici brzo nauče kako razumjeti jedan drugoga i ne propustiti značajne informacije iz radne okoline. Korištenje sredstava osobne zaštite od buke trebalo bi poticati ukazujući na interes samih radnika [3].

Uz sprječavanje profesionalnog oštećenja sluha i drugih zdravstvenih tegoba koje izlaganje preko mjernoj buci izaziva, vrlo je važno ispitivanje stanja sluha prilikom zasnivanja radnog odnosa, a nakon toga redovitog nadzora u zakonski reguliranim vremenskim intervalima. Osobe kod kojih se ustanovi početna akustička trauma treba neodložno zaštititi, bilo premještanjem na radno mjesto izvan izloženosti buci, bilo dosljednom primjenom osobnih zaštitnih sredstava.

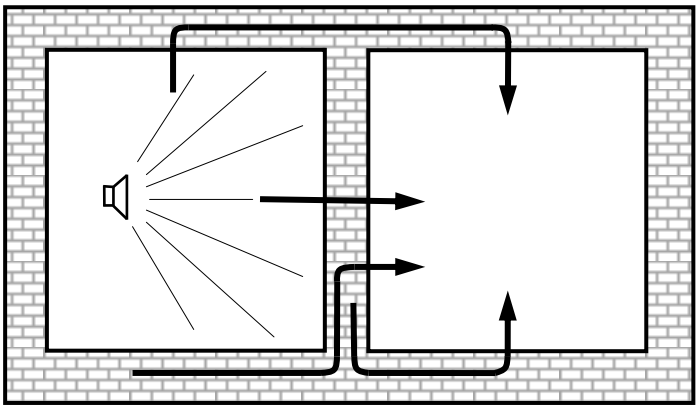
Rješenja zaštite od buke mogu se postići samo sustavnim akustičkim planiranjem uzevši u razmatranje sve relevantne činioce vezane za neku određenu situaciju. Uspješna zaštita od buke obično je vrlo složena zadaća i za nju ne postoji neki univerzalni recept.

U svakom slučaju optimalno rješenje valja tražiti uključivanjem akustičkog projekta u što raniju fazu projektiranja ili rekonstrukcije nekog objekta, pogona, postrojenja i sl. i unošenjem akustičkih principa u sve daljnje faze do konačne provjere izvedbe i eventualno poduzimanja dodatnih zahvata. Na taj način može se uz prihvatljive troškove postići prihvatljivo stanje buke. Svaki problem zaštite od buke može se prikazati kao sustav koji se sastoji od tri osnovna dijela:



Slika 4.1 Sustav zaštite od buke u proizvodnom prostoru [2]

Na svakom elementu akustičkog sustava može se primijeniti neka od mjera za smanjenje buke. Što će se primijeniti ovisi o rezultatima optimizacije, kojom se željeni učinak dobiva uz što manje troškove i gubitke. Kada se radi na smanjenju buke u proizvodnom prostoru, uvijek se mora uzeti u obzir činjenica da se zvuk širi i zrakom i čvrstom strukturom bez obzira da li je nastao u zraku ili mu je izvor neki stroj ili drugo tijelo. Zvuk proizveden u jednoj prostoriji ne prolazi u susjednu samo kroz razdjelni zid već, kao što je prikazano na Slici 4.2, i drugim putovima. Većina izvora zvuka proizvodi i zračnu i strukturnu komponentu zvuka u isto vrijeme. U cilju da se postigne zadovoljavajući rezultat, mora se postupati po određenim mjerama za zaštitu od buke.



Slika 4.2 Iz jedne prostorije u drugu zvuk prolazi ne samo izravno kroz pregradni zid već i zaobilaznim putovima [6]

4.1. Opće mjere zaštite od buke u proizvodnom prostoru

Prije svih napora pri zaštiti od buke u proizvodnom prostoru, mora biti dogovoreno koja je to ciljana razina buke. Mora biti utvrđena najviša razina buke koju proizvodi bilo koji stroj u prostoriji. Podaci u tablici bi trebali poslužiti kao smjernica. Nije obvezno stalno strogo pridržavanje ovih brojevnih vrijednosti u budućnosti, ali svakako je poželjno njihovo dostizanje nakon određenog vremena; nakon toga bi trebalo razmotriti rezultat i ako je potrebno sniziti ove vrijednosti (Tablica 4.1).

Proces proizvodnje u proizvodnom prostoru, obavlja se u organizacijskom dijelu koji se najčešće naziva proizvodni pogon. Proizvodni pogon čine radna mjesta, opremljena sredstvima rada i čovjekom kao izvršiteljem.

U proizvodnim pogonima (radnim prostorima) s teško rješivim problemom buke, neophodno je postupno rješavati problem, snižavajući razinu buke u više faza. Promatrajući sustavno postojeću situaciju u vezi s bukom može se dobiti temeljna slika o njenoj razini i širenju.

Potreba za zaštitom od buke uglavnom zavisi, prije svega, od načina proizvodnje i tehnika koje se upotrebljavaju. Buka često dolazi iz više izvora (npr. od strojeva u proizvodnji i od samog procesa obrade materijala) kao i rezidualna buka (npr. ventilacije, kompresora, pumpi za cirkulaciju) dakle iz strojeva koji nisu smješteni direktno u radnom prostoru.

Tablica 4.1 Primjeri preporučenih razina buke u proizvodnom prostoru [2]

Vrsta prostorije	Razina buke u dB(A)
Sala za konferencije	35
Ured	40
Radna kancelarija, ostatak prostorije	45
Laboratorij, prostorija za mjerenja i nadzor	50
Kantina	50
Garderoba	55
Radionica	60
Područje proizvodnje	75
Prostorija s kompresorima i drugim strojevima, gdje nisu ljudi	90

Kada prosuđujemo o riziku gubitka sluha na radnom mjestu, svi izvori buke koji inače rade trebaju raditi i tijekom mjerenja buke. S druge strane, u cilju da se donesu odluke u vezi s individualnim izborom mjera za zaštitu od buke na najbolji mogući način, svaki stroj i bučan proizvodni proces trebao bi se mjeriti odvojeno. Shodno tome trebalo bi provjeravati i one radne procese i strojeve koji uzrokuju najveću buku. Ovi načini mjerenja su dobra osnova za prosuđivanje da li je zaštita od buke neophodna i moguća za izvođenje.

Buka koja dopire iz pozadine često doprinosi ukupnoj buci. Svaki put kada se u proizvodnom pogonu pojavi izvor buke, razina buke se poveća do nekog stupnja, iako se može desiti da razina buke koju proizvodi novi stroj bude relativno niska.

Vrlo je bitno da osobe koje budu poduzimale mjere za zaštitu od buke ili snose odgovornost, razgovaraju o tom pitanju s nekim tko je odgovoran za sigurnost i zaštitu ili s radnicima koji su prisutni u radnom procesu. Oni obično imaju temeljno znanje u vezi s opremom u proizvodnji i često mogu doprinijeti dobrim praktičnim idejama u cilju napretka.

Da bi izabrali one mjere za zaštitu od buke, koje su najefikasnije s obzirom na cijenu, potrebna je tablica različitih mjera koje se primjenjuju na raznim tipovima strojeva i instalacija. Tako bi se u zavisnosti od troškova, moglo točno znati koliko će se moći uraditi na učinku prigušivanja buke.

Pojedina radna mjesta raspoređuju se u prvome redu prema zahtjevima proizvodnog procesa i toku materijala. Dosad se nažalost nije često koristila mogućnost ciljanog utjecaja na raspored radnih mjesta s akustičkog stajališta još u fazi projektiranja proizvodnih pogona, iako je to presudno za kasniji utjecaj buke na radnim mjestima.

Prilikom planiranja novih projekata, svaki projekt bi trebalo opisati i predstaviti u nekoliko najosnovnijih crta, uključujući i [2]:

1. Promjene na strojevima koje bi utjecale na smanjenje razine generirane buke.
2. Promjena opreme u cilju izbjegavanja iznenadnih udara prilikom proizvodnje i obrade materijala.
3. Oklapanje bučnih strojeva ili njihovih dijelova.
4. Ugrađivanje prigušivača u strojeve, odvode i plinovode, kao i ventilacijske cijevi.
5. Podizanje zastora, pregrada i obloga za apsorpciju zvuka.

Mogući rezultati primjene različitih mjera za zaštitu od buke u proizvodnom prostoru su sljedeći [2]:

1. Postavljanje izolatora na strop ili krov hale će smanjiti buku za 3 dB do 5 dB; u izuzetnim slučajevima moguće je postići i smanjenje do 10 dB.
2. Prigušenje vibracija malih proizvodnih strojeva primjenom određenih materijala može smanjiti buku od 3 dB do 10 dB.
3. Tvornički proizvedeni zaštitni paravani mogu smanjiti utjecaj buke za 5 dB do 15 dB.
4. Pukotine kroz koje prolaze cijevi u zidovima, kao i druge pukotine između zidova, pregrada i drugih raznih ograda, povećavaju broj mogućnosti za smanjenje buke, zato je neophodno dobro i pažljivo zatvoriti pukotine.

Uvijek je potrebno tražiti podatke o materijalu i njegovoj cijeni od dobavljača prije donošenja odluke o vrsti aktivnosti koji se namjerava poduzeti. Postoji nekoliko činjenica koje utječu na izbor [2]:

1. Razina buke u proizvodnom pogonu (prioritet je smanjiti buku koja može oštetiti sluh).
2. Praktična pitanja u vezi s izvođenjem posla.
3. Broj osoba koje imaju korist od poboljšanja.
4. Cijena odabranih usluga.

Ponekad je teško presuditi između ovih činjenica, ali dugoročno planiranje bi trebalo osigurati ispunjenje svih zahtjeva za dobrom radnom sredinom u svim segmentima. Kada se planira veliki broj projekata, neophodan je raspored koji opisuje svaki projekt i vrijeme do kojeg bi trebao biti završen.

Plan akcije je neophodan da bi se znalo kada će se strojevi izuzeti iz proizvodnje da bi se na njima uradila neka poboljšanja, kada će biti postavljeni apsorberi zvuka, kada će radno osoblje moći nastaviti s dužnostima itd.

Pravilnikom o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (NN 145/04) propisane su najviše dopuštene razine buke i one su prikazane u Tablici 4.2. Taj je pravilnik donijelo Ministarstvo zdravstva i socijalne zaštite na temelju članka 1. stavka 2. Zakona o zaštiti od buke (NN 30/09), a naveden je u Prilogu br. 1.

Tablica 4.2 Najviše dopuštene razine buke (NN 145/04) [12]

Zona	**Namjena prostora**	**Najviše dopuštene ocjenske razine buke u otvorenom prostoru imisije L_{RAeq} u dB(A)**		**Najviše dopuštene ocjenske razine buke u zatvorenom prostoru imisije L_{RAeq} u dB(A)**	
		dan (L_{dan})	**noć ($L_{noć}$)**	**dan (L_{dan})**	**noć ($L_{noć}$)**
1.	Zona namijenjena odmoru, oporavku i liječenju	50	40	30	25
2.	Zona namijenjena samo stanovanju i boravku	55	40	35	25
3.	Zona mješovite, pretežito stambene namjene	55	45	35	25
4.	Zona mješovite, pretežito poslovne namjene sa stanovanjem	65	50	40	30
5.	Zona gospodarske namjene (proizvodnja, industrija, skladišta, servisi)	- Na granici građevne čestice unutar zone - buka ne smije prelaziti 80 dB(A) - Na granici ove zone buka ne smije prelaziti dopuštene razine zone s kojom graniči		40	30

Nadležno tijelo državne vlasti za utvrđivanje minimalno-tehničkih uvjeta i drugih propisanih uvjeta za obavljanje djelatnosti ne može izdati rješenje o ispunjavanju navedenih uvjeta ako tijelo državne uprave nadležno za poslove sanitarne inspekcije rješenjem ne utvrdi da su provedene mjere za zaštitu od buke [13].

5. Mjerenje buke u proizvodnom prostoru

Mjerenjem buke u proizvodnom prostoru dobivaju se važni podaci za akustičko projektiranje ili planiranje mjera za smanjenje buke. Razina buke očitana na zvukomjeru daje, međutim, samo grubu informaciju o tome koliko je prisutna buka štetna za osobu, a posebno za njen sluh i tek šturu informaciju o tome, koje su mjere nužne da bi se ona smanjila.

Za provedbu pouzdanih mjerenja i u složenim situacijama nužna je temeljita naobrazba i iskustvo u uporabi akustičkih mjernih instrumenata. U velikom broju slučajeva osnovni uvid može se dobiti već i jednostavnim mjernim instrumentima i metodama.

Danas postoje normirane metode mjerenja buke i kriteriji za ocjenjivanje buke, te sofisticirani mjerni instrumenti. Sve se to stalno unaprjeđuje. Razrađuju se sve pouzdanije metode predviđanja i preračunavanja razina buke. Nagli razvoj informatičke tehnologije i računala omogućava brzo i pouzdano proračunavanje, analize i optimiziranje primjene različitih mjera i postupaka zvučne zaštite. Istodobno se stalno poboljšavaju značajke zaštitnih konstrukcija i materijala.

5.1. Propisi i norme s obveznom primjenom

Mjerni instrumenti i metode izabrani su na osnovi postojećih normi. Norme, među ostalim, sadrže propise o karakteristikama instrumenata, mjernim postupcima određivanja zvučne snage različitih tipova strojeva, te propise za obradu rezultata mjerenja. Propisima i normama definira se prihvatljivo stanje buke za svaku konkretnu sredinu na temelju postavljenih kriterija kao što su zaštita sluha i zdravlja uopće, utjecaj na zamor i na proizvodnost rada, čujnost zvučnih signala, razumljivost govora, potrebu za mentalnim usredotočenjem, odmorom, rekreacijom i mirnim snom. Propisi su, međutim, uvijek određeni kompromis između humanih zahtjeva i tehničkih, te ekonomskih mogućnosti. Srž propisa sadržana je u obvezi poslodavca da primjeni tehničke mjere za sniženje razine buke, kako bi se smanjilo i ograničilo izlaganje buci u proizvodnom prostoru, odnosno na radnome mjestu, tj. na mjestima gdje buka prodire.

U našoj je zemlji problematika zaštite od buke regulirana Zakonom o zaštiti od buke (NN 30/09), koji je stupio na snagu u veljači 2009. godine, te Pravilnikom o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (NN 145/04).

Pravilnikom je uvedena obvezna primjena sljedećih normi [12]:

- HRN ISO 1996 - Dio 1 i 2 (en), Akustika - Opis, mjerenje i utvrđivanje buke okoliša:
  1. dio: Osnovne veličine i postupci (HRN ISO 1996-1:2004, ISO 1996-1:2003);
  2. dio: Određivanje razina buke okoliša (HRN ISO 1996-2:2008, ISO 1996- 2:2007).
- HRN EN ISO 9612:2010 (en), Akustika - Određivanje izloženosti buci na radu (EN ISO 9612:2009).
- HRN EN 60804 (en), Zvukomjeri s integriranjem i usrednjavanjem.

5.2. Razlozi mjerenja buke u proizvodnom prostoru

Prilikom izbora postupka za zaštitu od buke u proizvodnom prostoru ili zauzimanje stava u vezi s bukom projektirane tehnologije, prvi bitan korak su mjerenja i proračuni. Bez budućih proračuna ili planiranja iz postojećih proračuna koji ukazuju na stanje buke, objektivne odluke o potrebi zaštite od buke ne mogu biti donesene, niti se može suditi o njihovoj djelotvornosti.

Zbog različitih karakteristika buke i odgovarajućih tehnika mjerenja i proračunavanja, velika pažnja se posvećuje izboru tipa mjerenja kao i njegovom izvođenju. Razina zvučnog tlaka koja se dobiva zvukomjerom ne daje uvijek dovoljno informacija na osnovi kojih bi se procijenila štetnost po sluh ili koje bi mogle služiti kao polazište za planiranje programa zaštite od buke.

Potrebno je i iskustvo i specijalna praksa, da bi se moglo vršiti mjerenje u kompliciranim situacijama. Međutim, u većini slučajeva dovoljno je upotrijebiti neke osnovne tehnike mjerenja, kao i obični zvukomjer.

Postoji mnogo razloga za izvođenje mjerenja buke u proizvodnom prostoru.
Najčešći su [2]:

1. Da bi se odredilo da li su razine zvuka dovoljno visoke da bi uzrokovale trajno oštećenje sluha, trebalo bi se više istraživati razinu zvuka koja prelazi 80 dB(A) u toku osmosatnog radnog vremena.
2. Primjena najosnovnijih mjera za zaštitu od buke na strojevima i opremi.
3. Određivanje zvučne emisije iz svakog stroja, da bi se npr. tako dobivene vrijednosti usporedile s onima iz garancija stroja i opreme.
4. Osiguranje okoliša od prekomjerne buke (npr. stambenih četvrti).

Instrumenti i metode za mjerenje bi trebali odgovarati normama koje se odnose na adekvatnu vrstu tehnike koja će se primijeniti. Norme obuhvaćaju zahtjeve za mjerne instrumente, načine mjerenja buke za različite tipove strojeva i proračunavanje smetnji koje uzrokuje buka, kao i drugih štetnih učinaka. Najvažnije međunarodne norme su one objavljene od strane IEC (Međunarodna elektrotehnička komisija) i ISO (Međunarodna organizacija za standardizaciju). IEC prvenstveno razmatra konstrukciju i izradu instrumenata, a ISO tehnike mjerenja, eksperimentalne uvjete, mjerne jedinice i svođenje rezultata mjerenja na zajedničko stajalište (ishodište) [2].

Većina ih je dostupna na engleskom i francuskom jeziku, a mnoge su usvojene u cijelosti s manjim odstupanjima u pojedinim zemljama i njihovim nacionalnim veličinama. Sljedeći odjeljci sadrže jednostavna pravila u vezi s izborom instrumenata i metoda mjerenja u zavisnosti od normi koje se odnose na svaku zemlju pojedinačno.

Zvukomjer je konstruiran tako da simulira ljudsku slušnu sposobnost i da što bliže i praktičnije predstavi adekvatne i objektivne vrijednosti. Budući da ljudsko uho registrira ne samo razinu zvuka već i na njegovu frekvenciju kao i vrijeme trajanja, zvukomjer mora izraziti odgovarajuće vrijednosti.

5.3. Mjerne fizikalne veličine

U rješavanju problema zaštite od buke susrećemo se s mnoštvom različitih pojmova i fizikalnih veličina.

Zvuk kao titranje čestica koje se u obliku zvučnih valova šire u elastičnom mediju izaziva određeni izmjenični tlak u mediju. Zvučni je tlak izmjenični tlak u nekoj točki medija, koji je pri širenju zvučnih valova superponiran postojećem statičkom tlaku, tj. atmosferskom tlaku u zraku. I upravo je zvučni tlak p (u Pa) osnovna fizikalna mjerna veličina kod zvuka. Zvučni tlak kao izmjenična veličina izražava se u praksi s dvije vrijednosti koje se dobivaju iz njegove vremenske ovisnosti. To su [2]:

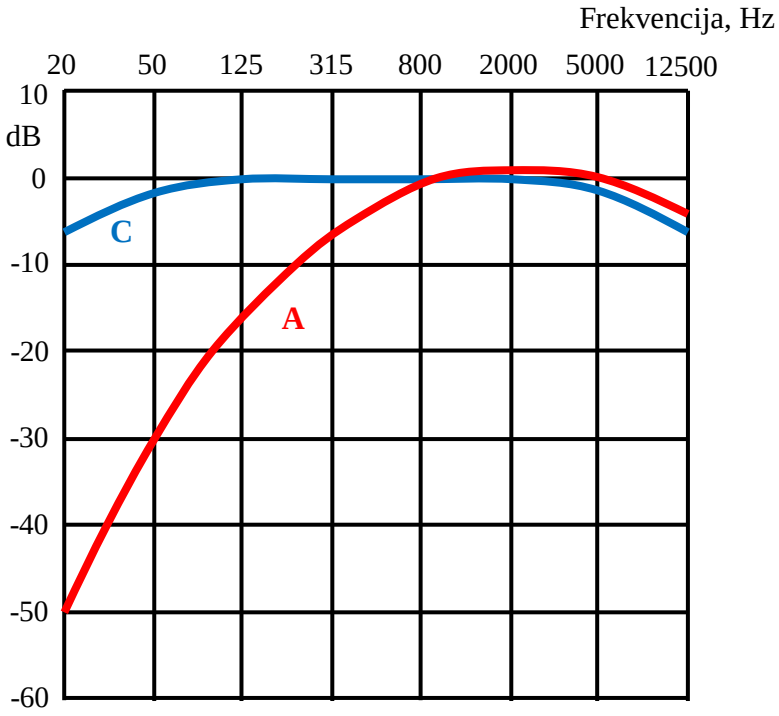
- **Efektivna vrijednost trenutnoga zvučnog tlaka RMS** *(Root Mean Square)* kao kvadratna (energijska) srednja vrijednost zvučnoga tlaka u određenom vremenskom intervalu.
- **Vršna vrijednost zvučnoga tlaka** $\boldsymbol{p_{peak}}$, kao najveća apsolutna vrijednost zvučnog tlaka u određenom vremenskom intervalu.

5.4. Frekvencijsko vrednovanje

Frekvencijsko vrednovanje zvučnoga signala je postupak koji služi kako bi se izmjerena vrijednost zvučnoga tlaka približila subjektivnom osjetu zvuka i djelovanju buke na čovjeka. Krivulje za frekvencijsko vrednovanje jesu frekvencijske karakteristike filtara za vrednovanje, koji su ugrađeni u zvukomjere (Slika 5.1).

Normirano je nekoliko frekvencijskih vrednovanja od kojih se rabe dva:

- frekvencijsko vrednovanje "A" i
- frekvencijsko vrednovanje "C".



Slika 5.1 Normirane krivulje A i C za frekvencijsko vrednovanje [14]

Krivulja "A" približno slijedi karakteristiku ljudskog uha na nižim razinama (oko 40 dB), dok je krivulja "C" zapravo linearna frekvencijska karakteristika u frekvencijskom području od 30 Hz do 8 kHz [2].

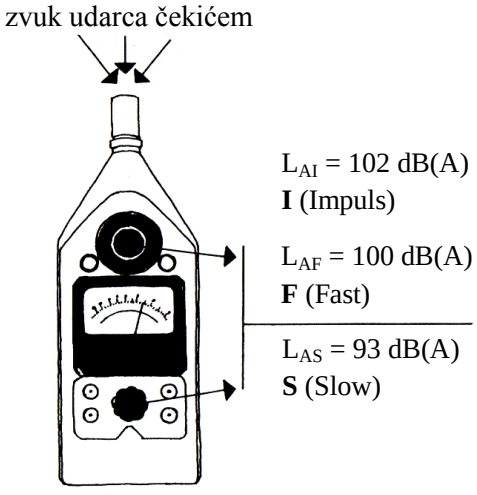
Nevrednovana razina zvuka obično se koristi pri frekvencijskoj analizi zvuka npr. kada se spektar frekvencije stroja nakon primjena metoda za smanjenje zvuka uspoređuje sa spektrom prije primjene ovih metoda.

5.5. Vremensko vrednovanje

Kada se bira odgovarajuće vremensko vrednovanje za mjerenja, moraju se u obzir uzeti i određene značajke buke. Razina buke uvijek varira u manjem ili većem stupnju. Sučelje instrumenta za mjerenje, bilo da je u pitanju klasična kazaljka zvukomjera ili digitalno sučelje, uvijek ima određenu vremensku konstantu i ne može pratiti iznenadne promjene zvučne razine. Ni ljudsko oko ne može pratiti nagle pokrete, pa tako i sučelje zvukomjera ima inertnost. Postoji izbor između tri normirana vremenska vrednovanja [2]:

- **S** - koje ima visok stupanj tromosti, dajući spor pokret na sučelju; efektivno vrijeme usrednjavanja je približno 1 sekunda.
- **F** - ima nizak stupanj tromosti, dajući brži pokret na sučelju: vrijeme usrednjavanja je oko 0, 125 sekundi.
- **I** - koje ima malu vremensku konstantu porasta i veliku vremensku konstantu opadanja. Namjera je da se ovim načinom predstavi vrijednost koja označava kako ljudsko uho opaža razinu zvuka koji kratko traje; utvrđeno je da je u pitanju samo iritacija, a ne i rizik od oštećenja sluha: vrijeme usrednjavanja je oko 0, 035 sekundi.
- "**Peak**" - Postoje i dodatne opcije, kao što je mjerenje trenutne najviše razine zvučnog tlaka prilikom kratkog trajanja zvuka. Ovim se utvrđuju točne vrijednosti zvuka čije trajanje može biti kraće od 50 mikrosekundi (μs).

Prilikom mjerenja impulsnog zvuka, zvukomjer pokazuje različite vrijednosti, zavisno od vremenskog vrednovanja korištenog pri mjerenju (Slika 5.2). Sve vrijednosti su manje od maksimalne ("peak"), ako je impuls vrlo kratak, npr. čekić, pucanj, itd [2].

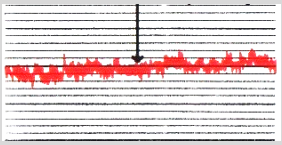
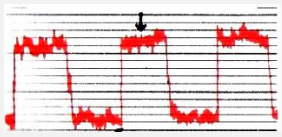
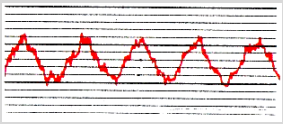
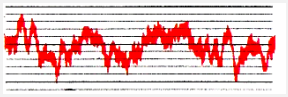
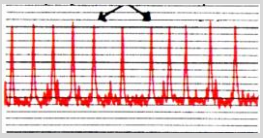
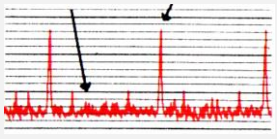


Slika 5.2 Mjerenje impulsne buke zvukomjerom [1]

Stalna buka ostaje duže vrijeme u okviru 5 dB. Stalna buka koja prestaje pa se ponovno javlja naziva se isprekidana buka. Fluktuacijska buka značajno varira, ali ima stalnu prosječnu vrijednost ($L_{Aeq,\,T}$). Nagla ili impulsna buka traje manje od sekunde.

U Tablici 5.1 date su značajke buke klasificirane zavisno od variranja tijekom vremena.

Tablica 5.1 Značajke buke klasificirane zavisno od variranja tijekom vremena [1], [2]

Vrsta buke	Značajke	Vrsta izvora	Vrste mjerenja	Vrsta instrumenata	Bilješke
Stalna kontinuirana buka 	Male promjene	Pumpe, el. motori, zupčanici, transporteri	Izravno očitovanje A-vrijednosti	Zvukomjer	Oktava ili 1/3 oktavna analiza, ako je buka jača
Promjenjiva buka Rezidualna buka 	Stalna, ali promjenjiva buka	Zračni kompresor	dB vrijednost i vrijeme trajanja $L_{Aeq,T}$	Integrirajući i obični zvukomjer	-
Periodična fluktuacijska buka 	Velike fluktuacije	Masovna proizvodnja i mljevenje	dB vrijednost, $L_{Aeq,T}$	Integrirajući i obični zvukomjer	-
Fluktuirajuća neperiodična buka 	Velike neregulirane fluktuacije	Ručna proizvodnja, mljevenje, zavarivanje, spajanje dijelova	$L_{Aeq,T}$ ili statističke veličine	Integrirajući zvukomjer	Obično su potrebna dugotrajna mjerenja
Impulsna buka (ponavljani impulsi) 	Slični impulsi	Automatske preše, zračna bušilica, zakivanje	$L_{Aeq,T}$ ili impulsne razine buke i max. vrijednost	Mjerač impulsne buke, zvukomjer s pokazivanjem max. vrijednosti	Teško procijeniti, ali je štetnija za sluh nego što se čini
Impulsna buka (izolirani impulsi) 	Jedan impuls	Udarac čekićem, obrada materijala, tokarska preša	$L_{Aeq,T}$ i max. vrijednost	Mjerač impulsne buke, zvukomjer s pokazivanjem max. vrijednosti	Teško procijeniti, vrlo opasno po sluh posebno u zatvorenom prostoru

5.6. Ocjenjivanje i normiranje buke

Danas postoje **dva osnovna sustava za ocjenjivanje i normiranje buke**. Jedan sustav temelji se na mjerenju **razine zvučnog tlaka L_A u dB(A)**, a drugi se temelji na sustavu familija tzv. **N - krivulja**, standardiziranih od ISO. Krivulje su označene slovom N i indeksom koji brojčano odgovara oktavnoj razini zvučnog tlaka kod 1.000 Hz [15].

Pri normiranju buke vrijedi odnos, jednadžba (5.1):

$$L_A = N + 5 \tag{5.1}$$

Granica za očuvanje sluha je razina buke 90 dB(A), odnosno N = 85 dB za osmosatni radni dan i (40 ili 42) - satni radni tjedan. Kada je razina buke iznad 90 dB(A), obvezatno je provesti oktavnu analizu i snimljeni spektar usporediti sa zadanom N - krivuljom. Pritom se dopušta prekoračenje krivulje u jednoj ili dvije oktave, ako nisu susjedne, za 3 dB [15].

S obzirom na njezino djelovanje na čovjeka, postoji nekoliko klasifikacija razina buke [2]:

- do 60 dB(A) ili N 55 područje samo psihološkog djelovanja,
- od 60 do 90 dB(A) ili N 55 do N 85 područje ozbiljnih psiholoških i neurovegetativnih smetnji,
- iznad 90 dB(A) ili N 85 područje oštećenja sluha,
- iznad 120 dB(A) ili N 115 područje akutnog oštećenja.

Svi ovi kriteriji uzeti su u obzir kod Pravilnika o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu (NN 46/08), te su na osnovi toga napravljeni kriteriji koji propisuju dopuštenu razinu buke ovisno o vrsti djelatnosti.

Ekvivalentna razina buke $L_{Aeq,T}$ izražava standardni oblik dugotrajne prosječne razine buke, koristeći spomenuto frekvencijsko A-vrednovanje. A-razina je integrirana i uprosječena tijekom trajanja mjerenja. To je energijska srednja vrijednost. Osoba će biti izložena istoj zvučnoj energiji bez obzira da li je bila izložena trenutnoj razini buke, uključujući sve njene fluktuacije ili ekvivalentnoj razini buke $L_{Aeq,T}$ za isti period. Ovo je vrlo korisno kada se susrećemo s tipičnom bukom proizvodnih prostora ili okoliša, koja se širi na veće udaljenosti i sastoji se od kratkih razdoblja jakih udara [2].

Izloženost buci koja je dozvoljena radnicima u proizvodnim prostorima definira se kao maksimalna $L_{Aeq,T}$ vrijednost za normalan radni dan. Za mjerenje buke u proizvodnim prostorima, može se primjenjivati veliki broj instrumenata.

Da bi se proširio broj mogućnosti za mjerenje često je poželjno povezati kasetofon s izvorom zvuka, da bi se dobio zapis zvuka. Kasnije analize ovako snimljenog zvuka čine bolju osnovu za dublje analize problema u vezi s bukom, a utječe i na donošenje sigurnijih procjena. Ovo se uvijek preporučuje tamo gdje se zahtijeva detaljniji opis izvora buke ili bolja osnova za donošenje odluka u vezi sa mjerama za smanjenje zvuka [2].

U prostoriji s blisko postavljenim izvorima buke koji su stalno u funkciji, obično je potrebno nacrtati zvučnu kartu, kao prvi korak u pravcu zaštite od buke. Mjerenja ovog tipa su jedini način da se odredi da li je radna okolina u zadovoljavajućim uvjetima. Da bi se adekvatno predstavio svaki izvor buke, potrebno je više mjernih točaka, od onih koje se upotrebljavaju prilikom kreiranja zvučne karte.

Dobra ideja je dodavanje nekoliko posebnih točaka blizu svakog posebnog izvora, jer će one vjerojatno biti dominantne i pretpostavlja se, zahtijevati poseban tretman.

6. Mjerni postupci

Svrha mjerenja buke u proizvodnom prostoru je postizanje pouzdanih, točnih i iscrpnih podataka, koji će na pravi način stvoriti sliku o situaciji u vezi s bukom koja će biti pouzdana osnova budućim proučavanjima.

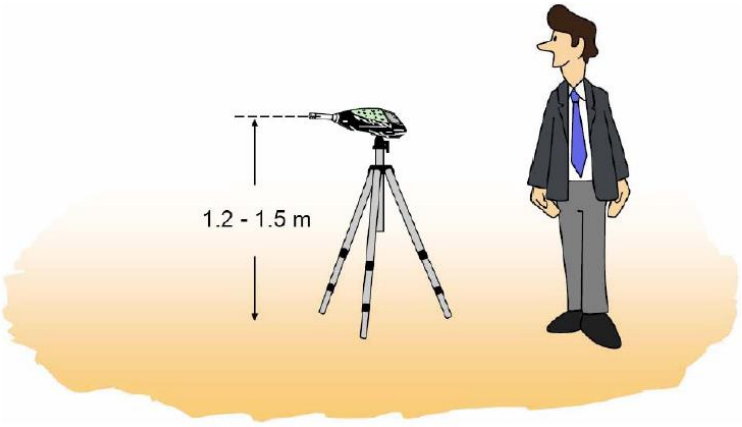
Mjerenje buke provodi se u skladu s odredbama:

- Pravilnika o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu (NN 46/08).
- Norme HRN ISO 9612:2000 Akustika - Smjernice za mjerenje i utvrđivanje izloženosti buci u radnoj okolini (ISO 9612:1997).
- Norme HRN ISO 1999:2000 Akustika - Određivanje izloženosti buci pri radu i procjena oštećenja sluha izazvanog bukom (ISO 1999:1990).

6.1. Osnovna pravila postupanja pri mjerenju buke

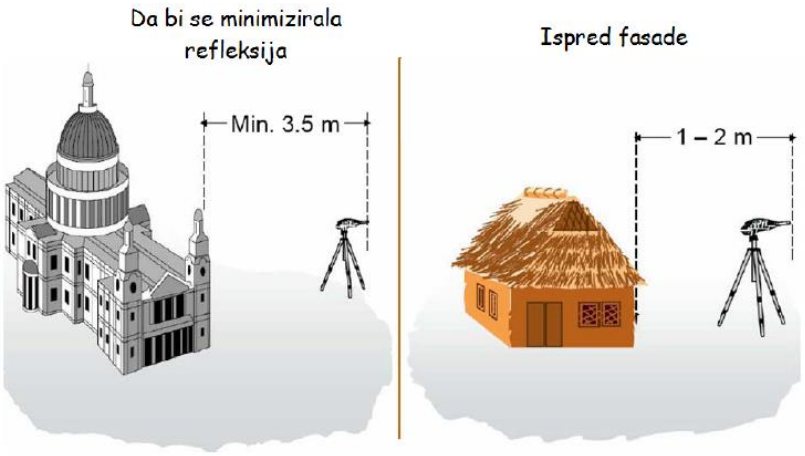
Neki praktični postupci koji se moraju znati da bi se pristupilo mjerenju buke su:

1. Mikrofon kojim se mjeri, u dužem vremenskom razdoblju, mora biti postavljen na stalak na visinu 1,2 - 1,5 m (Slika 6.1).



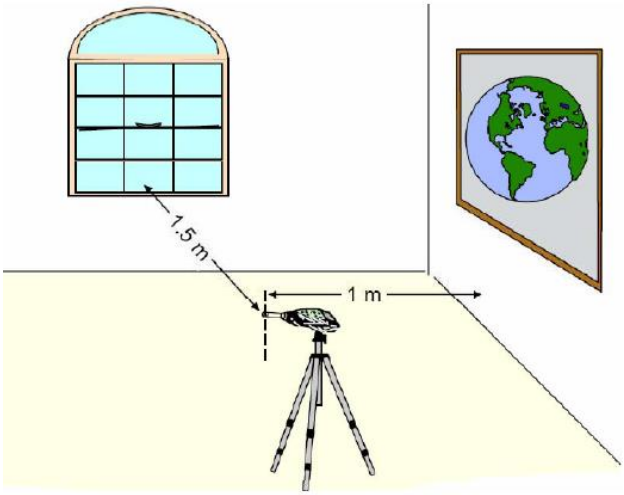
Slika 6.1 Položaj mikrofona iznad tla [8]

2. Ukoliko se mjerenja vrše na vanjskom prostoru, da bi se minimizirala refleksija buke od objekta, mjerni instrument mora biti odmaknut minimalno 3,5 m od objekta, a 1 do 2 m ispred fasade objekta (Slika 6.2).



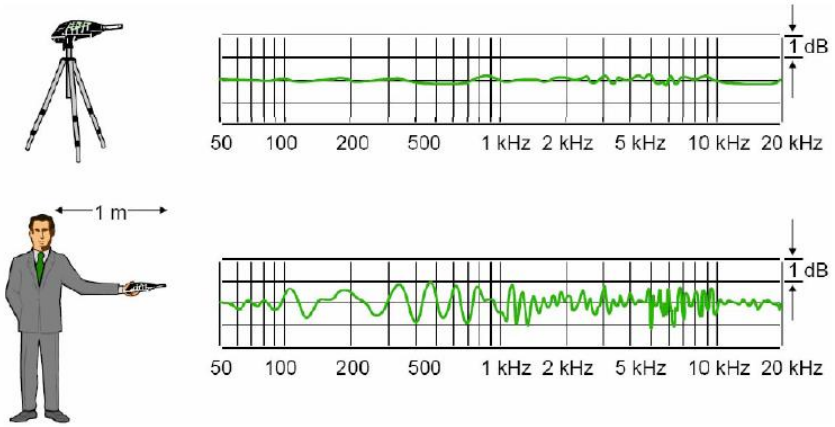
Slika 6.2 Položaj mikrofona vani [8]

3. Kada se mjerenja buke vrše u zatvorenom prostoru položaj mjernog instrumenta se određuje od zida odmaknuto 1 m, a od prozora 1,5 m, kako je prikazano na Slici 6.3.



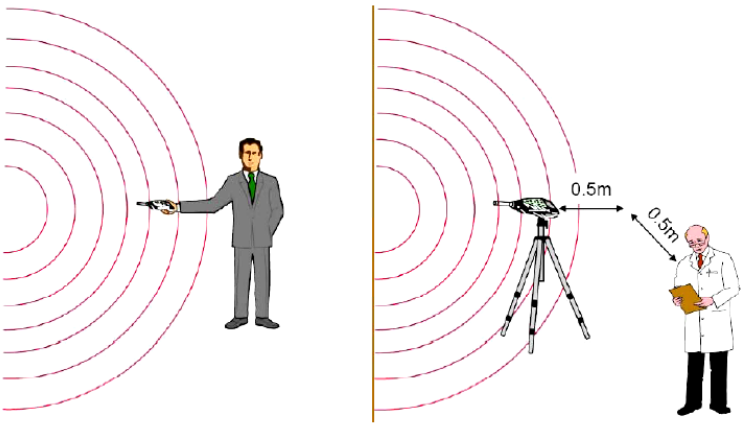
Slika 6.3 Položaj mikrofona u prostoriji [8]

4. Operator koji mjeri buku može utjecati na rezultate mjerenja, i to negativno, pa se preporuča da se mjerenja vrše tako da instrument bude na stalku, bez prisustva operatora (Slika 6.4).



Slika 6.4 Utjecaj operatera na mjerenje [8]

5. Položaj operatera u odnosu na izvor zvuka poželjan je kako je prikazano na Slici 6.5.



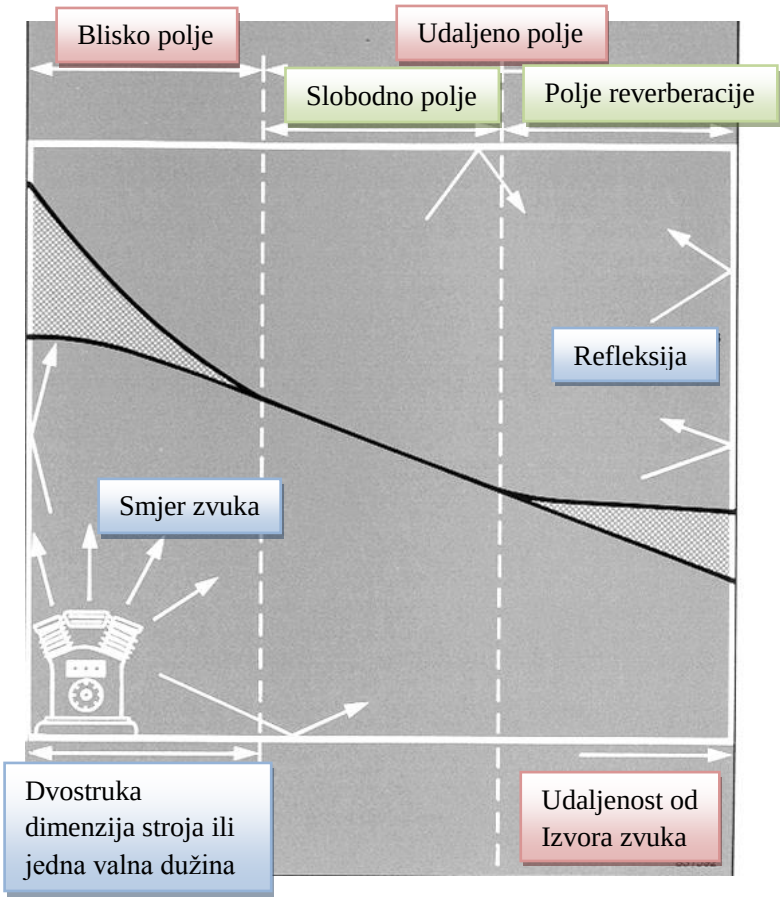
Slika 6.5 Položaj operatera [8]

6. Kod mjerenja u realnim, stvarnim, uvjetima otežano je određivanje položaja instrumenata pri mjerenju buke izvora, pa se primjenjuje pravilo (Slika 6.6):

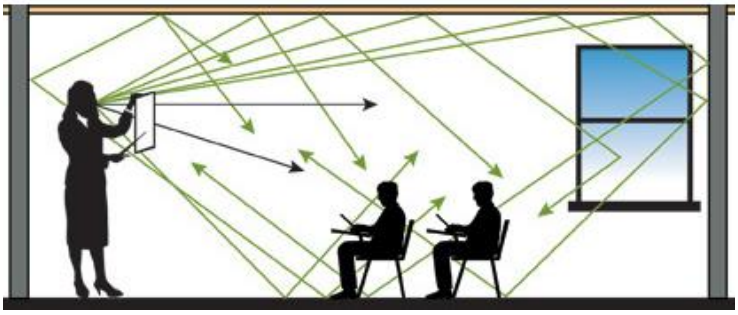
a) **za zaštitu organa sluha, uha** - mjerni instrument se postavlja u visinu prirodnog položaja uha,

b) **mjerenje nivoa buke izvora** - mjeri se u slobodnom polju,

c) **mjerenje direktne i reflektirane buke** - prema Slici 6.7.



Slika 6.6 Mjerenje u stvarnoj prostoriji [8]



Slika 6.7 Mjerenje direktne i reflektirane buke [8]

7. Postupak određivanja ukupnog nivoa buke iz više izvora provodi se sljedećim redoslijedom (Primjer: Slika 3.9):
   a) izmjeriti nivo buke svakog izvora,
   b) naći razliku ta dva izvora,
   c) razliku nanijeti na apscisu i podići vertikalu na korekcijsku krivulju,
   d) očitanu vrijednost korekcije pribrojiti većem nivou buke.

6.2. Karakteristike instrumenata za mjerenje buke

Instrument za mjerenje buke (zvuka) je **zvukomjer**. Konstruiran je tako da prima zvuk približno na isti način kao ljudsko uho i da daje objektivna, reproducibilna mjerenja razine zvučnog tlaka [16].

Osnovna veličina koju mjerimo kod buke je razina zvučnog tlaka.

Područje zvučnih tlakova koje zamjećuje ljudsko uho je veliko pa je uvedena logaritamska skala prikazivanja tog tlaka, koji se računa prema jednadžbi (3.9), Poglavlje 3.6.

Druga osnovna veličina buke je **frekvencija titranja**. Područje frekvencija od 20 Hz do 20 kHz moguće je podijeliti na frekvencijske intervale ili opsege.

U praksi se to postiže s elektroničkim filtrima, koji se ugrađuju u zvukomjere, a koji odbacuju sve zvukove s frekvencijama izvan odabranog frekvencijskog intervala. Frekvencijski intervali imaju širinu bilo jedne oktave ili 1/3 oktave (tj. terce). Oktava je frekvencijski pojas kojega se granične frekvencije odnose kao 1 : 2 tj. najviša frekvencija je dvostruko veća od najniže frekvencije [16].

Mjerenjem razine zvučnog tlaka ne dobivamo veličinu koja odgovara subjektivnom osjetu buke. Da bi se to izbjeglo, zvukomjeri imaju ugrađene elektronične krugove kojih osjetljivost varira s frekvencijom na isti način kao uho, tako simulirajući jednake krivulje glasnoće. Rezultat ovoga su tri različito standardizirana korekcijska filtra "A", "B", "C". Postoji i četvrti korekcijski filtar , "D" [16].

- **Filtar "A"** mjeri signal na način koji je obrnuto proporcionalan krivulji glasnoće kod niske razine zvučnog tlaka.
- Korekcijski **filtar "B"** odgovara krivulji glasnoće kod srednje razine zvučnog tlaka.
- Korekcijski **filtar "C"** je ustvari linearan od 30 do 8.000 Hz, a **"D"** je namijenjen za mjerenje buke zrakoplova.

Zato se danas najviše koristi korekcijski filtar "A" budući da namjena na "B" i "C" ne odgovaraju subjektivnom osjetu buke zato što su izrađeni za čisti ton, a buka se gotovo uvijek sastoji od složenih tonova.

Većina buke koja se želi izmjeriti ima promjenjivu razinu. Pri mjerenju želimo mjeriti ove promjene što je moguće točnije. Zato su standardizirane dvije brzine detekcije odaziva, označene kao **"F"** (brzo) i **"S"** (sporo).

Ako se zvuk sastoji od odvojenih impulsa ili sadrži visok razmjer udarne buke, tada vremenski odzivi "F" i "S" nisu dovoljno kratki da mjerenje čini subjektivan osjet. Za takva mjerenja zvukomjeri imaju **"I"** karakteristiku koja omogućava detekciju i prikaz kratkotrajne buke na način na koji čovjek opaža impulsne zvukove.

Premda je niži osjećaj glasnoće buke koja traje kratko od buke koja traje kontinuirano, rizik oštećenja sluha nije manji. Iz toga razloga neki zvukomjeri sadrže krug za mjerenje vršne vrijednosti (**peak**) zvuka, neovisno o trajanju zvuka.

Budući da je **zvuk oblik energije**, potencijalno oštećenje sluha u određenom zvučnom polju neće ovisiti samo o razini zvuka već i o duljini trajanja. Na primjer izlaganje glasnom zvuku 4 sata štetnije je nego izlaganje istom zvuku samo 1 sat. Da bi se odredilo potencijalno oštećenje sluha u zvučnom polju, mora se odraditi primljena energija na temelju razine zvuka i vremena ekspozicije [16].

Primljenu energiju je lako odrediti za konstantnu razinu zvuka. Ako je razina zvuka promjenjiva, mjerenje se mora ponavljati tijekom određenog razdoblja uzorkovanja. Na temelju ovih uzorkovanja moguće je izračunati vrijednost poznatu kao **ekvivalentna neprekidna razina zvuka (L_{eq})** koja ima isti sadržaj energije i isto potencijalno oštećenje sluha kao promjenjiva razina zvuka [16].

Ako su promjene razine zvuka slučajne nije lako izračunati L_{eq}. U ovakvim slučajevima upotrebljavaju se integrirajući zvukomjeri koji automatski računaju L_{eq}.

6.3. Zapis i izvještaj o mjerenju buke

Osnovni dokumenti o mjerenju buke jesu terenski zapis i izvještaj o mjerenju. Zapis je pomoćni dokument koji se izrađuje prigodom samog mjerenja, obično na unaprijed pripremljenome obrascu. Izvještaj je konačni, službeni dokument u koji se unose svi relevantni podaci o mjerenju, kao i ocjena rezultata. Terenski zapis i izvještaj o mjerenju sadrže najmanje ove podatke [2]:

- naručitelj mjerenja,
- izvršitelj mjerenja s navedenim ili priloženim odgovarajućim ovlastima,
- cilj mjerenja,
- datum mjerenja i doba dana,
- mjesto mjerenja,
- opis izvora buke s naznakom proizvođača, tipa, tvorničkoga broja, godine proizvodnje i osnovnim tehničkim opisom glavnih značajki buke (stalna, isprekidana, nepravilno promjenjiva, impulsna, tonalna itd.),
- opis mjernih mjesta i, po potrebi, skica,
- opis relevantnih uvjeta mjerenja (npr. meteorološki uvjeti - vjetar, temperatura, vlažnost, oblačnost) i subjektivna zapažanja,
- uporabljena dokumentacija,
- propisi po kojima se buka mjeri i ocjenjuje, mjerna metoda, metoda obrade podataka i metoda ocjenjivanja buke,
- popis mjernih uređaja s naznakom proizvođača i modela, te datumom zadnjeg umjeravanja,
- ime i potpis mjeritelja i ovlaštene osobe,
- rezultati mjerenja (ukupne razine mjerene i rezidualne buke, spektri, statističke veličine, mjerna nesigurnost),
- zaključci i po potrebi, mišljenja i tumačenja vezana za daljnji rad na zaštiti od buke.

7. Praktični primjer mjerenja i zaštite od buke

U ovom poglavlju predstavljena je metoda za zaštitu od buke u proizvodnom prostoru sa praktičnim primjerom. Buku najprije treba ograničiti na izvoru, nakon toga treba otkriti uzrok buke. Buka može biti uzrokovana velikim brojem činilaca, a prije odluke koja metoda stišavanja bi najbolje odgovarala danoj situaciji, potrebna su detaljna mjerenja.

Istraživanje razine buke izvršeno je u poduzeću za proizvodnju i preradu plastičnih masa, **Muraplast d.o.o**., Industrijska bb, Kotoriba. Cilj je bio utvrditi postoje li visoke razine buke u radnoj okolini (proizvodni pogoni, regeneracija i skladišta), te kolika je razina buke koja se pri uobičajenom obavljanju radnog procesa širi u okolne prostore. Iz tog razloga, pristupilo se mjerenju unutarnje i vanjske buke.

7.1. Mjerenje unutarnje buke

7.1.1. Opći podaci

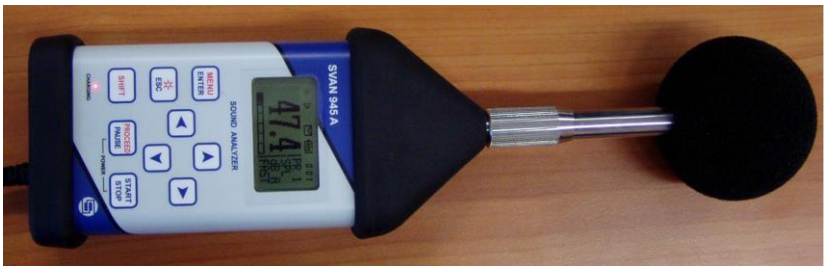
Korisnik:	Muraplast d.o.o., Industrijska bb, Kotoriba
Lokacija:	Poslovni i proizvodni prostori - Kotoriba, Industrijska zona bb
Mjerenje i ispitivanje:	Razina radne buke (dB(A))
Objekt mjerenja:	- Hala 1 - proizvodni pogon - Hala 2 - proizvodni pogon - Hala 3 - proizvodni pogon - Skladišta i regeneracija
Datum ispitivanja:	24.08.2015. godine
Uvjeti rada:	Uobičajeni režimi rada (uobičajeno odvijanje radnog procesa za vrijeme osmosatnog radnog vremena)
Mjerenje izvršio:	Marko Mlinarić

7.1.2. Primijenjeni propisi

1. Zakon o zaštiti na radu (NN 71/14).
2. Zakon o zaštiti od buke (NN 30/09).
3. Pravilnik o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu (NN 46/08).
4. Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (NN 145/04).

7.1.3. Mjerna oprema kojom su izvršena mjerenja

Mjerenje razine unutarnje buke izvedeno je preciznim zvukomjerom SVANTEK, SVAN 945A (Slika7.1). Uređaj je u vlasništvu tvrtke Muraplast d.o.o., te služi za provjeru dopuštenih razina unutarnje (radne) buke. Ocjena ispitivanja razine buke u skladu je sa Pravilnikom o zaštiti ranika od izloženosti buci na radu (NN 46/08). Ispitivanje razine buke na mjestima rada radnika u radnoj prostoriji, obavljeno je u visini slušnih organa radnika u vrijeme uobičajenog odvijanja radnog procesa.



Slika 7.1 Zvukomjer Svantek, Svan 945A

7.1.4. Rezultati ispitivanja

Prema pravilima zaštite na radu, najviša dopuštena dnevna ili tjedna izloženost buci na radnom mjestu, s obzirom na oštećenje sluha, ne smije iznositi više od 85 dB(A) [17]. Prema tome, izmjerene razine buke više od 85 dB(A) *ne zadovoljavaju* pravila zaštite na radu, dok izmjerene razine buke manje od 80 dB(A) *zadovoljavaju* pravila zaštite na radu, s obzirom na oštećenje sluha. Izmjerene razine buke između 80 i 85 dB(A) zadovoljavaju pravila zaštite na radu, s obzirom na oštećenje sluha, no one su upozoravajuće i upućuju na poslodavca da na tim mjestima poslodavac izradi i provode program tehničkih i/ili organizacijskih mjera koje imaju za cilj smanjiti izloženost buci (Tablica7.1).

Tablica 7.1 Ocjene mjerenja s obzirom na razinu buke

Razina buke	Ocjene mjerenja
> 85 dB(A)	Ne zadovoljava
80 - 85 dB(A)	Zadovoljava (upozoravajuća vrijednost)
< 80 dB(A)	Zadovoljava

Rezultati ispitivanja razine unutarnje buke (proizvodni pogoni, skladišta i regeneracija) prikazani su u Tablici 7.2.

Tablica 7.2 Rezultati ispitivanja unutarnje buke

Red. Br.	Oznaka mjesta ispitivanja (mjerno mjesto)	Opis posla	Izmjerena ekvivalentna razina buke $\mathbf{L_{Aeq}}$ dB(A)	Najviše dopuštene ekvivalentne razine buke $\mathbf{L_{Aeq}}$ dB(A) (NN 145/04)	
				Razina buke na radnome mjestu koja potječe od proizvodnih izvora	Ocjena mjerenja
1.	**2.**	**3.**	**4.**	**5.**	**6.**
HALA 1 - proizvodni pogon					
Konfekcija					
1.	Mjerno mjesto 1	Konfekcioniranje vrećica	**84,7**	**85**	ZADOVOLJAVA - upozoravajuća vrijednost
2.	Mjerno mjesto 2	Konfekcioniranje vrećica	**84,2**	**85**	ZADOVOLJAVA - upozoravajuća vrijednost
3.	Mjerno mjesto 3	Konfekcioniranje vrećica	**85,8**	**85**	NE ZADOVOLJAVA
4.	Mjerno mjesto 4	Konfekcioniranje vrećica	**85,7**	**85**	NE ZADOVOLJAVA
Radiona održavanja					
5.	Mjerno mjesto 5	Poslovi održavanja	**80,2**	**85**	ZADOVOLJAVA - upozoravajuća vrijednost
6.	Mjerno mjesto 6	Poslovi održavanja	**79,8**	**85**	ZADOVOLJAVA
7.	Mjerno mjesto 7	Poslovi održavanja	**79,6**	**85**	ZADOVOLJAVA
8.	Mjerno mjesto 8	Poslovi održavanja	**80,1**	**85**	ZADOVOLJAVA - upozoravajuća vrijednost
9.	Mjerno mjesto 9	Poslovi održavanja	**80,5**	**85**	ZADOVOLJAVA - upozoravajuća vrijednost
9a.	Mjerno mjesto 9a	Uredski poslovi	**53,8**	**65**	ZADOVOLJAVA

Red. Br.	Oznaka mjesta ispitivanja (mjerno mjesto)	Opis posla	Izmjerena ekvivalentna razina buke L_{Aeq} dB(A)	Najviše dopuštene ekvivalentne razine buke L_{Aeq} dB(A) (NN 145/04)	
				Razina buke na radnome mjestu koja potječe od proizvodnih izvora	Ocjena mjerenja
1.	**2.**	**3.**	**4.**	**5.**	**6.**
Usipavanje granulata					
10.	Mjerno mjesto 10	Usipavanje granulata	**80,4**	**85**	ZADOVOLJAVA - upozoravajuća vrijednost
11.	Mjerno mjesto 11	Kompresor	**80,2**	**85**	ZADOVOLJAVA - upozoravajuća vrijednost
Ekstruzija					
12.	Mjerno mjesto 12	Ekstruzija folije	**81,2**	**85**	ZADOVOLJAVA - upozoravajuća vrijednost
13.	Mjerno mjesto 13	Ekstruzija folije	**80,7**	**85**	ZADOVOLJAVA - upozoravajuća vrijednost
14.	Mjerno mjesto 14	Ekstruzija folije	**83,4**	**85**	ZADOVOLJAVA - upozoravajuća vrijednost
15.	Mjerno mjesto 15	Ekstruzija folije	**82,1**	**85**	ZADOVOLJAVA - upozoravajuća vrijednost
16.	Mjerno mjesto 16	Ekstruzija folije	**82,6**	**85**	ZADOVOLJAVA - upozoravajuća vrijednost
HALA 2 - proizvodni pogon					
Mješaona boja					
17.	Mjerno mjesto 17	Miješanje boje	**75,4**	**85**	ZADOVOLJAVA
Tisak					
18.	Mjerno mjesto 18	Ljepljenje klišea	**79,7**	**85**	ZADOVOLJAVA
19.	Mjerno mjesto 19	Ljepljenje klišea	**80,1**	**85**	ZADOVOLJAVA - upozoravajuća vrijednost
20.	Mjerno mjesto 20	Tisak na PE folije	**83,9**	**85**	ZADOVOLJAVA - upozoravajuća vrijednost

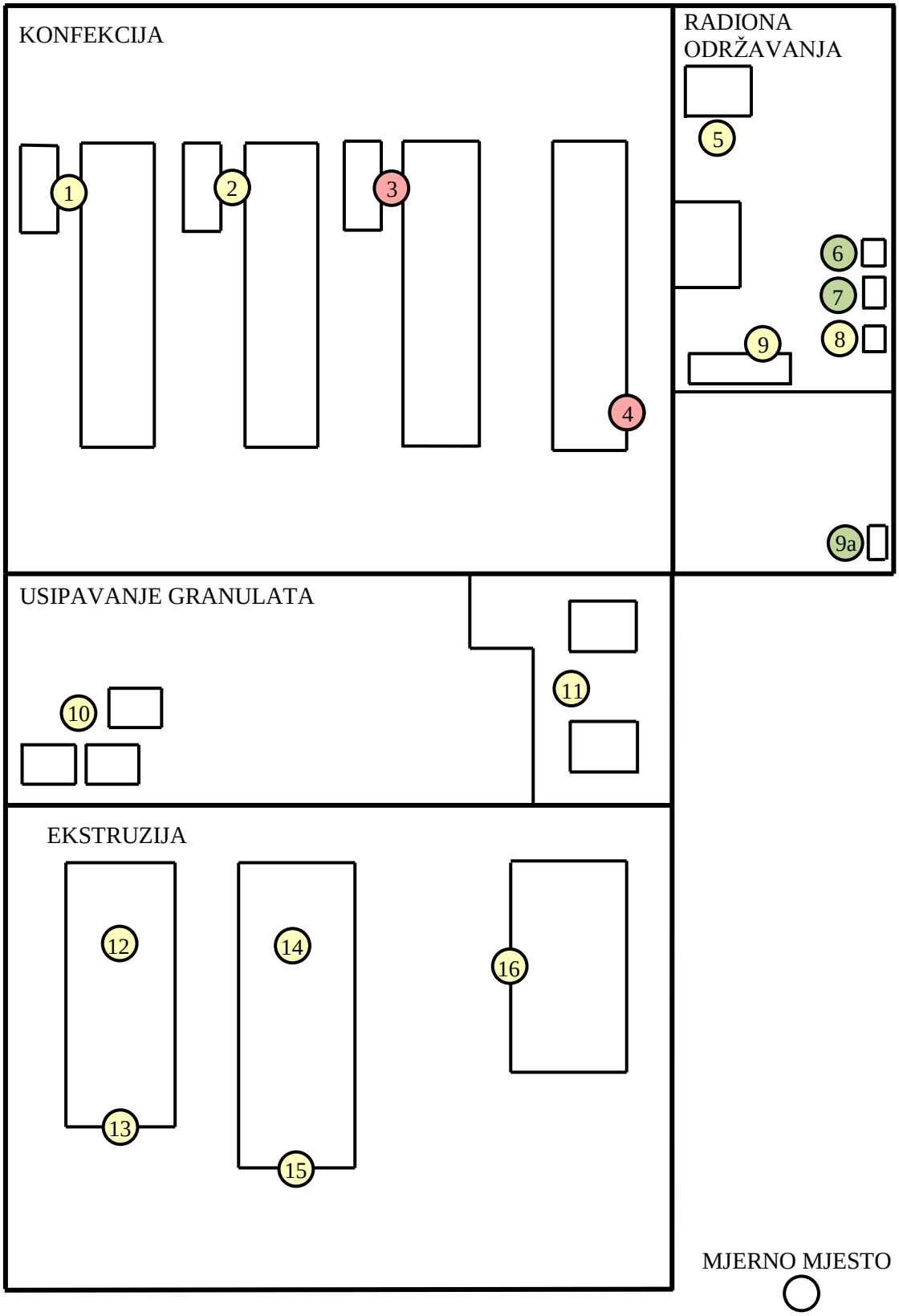
Red. Br.	Oznaka mjesta ispitivanja (mjerno mjesto)	Opis posla	Izmjerena ekvivalentna razina buke L_{Aeq} dB(A)	Najviše dopuštene ekvivalentne razine buke L_{Aeq} dB(A) (NN 145/04)	
				Razina buke na radnome mjestu koja potječe od proizvodnih izvora	Ocjena mjerenja
1.	**2.**	**3.**	**4.**	**5.**	**6.**
21.	Mjerno mjesto 21	Tisak na PE folije	**83,5**	**85**	ZADOVOLJAVA - upozoravajuća vrijednost
Priprema klišea					
22.	Mjerno mjesto 22	Priprema klišea	**78,0**	**85**	ZADOVOLJAVA
Destilacija					
23.	Mjerno mjesto 23	Destiliranje	**71,1**	**85**	ZADOVOLJAVA
Tisak i ekstruzija					
24.	Mjerno mjesto 24	Tiskanje na PE folije	**85,3**	**85**	NE ZADOVOLJAVA
25.	Mjerno mjesto 25	Priprema	**79,2**	**85**	ZADOVOLJAVA
26.	Mjerno mjesto 26	Ekstruzija folije	**82,1**	**85**	ZADOVOLJAVA - upozoravajuća vrijednost
27.	Mjerno mjesto 27	Ekstruzija folije	**81,6**	**85**	ZADOVOLJAVA - upozoravajuća vrijednost
28.	Mjerno mjesto 28	Ekstruzija folije	**81,2**	**85**	ZADOVOLJAVA - upozoravajuća vrijednost
29.	Mjerno mjesto 29	Ekstruzija folije	**81,3**	**85**	ZADOVOLJAVA - upozoravajuća vrijednost
30.	Mjerno mjesto 30	Ekstruzija folije	**81,3**	**85**	ZADOVOLJAVA - upozoravajuća vrijednost
31.	Mjerno mjesto 31	Ekstruzija folije	**83,2**	**85**	ZADOVOLJAVA - upozoravajuća vrijednost
Usipavanje granulata					
32.	Mjerno mjesto 32	Usipavanje granulata	**72,9**	**85**	ZADOVOLJAVA

Red. Br.	Oznaka mjesta ispitivanja (mjerno mjesto)	Opis posla	Izmjerena ekvivalentna razina buke L_{Aeq} dB(A)	Najviše dopuštene ekvivalentne razine buke L_{Aeq} dB(A) (NN 145/04)	
				Razina buke na radnome mjestu koja potječe od proizvodnih izvora	Ocjena mjerenja
1.	**2.**	**3.**	**4.**	**5.**	**6.**
HALA 3 - proizvodni pogon					
Tisak					
33.	Mjerno mjesto 33	Tiskanje na PE folije	**82,5**	**85**	ZADOVOLJAVA - upozoravajuća vrijednost
34.	Mjerno mjesto 34	Priprema	**77,2**	**85**	ZADOVOLJAVA
35.	Mjerno mjesto 35	Rezanje folije	**82,3**	**85**	ZADOVOLJAVA - upozoravajuća vrijednost
36.	Mjerno mjesto 36	Laminacija	**79,8**	**85**	ZADOVOLJAVA
Konfekcija					
37.	Mjerno mjesto 37	Konfekcioniranje vrećica	**79,2**	**85**	ZADOVOLJAVA
38.	Mjerno mjesto 38	Konfekcioniranje vrećica	**81,1**	**85**	ZADOVOLJAVA - upozoravajuća vrijednost
39.	Mjerno mjesto 39	Konfekcioniranje vrećica	**80,8**	**85**	ZADOVOLJAVA - upozoravajuća vrijednost
40.	Mjerno mjesto 40	Konfekcioniranje vrećica	**81,2**	**85**	ZADOVOLJAVA - upozoravajuća vrijednost
Ekstruzija					
41.	Mjerno mjesto 41	Ekstruzija PE folije	**80,1**	**85**	ZADOVOLJAVA - upozoravajuća vrijednost
42.	Mjerno mjesto 42	Ekstruzija PE folije	**80,3**	**85**	ZADOVOLJAVA - upozoravajuća vrijednost
43.	Mjerno mjesto 43	Ekstruzija PE folije	**85,6**	**85**	NE ZADOVOLJAVA
Usipavanje granulata					
44.	Mjerno mjesto 44	Usipavanje granulata	**75,6**	**85**	ZADOVOLJAVA

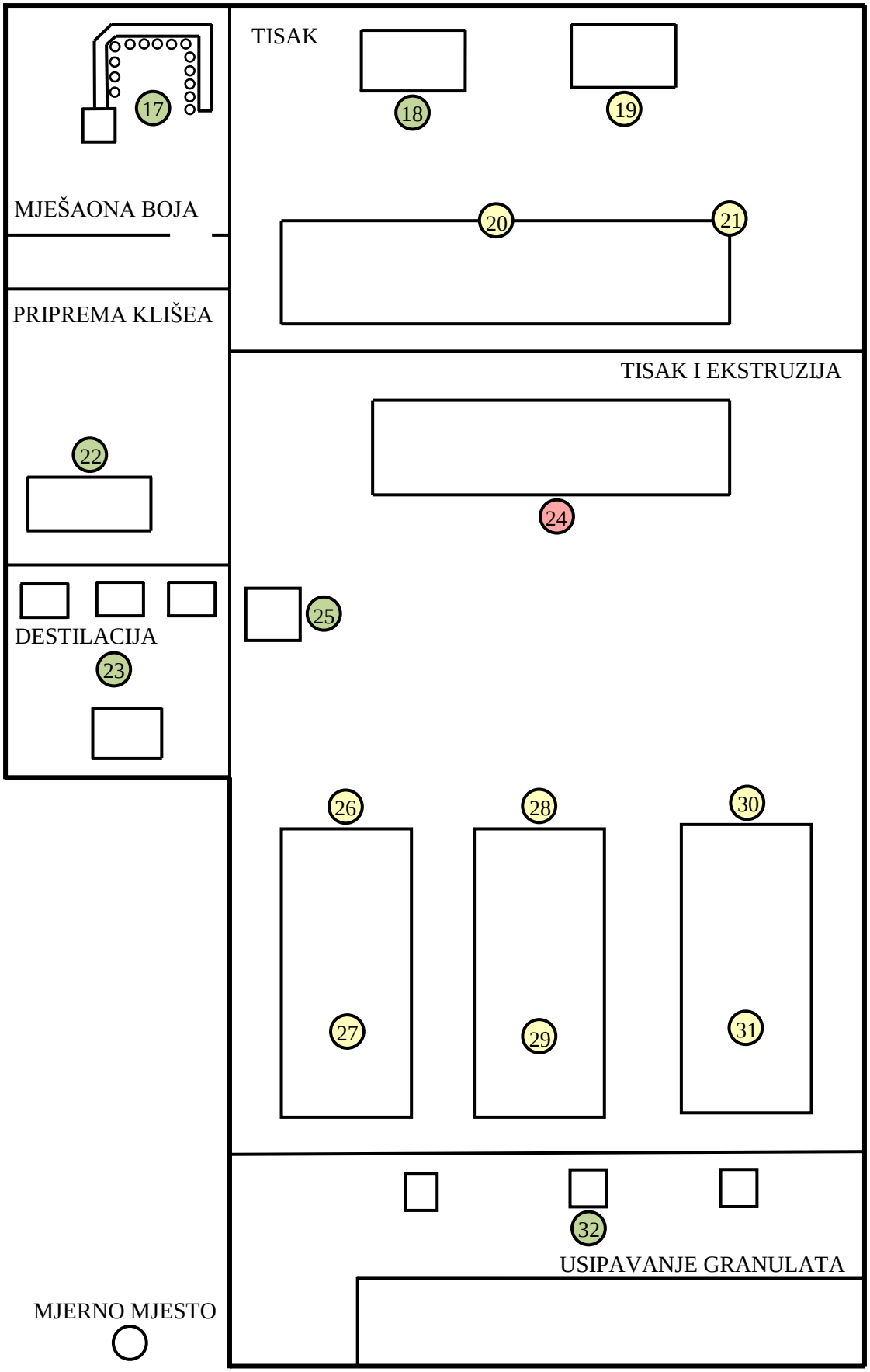
Red. Br.	Oznaka mjesta ispitivanja (mjerno mjesto)	Opis posla	Izmjerena ekvivalentna razina buke $\mathbf{L_{Aeq}}$ dB(A)	Najviše dopuštene ekvivalentne razine buke $\mathbf{L_{Aeq}}$ dB(A) (NN 145/04)	
				Razina buke na radnome mjestu koja potječe od proizvodnih izvora	Ocjena mjerenja
1.	**2.**	**3.**	**4.**	**5.**	**6.**
SKLADIŠTA I REGENERACIJA					
Skladište 1					
45.	Mjerno mjesto 45	Skladištenje	**59,2**	**65**	ZADOVOLJAVA
46.	Mjerno mjesto 46	Skladištenje	**60,1**	**65**	ZADOVOLJAVA
Gold štampa					
47.	Mjerno mjesto 47	- nije u funkciji -	- / -	**85**	- / -
Regeneracija					
48.	Mjerno mjesto 48	Mljevenje otpadne folije	**83,8**	**85**	ZADOVOLJAVA - upozoravajuća vrijednost
49.	Mjerno mjesto 49	Mljevenje otpadne folije	**81,4**	**85**	ZADOVOLJAVA - upozoravajuća vrijednost
Akumulatorska postrojenja					
50.	Mjerno mjesto 50	Punjenje akumulatora	**64,3**	**85**	ZADOVOLJAVA
Skladište 2					
51.	Mjerno mjesto 51	Skladištenje	**53,3**	**65**	ZADOVOLJAVA
Skladište 3					
52.	Mjerno mjesto 52	Skladištenje	**54,2**	**65**	ZADOVOLJAVA

7.1.5. Položaj mjernih mjesta

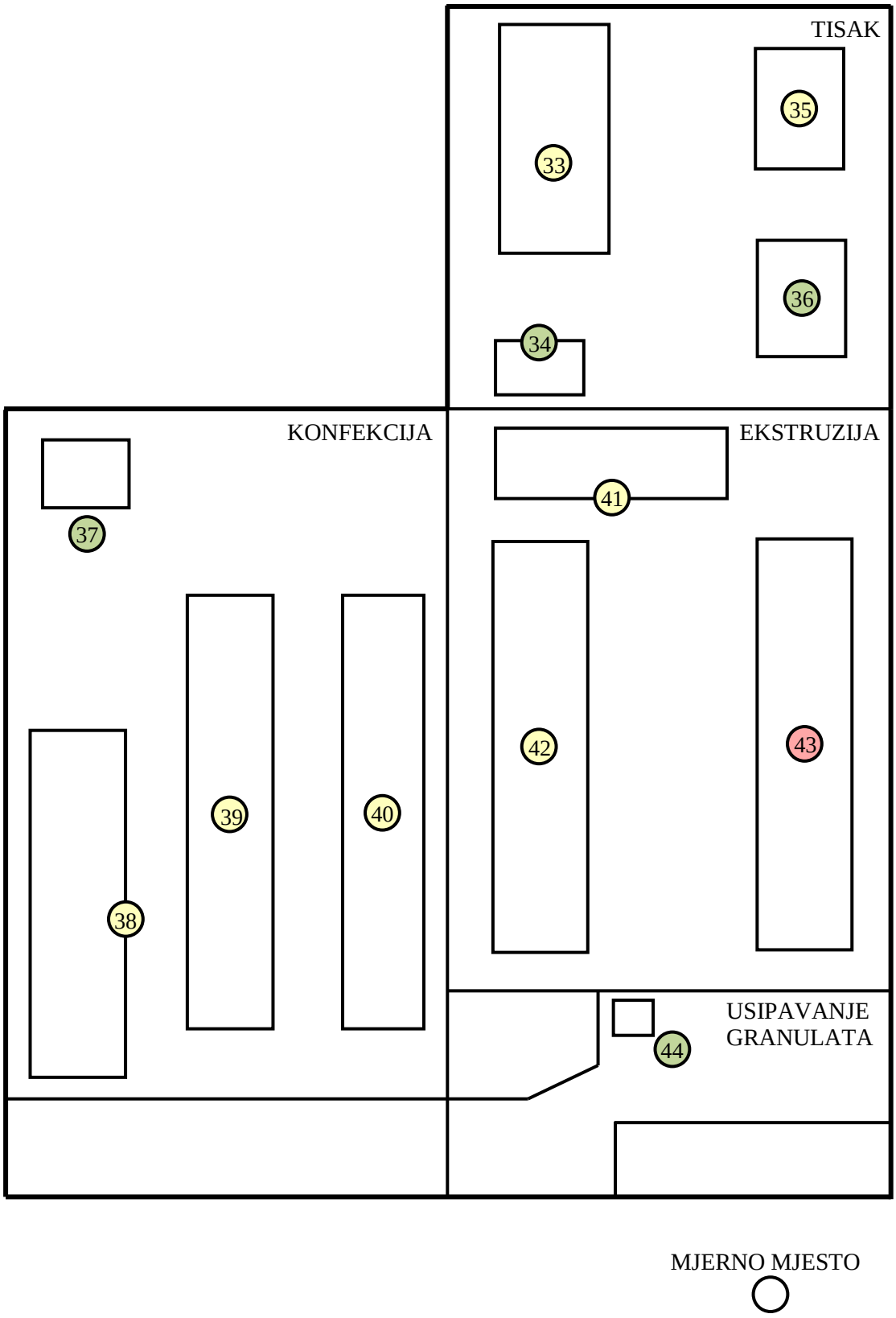
HALA 1 - proizvodni pogoni (tlocrt)



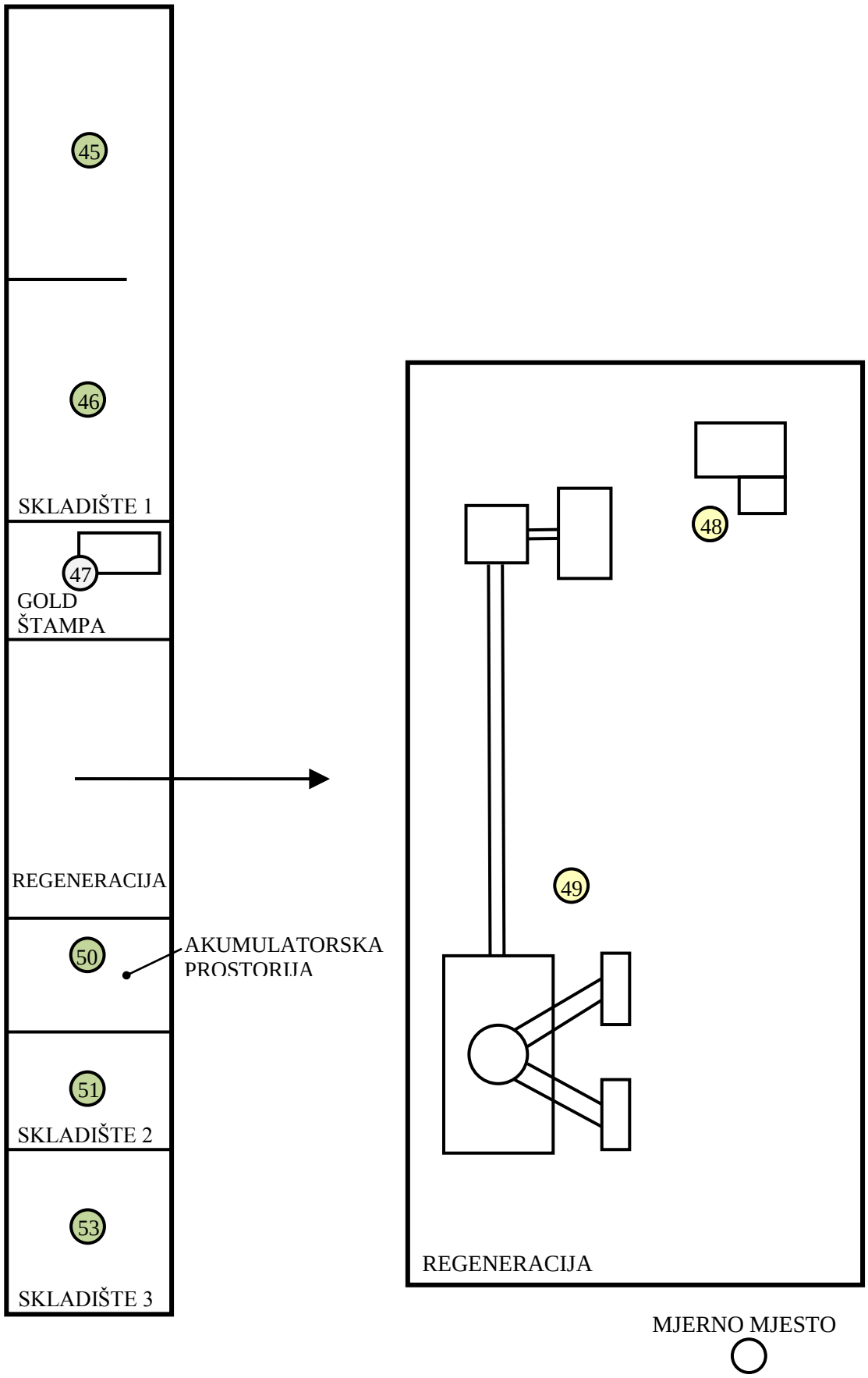
HALA 2 - proizvodni pogoni (tlocrt)



HALA 3 - proizvodni pogoni (tlocrt)



SKLADIŠTA I REGENERACIJA (tlocrt)



7.1.6. Analiza rezultata i rješenje

Mjerenje razine buke izvedeno je u proizvodnom procesu za vrijeme osmosatnog radnog vremena. Zvukomjerom SVANTEK, SVAN 945A izmjerene su ekvivalentne razine buke $\mathbf{L_{Aeq}}$ u dB(A). Analizom ekvivalentne razine buke na 52 mjerna mjesta utvrđeno je da se ona kreće između 53,3 i 85,8 dB(A); gdje je na mjernom mjestu 51 (Skladište 2) izmjerena najmanja razina buke od 53,3 dB(A), dok je na mjerenom mjestu 3 (Konfekcioniranje vrećica) izmjerena najviša razine buke i to 85,8 dB(A).

Prema pravilima zaštite na radu, najviša dopuštena dnevna ili tjedna izloženost buci na radnom mjestu, s obzirom na oštećenje sluha, ne smije iznositi više od 85 dB(A) [17]. Dakle, izmjerene razine buke više od 85 dB(A) **ne zadovoljavaju** pravila zaštite na radu, s obzirom na oštećenje sluha.

Rješenje: Na radnim mjestima, gdje razina buke ne prelazi 85 dB(A), preporuča se upotreba osobnih zaštitnih sredstava za zaštitu od buke, dok je na radnim mjestima, gdje razina buke prelazi 85 dB(A), upotreba zaštitnih sredstava za zaštitu sluha obavezna.

Ovisno o intenzitetu buke pripisuju se odgovarajuća zaštitna sredstva [18]:

- kod buke do 75 dB(A) koristi se zaštitna vata,
- kod buke iznosa do 85 dB(A) koriste se čepići, i
- kod buke jačine do 150 dB(A) koristi se ušni štitnik (antifon).



Slika 7.2 Osobna zaštitna sredstva za zaštitu sluha - antifon, čepići za uši (plastični, silikonski, spužvasti) [18]

7.2. Mjerenje vanjske buke

Mjerenje vanjske buke provedeno je prema zapisniku o izvršenom mjerenju buke. Mjerenje je provelo poduzeće *Međimurje ZAING d.o.o.* koje je ovlašteno za obavljanje mjerenja i predviđanja buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave rješenjem Ministarstva zdravstva. Zapisnik o izvršenom mjerenju nalazi se u Prilogu br. 2.

7.2.1. Opći podaci

Korisnik:	Muraplast d.o.o., Industrijska bb, Kotoriba
Lokacija:	Poslovni i proizvodni prostori - Kotoriba, Industrijska zona bb
Mjerenje i ispitivanje:	Razina buke koja se pri uobičajenom obavljanju radnog procesa širi u okolne prostore (dB(A))
Datum ispitivanja:	24.08.2015. godine (dnevni i noćni uvjeti - mlin je radio), 29.08.2015. godine (dnevni i noćni uvjeti - nije radio mlin)
Meteorološki uvjeti:	Meteorološki uvjeti su bili takvi da nisu imali utjecaja na rezultate mjerenja: bez jačeg vjetra i padalina
Mjerenje izvršio:	Marko Mlinarić

7.2.2. Primijenjeni propisi

1. Zakon o zaštiti od buke (NN 30/09).
2. Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (NN 145/04).
3. Pravilnik o djelatnostima za koje je potrebno utvrditi provedbu mjera za zaštitu od buke (NN 91/07).

7.2.3. Mjerna oprema kojom su izvršena mjerenja

Mjerenje razine vanjske buke izvedeno je zvukomjerom TESTO 815 (Slika 7.3). Uređaj je u vlasništvu tvrtke Muraplast d.o.o., te služi za provjeru dopuštenih razina vanjske (okolišne) buke. Ocjena ispitivanja razine buke u skladu je sa Pravilnikom o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (NN 145/04).



Slika 7.3 Zvukomjer Testo 815

7.2.4. Opis prostora, položaja izvora buke i mjernih mjesta

Na lokaciji u industrijskoj zoni Kotoriba nalaze se poslovni i proizvodni prostori poduzeća Muraplast. U ograđenom krugu poduzeća nalaze se četiri izdvojene građevine - tri proizvodno poslovne i jedna pretežito skladišna. Cjelokupna proizvodnja - proizvodnja plastičnih folija sa štampom i konfekcioniranjem odvija se u zatvorenom prostoru. U krugu poduzeća odvija se živ unutarnji i vanjski transport - naročito u dnevnim uvjetima. Pritom se koriste viličari i kamioni. Od izvora u vanjskom prostoru bitno je spomenuti ventilatore na vanjskim zidovima hala.

Izvodom iz katastra dobiveni su podaci o lokaciji (položaju) objekata poduzeća, te susjednih objekata. Lokacija sa zapadne strane graniči sa parcelom stolarske radionice Željko Škoda. Na istočnoj strani cijelom dužinom parcele su prostori mlina JULIA. Sa sjeverne strane je parkiralište i pristupna prometnica. Preko puta su poljoprivredne površine i poslovni objekt u izgradnji. S južne strane su većinom poljoprivredne površine, dok su na jugoistočnom i jugozapadnom uglu parcele stambeni objekti - granica sa stambenom zonom.

Budući da zbog prirode proizvodnje (izvlačenje plastične folije) ista nije mogla biti prekinuta, nije izvršeno mjerenje bez uključenih izvora buke. S obzirom da je poduzeće na predmetnoj lokaciji 26 godina, kao kriterij su uzete dozvoljene razine buke za industrijsku zonu - na granici s poslovnim subjektima, a za stambene objekte za poslovnu stambenu zonu sa pretežito stambenim objektima.

Bitno je napomenuti da je susjedni mlin jači izvor buke, te je za mjerna mjesta 4 i 5 izvršeno dnevno i noćno mjerenje, kada mlin nije radio, kako bi se utvrdio utjecaj buke mlina na razinu na tim lokacijama.

Izvori buke:

- sredstva rada koja se koriste u proizvodnji navedena su u Prilogu br. 3,
- buka mlina JULIA,
- promet na prometnicama oko lokacije i na željezničkoj pruzi sjeverno od lokacije.

7.2.5. Rezultati ispitivanja

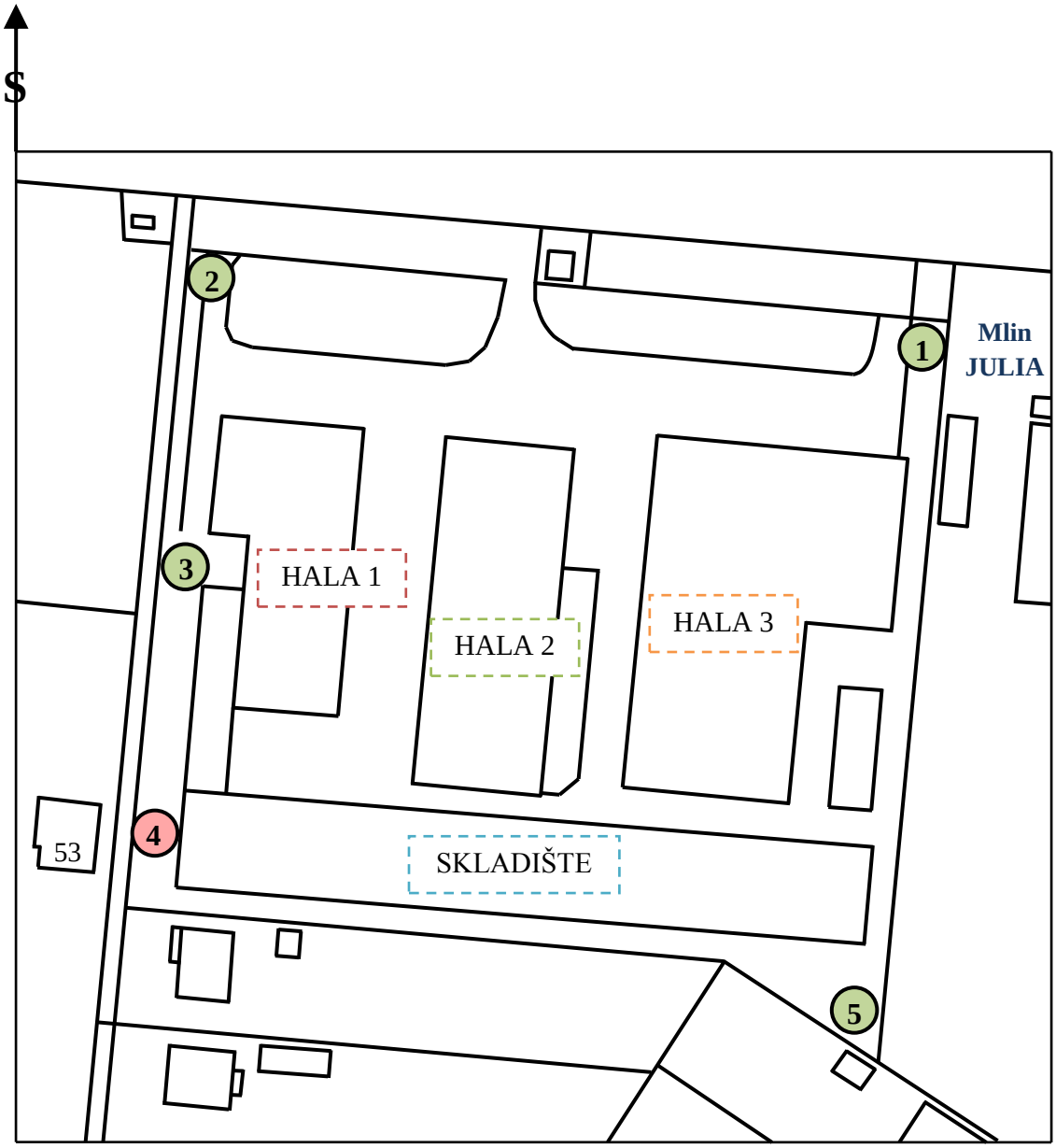
Izmjerene su razine buke na izvoru, te na granici parcele (kod ograde) i kod najugroženijih stambenih objekata pri uobičajenom odvijanja radog procesa. Dobiveni rezultati prikazani su u Tablici 7.3.

Tablica 7.3 Rezultati ispitivanja vanjske buke

Mjerno mjesto / prostor	Razina buke pri radu ispitivanih izvora buke $\mathbf{L_{RAeq}}$ u dB(A) dan/noć	Dopušteno dan/noć (NN 145/08)	Napomena
Mjerno mjesto 1 (kod ograde na sjeveroistočnom uglu parcele)	64/59,2	80	ZADOVOLJAVA
Mjerno mjesto 2 (kod ograde na sjeverozapadnom uglu parcele)	54,4/52,4	80	ZADOVOLJAVA
Mjerno mjesto 3 (granica parcele - ograda prema stolarskoj radionici)	57,6/53,1	80	ZADOVOLJAVA
Mjerno mjesto 4 (prostor ispred stambenog objekta k. br. 53 - MLIN RADI)	47,5/46,2	55/45	NE ZADOVOLJAVA ZA NOĆNE UVJETE
Mjerno mjesto 4 (prostor ispred stambenog objekta k. br. 53 - MLIN NE RADI)	46,2/45,6	55/45	NE ZADOVOLJAVA ZA NOĆNE UVJETE
Mjerno mjesto 5 (kod ograde na jugoistočnom uglu parcele - MLIN RADI)	45,8/43,5	55/45	ZADOVOLJAVA
Mjerno mjesto 5 (kod ograde na jugoistočnom uglu parcele - MLIN NE RADI)	44,3/42,1	55/45	ZADOVOLJAVA

7.2.6. Položaj mjernih mjesta¸

Izvod iz katastra (položaj objekata poduzeća i susjednih objekata)

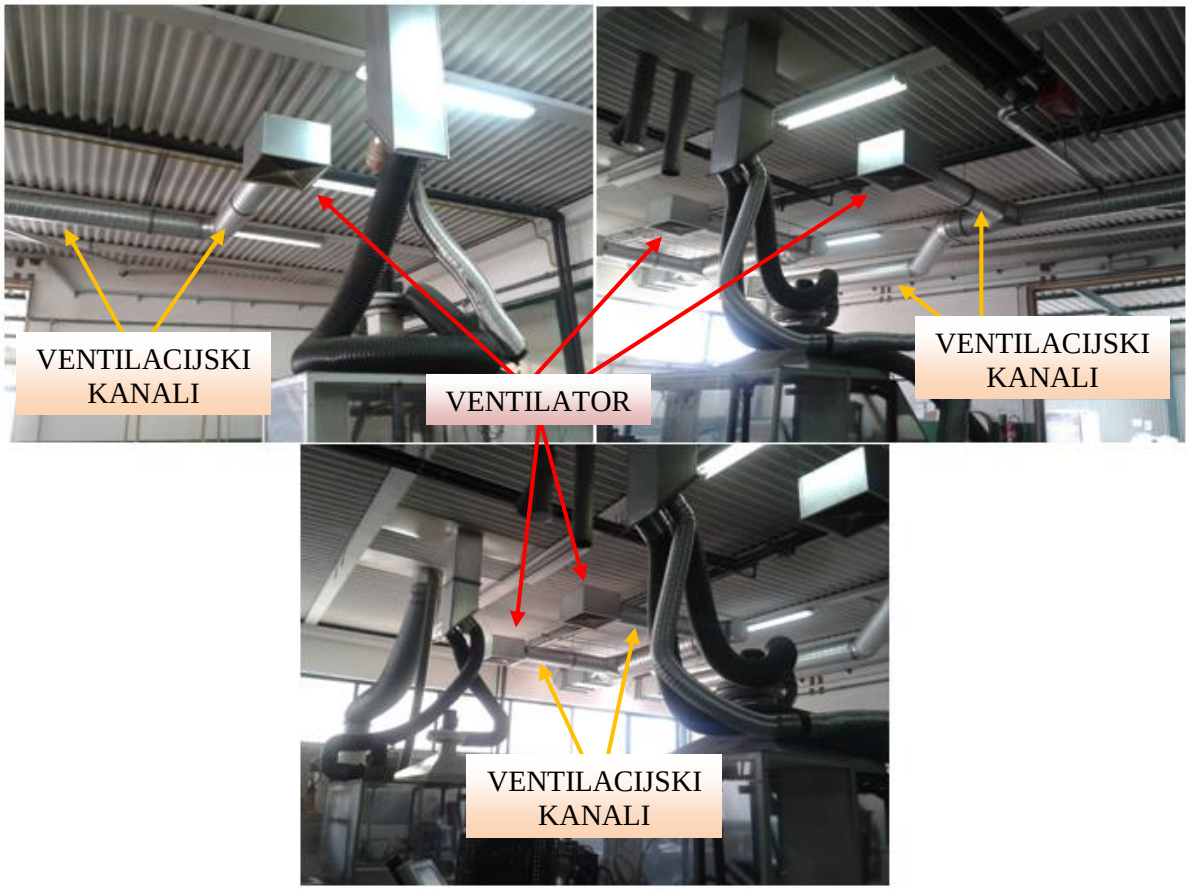


7.2.7. Analiza rezultata i rješenje

Iz mjerenja je vidljivo da razine izmjerene na granicama parcele - prema poslovnim susjedima ne prelaze maksimalno dozvoljenih 80 dB(A) - zapravo kod izvora buke na vanjskom prostoru nije zabilježena veća vrijednost od 70 dB(A). Na mjernom mjestu 5 dominantna je buka mlina, te je za kontrolu izvršeno mjerenje kada mlin nije radio.

Na mjerom mjestu 4 također je izvršeno mjerenje kada mlin nije radio, iz razloga, jer su na tom mjestu za vrijeme rada mlina izmjerene veličine buke koje ne zadovoljavaju noćne uvjete. Mjerenjem kada mlin nije radio, ispostavilo se da izmjerene veličine buke **ne zadovoljavaju noćne uvjete**. Razine bez uključenih izvora u proizvodnji nisu mogle biti izmjerene zbog prirode proizvodnje, koja se gasi samo prilikom generalnih remonta zbog problema u slučaju prekida izvlačenja folije na ekstruderima.

Rješenje: Na mjernom mjestu 4 povišenu razinu buke uzrokuje postrojenje za konfekcioniranje vrećica iz HALE 1. Razlog tome je i činjenica da se prilikom unutarnjeg mjerenja razine buke, na tom mjestu zabilježila najveća razina buke od 85,8 dB(A). Buka u postrojenju za konfekcioniranje vrećica nastaje zbog bučnih strojeva, te se širi u ventilacijske kanale. Da bi se buka utišala dodat će se prigušivač u ventilacijskom sustavu. Ako se smanjenje buke održava kada u ventilacijskim cijevima postoji određen broj promjena oblika i ogranaka, moguće je postići poželjno ograničenje razine zvuka na ispušnom otvoru, iako se ventilatori ne mogu dovoljno utišati na samom izvoru (Slika 7.4). Apsorpcijski materijal (staklena vuna debljine 5 cm obložena filcom, kako bi se spriječilo odnošenje čestica materijala zračnom strujom), stavlja se u apsorpcijski prigušivač zvuka, čime se sprječava pojava dodatne buke, a postignut je i bolji protok zraka kroz postrojenje (Slika 7.5).



Slika 7.4 Ventilacijski sustav u postrojenju za konfekcioniranje vrećica (HALA 1)



Slika 7.5 Apsorpcijski prigušivač zvuka





Slika 7.6 Ispušni otvor

Nakon postavljanja apsorpcijskih prigušivača zraka u postrojenju za konfekcioniranje vrećica (HALA 1), provedeno je ponovno mjerenje vanjske buke, dana 04.09.2015. godine (mlin je radio), te dana 05.09.2015. godine (mlin nije radio). Ponovnim mjerenjem je ustanovljeno da je na mjernom mjestu 4, razina buke u noćnim uvjetima pala ispod 45 dB(A).

Tablica 7.4 Ponovljeni rezultati ispitivanja vanjske buke

Mjerno mjesto / prostor	Razina buke pri radu ispitivanih izvora buke $\mathbf{L_{RAeq}}$ u dB(A) dan/noć	Dopušteno dan/noć	Napomena
Mjerno mjesto 1 (kod ograde na sjeveroistočnom uglu parcele)	63,8/58,9	80	ZADOVOLJAVA
Mjerno mjesto 2 (kod ograde na sjeverozapadnom uglu parcele)	55,2/51,3	80	ZADOVOLJAVA
Mjerno mjesto 3 (granica parcele - ograda prema stolarskoj radionici)	56,9/54,2	80	ZADOVOLJAVA
Mjerno mjesto 4 (prostor ispred stambenog objekta k. br. 53 - MLIN RADI)	48,4/44,3	55/45	ZADOVOLJAVA
Mjerno mjesto 4 (prostor ispred stambenog objekta k. br. 53 - MLIN NE RADI)	45,8/43,6	55/45	ZADOVOLJAVA
Mjerno mjesto 5 (kod ograde na jugoistočnom uglu parcele - MLIN RADI)	46,4/42,8	55/45	ZADOVOLJAVA
Mjerno mjesto 5 (kod ograde na jugoistočnom uglu parcele - MLIN NE RADI)	43,9/43,2	55/45	ZADOVOLJAVA

8. Zaključak

Industrijska revolucija koje smo svjedoci u posljednjih nekoliko desetaka godina donosi nam iz dana u dan sve veću buku. Kako se s industrijskim razvojem povećava i gustoća stanovništva, buka ugrožava sve veći broj ljudi. Zaštita čovjekova zdravlja i sluha postao je zadatak prvog reda i treba mu pokloniti posebnu pažnju. Tehnika je svojim napretkom okružila čovjeka golemim brojem izvora buke, ali je istodobno - povećavajući radnu produktivnost - stvorila materijalna i financijska sredstva koja omogućuju uspješnu borbu protiv te nepoželjne pojave.

Buka tvorničkih pogona prodire iz zgrada kroz vrata za vozila, kroz prozore i otvore za provjetravanje i kroz lagane krovne konstrukcije. Moderne tvorničke zgrade, u kojima proizvodni strojevi i uređaji stvaraju veliku buku, nemaju prozore, već umjetnu ventilaciju i rasvjetu, a vrata su im specijalne konstrukcije i otvori za izlazak zraka opskrbljeni prigušivačima za zvuk. Prodor buke proizvodnog pogona do naselja ne može se spriječiti zaštitnim zidovima jer njezin najveći dio dolazi iz viših dijelova zgrada, kroz krov i otvore na njemu.

U zaštiti od buke onih koji rade uz strojeve i uređaje, moderna tehnika pruža više rješenja. Jedno od njih je zamjena bučnijega tehnološkog procesa manje bučnim. Tako se pneumatsko zakivanje može zamijeniti zavarivanjem, kovanje prešanjem, a čekićno izravnavanje limova valjanjem. Ako preinaka konstrukcije stroja ne daje zadovoljavajuće rješenje, ostaje još izoliranje stroja, dakle njegovo ograđivanje, kako bi se spriječilo da se širi buka. Često pomaže i povećana zvučna apsorpcija u takvim prostorijama. Kad spomenute mjere ne pomažu ili se ne mogu primijeniti, valja zaštititi barem sluh zvučnim prigušivačima što se stavljaju u slušni kanal uha ili zaštitnim šljemom koji još k tome sprečava prodor zvuka do ušiju preko kosti glave. Od vrlo bučnih tehnoloških procesa čovjek se može zaštititi i na taj način da se što više primijeni automatizacija, gdje se nadzor ostvaruje pomoću signalnih uređaja i televizijskih kamera.

Svemu što je izneseno o zaštiti od buke treba dodati i to da je moderna elektronika omogućila gradnju preciznih i pouzdanih instrumenata za mjerenje i analizu buke. Iako je tehnički napredak u tome vrlo velik, instrument ipak ne može svojim pokazivanjem biti tumač onoga što čovjek doživljavajući buku čuje i osjeća. To su psihički i fiziološki činioci, posebno važni za ocjenjivanje stupnja smetnji od buke. No, unatoč tim nedostacima, bez pomoći mjerne tehnike borba protiv buke ne bi mogla biti djelotvorna.

U Varaždinu _____ **Potpis studenta _____**

9. Literatura

[1] **Ingemansson, Stig.** *Zaštita od buke - Načela i primjena.* Zagreb : ZIRS - Zagreb, 1995. ISBN 953-96031-7-X.

[2] **Trbojević, Nikola.** *Osnove zaštite od buke i vibracija.* Karlovac : Veleučilište u Karlovcu, 2011. ISBN 978-953-7343-53-8.

[3] **Karl H. E. Kroemer, Etienne Grandjean.** *Prilagođavanje rada čovjeku - Ergonomski priručnik.* Split : Naklada Slap, 1999. ISBN 953-191-096-0.

[4] Cybermed.hr. *Što je upala srednjeg uha?* [Mrežno] [Citirano: 27. Kolovoz 2015.] http://www.cybermed.hr/centri_a_z/upala_srednjeg_uha/sto_je_upala_srednjeg_uha.

[5] Metro-portal.hr. *Znanstvenici na korak od rješavanja problema gluhoće? .* [Mrežno] [Citirano: 28. Kolovoz 2015.] http://metro-portal.hr/znanstvenici-na-korak-od-rjesavanja-problema-gluhoce/39985.

[6] **Jelaković, Tihomil.** *Zvuk · Sluh · Arhitektonska akustika.* 2. izdanje. Zagreb : Školska knjiga , 1978.

[7] **Petar Kulišić, Mladen Pavlović.** *Fizika 2.* Zagreb : Školska knjiga, 2007. ISBN 987-953-0-21448-4.

[8] **Pavković, Branimir.** Industrijska akustika. *Laboratorijske vježbe A.* [Mrežno] 7. Travanj 2010. [Citirano: 30. Kolovoz 2015.] http://www.riteh.uniri.hr/zav_katd_sluz/zvd_kons_stroj/nas/LabVjezbe_A/Download/Ind_akust_studenti.pdf.

[9] Osnovni akustički pojmovi. [Mrežno] Odsjek za fonetiku Filozofskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. [Citirano: 1. Rujan 2015.] http://www.ffzg.unizg.hr/fonet/djelatnici/bakran/akf1/Osnovni.html.

[10] **Radanović, Božidar.** Buka u Radnoj Okolini - Documents - DOCUMENTS.TIPS. *BUKA U RADNOJ OKOLINI - NOVI PROPIS I NOVA NORMA - .* [Mrežno] Hrvatska udruga za zaštitu zdravlja i sigurnosti na radu, 17. Srpanj 2015. [Citirano: 4. Rujan 2015.] http://documents.tips/documents/buka-u-radnoj-okolini.html.

[11] Najtiša prostorija na svijetu. [Mrežno] Pixelizam, 12. Svibanj 2014. [Citirano: 5. Rujan 2015.] http://pixelizam.com/najtisa-prostorija-na-svijetu-u-kojoj-jos-niko-nije-izdrzao-duze-od-45-minuta/.

[12] Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (NN 145/04). [Mrežno] Ministarstvo zdravstva i socijalne skrbi, 7. Listopad 2004. [Citirano: 5. Rujan 2015.] http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2004_10_145_2548.html.

[13] Nacrt konačnog prijedloga zakona o zaštiti od buke. *Članak 13.* [Mrežno] Republika hrvatska - Ministarstvo zdravstva, Prosinac 2002. [Citirano: 5. Rujan 2015.] https://vlada.gov.hr/UserDocsImages//Sjednice/Arhiva//77222.%20-%202.pdf.

[14] Sound Levels - IPS_FAQ. *Weighted Levels - the dBA etc.* [Mrežno] [Citirano: 6. Rujan 2015.] http://www.ips.org.uk/faq/index.php?title=Sound_Levels#Weighted_Levels_-_the_dBA_etc..

[15] Normiranje buke - ZPR - FER. *Ocjenjivanje i normiranje buke.* [Mrežno] Fakultet elektrotehnike i računarstva. [Citirano: 7. Rujan 2015.] http://web.zpr.fer.hr/ergonomija/2004/pivac/normiranje_page.htm.

[16] Instrumenti za mjerenje buke - ZPR - FER. *Karakteristike instrumenata za mjerenje buke.* [Mrežno] Fakultet elektrotehnike i računarstva. [Citirano: 9. Rujan 2015.] http://web.zpr.fer.hr/ergonomija/2004/pivac/instrumenti_page.htm.

[17] **Kurek, Damir.** Zaštita na radu. *Priručnik za internu upotrebu.* [Mrežno] [Citirano: 12. Rujan 2015.] Stranica: 18. http://www.ss-tehnicka-rboskovic-zg.skole.hr/upload/ss-tehnicka-rboskovic-zg/multistatic/55/Zastita_na_radu.pdf.

[18] Buka i zaštita na radu. *Osobna zaštitna sredstva za zaštitu od buke.* [Mrežno] 5. Lipanj 2012. [Citirano: 12. Rujan 2015.] http://zastitanaradu.com.hr/novosti/Buka-i-zastita-na-radu-14.

[19] Zakon o zaštiti od buke, NN 30/09.

[20] Pravilnik o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu, NN 46/08.

[21] Zakon o zaštiti na radu, NN 71/14.

[22] Pravilnik o djelatnostima za koje je potrebno utvrditi provedbu mjera za zaštitu od buke, NN 91/07.

[23] Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave, NN 145/04.

Popis slika i tablica

SLIKE

Slika 2.1 Presjek uha [4] 5
Slika 2.2 Negativni utjecaj buke na tijelo čovjeka [1] 7
Slika 2.3 Razina buke [2] 8
Slika 2.4 Razina buke iznad 85 dB(A) [2] 9
Slika 3.1 Longitudinalni val na opruzi [7] 11
Slika 3.2 Osnovne karakteristike širenja zvuka [2] 12
Slika 3.3 Glazbena vilica kao izvor zvuka [1] 13
Slika 3.4 Čisti ton i razina zvuka [1] 13
Slika 3.5 Karakteristika čistog tona [8] 13
Slika 3.6 Karakteristika buke [8] 14
Slika 3.7 Buka - kombinacija tonova različitih frekvencija [1] 14
Slika 3.8 Granice zvuka [1] 15
Slika 3.9 Zvuk iz dva izvora [1] 21
Slika 3.10 Točkasti izvor zvuka [1] 22
Slika 3.11 Upad zvuka [1] 22
Slika 3.12 Izgled gluhe komore [11] 23
Slika 4.1 Sustav zaštite od buke u proizvodnom prostoru [2] 25
Slika 4.2 Iz jedne prostorije u drugu zvuk prolazi ne samo 25
Slika 5.1 Normirane krivulje A i C za frekvencijsko vrednovanje [14] 33
Slika 5.2 Mjerenje impulsne buke zvukomjerom [1] 34
Slika 6.1 Položaj mikrofona iznad tla [8] 38
Slika 6.2 Položaj mikrofona vani [8] 39
Slika 6.3 Položaj mikrofona u prostoriji [8] 39
Slika 6.4 Utjecaj operatera na mjerenje [8] 39
Slika 6.5 Položaj operatera [8] 40
Slika 6.6 Mjerenje u stvarnoj prostoriji [8] 40
Slika 6.7 Mjerenje direktne i reflektirane buke [8] 41
Slika 7.1 Zvukomjer Svantek, Svan 945A 45
Slika 7.2 Osobna zaštitna sredstva za zaštitu sluha - antifon,čepići za uši 55
Slika 7.3 Zvukomjer Testo 815 57
Slika 7.4 Ventilacijski sustav u postrojenju za konfekcioniranje vrećica (HALA 1) 60

Slika 7.5 Apsorpcijski prigušivač zvuka 61
Slika 7.6 Ispušni otvor 61

TABLICE

Tablica 4.1 Primjeri preporučenih razina buke u proizvodnom prostoru [2] 26
Tablica 4.2 Najviše dopuštene razine buke (NN 145/04) [12] 29
Tablica 5.1 Značajke buke klasificirane zavisno od variranja tijekom vremena [1], [2] 35
Tablica 7.1 Ocjene mjerenja s obzirom na razinu buke 45
Tablica 7.2 Rezultati ispitivanja unutarnje buke 46
Tablica 7.3 Rezultati ispitivanja vanjske buke 58
Tablica 7.4 Ponovljeni rezultati ispitivanja vanjske buke 62

Prilog br. 1.

ZAKON O ZAŠTITI OD BUKE

Članak 1.

Ovim se Zakonom utvrđuju mjere u cilju izbjegavanja, sprječavanja ili smanjivanja štetnih učinaka na zdravlje ljudi koje uzrokuje buka u okolišu, uključujući smetanje bukom, osobito u vezi s:

– utvrđivanjem izloženosti buci i to izradom karata buke na temelju metoda za ocjenjivanje buke u okolišu,

– osiguravanjem dostupnosti podataka o buci okoliša i

– izradom akcijskih planova koji se temelje na podacima korištenim u izradi karata buke.

Odredbe ovoga Zakona primjenjuju se za ocjenu i upravljanje bukom okoliša kojoj su izloženi ljudi, osobito u izgrađenim područjima, u javnim parkovima ili drugim tihim područjima u naseljenim područjima, u tihim područjima u prirodi, pored škola, bolnica i drugih zgrada i područja osjetljivih na buku.

Odredbe ovoga Zakona ne odnose se na mjere zaštite od buke koje obvezuju Republiku Hrvatsku po međunarodnim ugovorima i konvencijama.

Odredbe ovoga Zakona ne odnose se na buku koja nastaje pri uklanjanju posljedica elementarnih nepogoda i pri drugim izvanrednim događajima ili okolnostima koje mogu izazvati veće materijalne štete, ugrožavati zdravlje i živote ljudi te narušavati čovjekovu okolinu u većim razmjerima.

Odredbe ovoga Zakona ne odnose se na buku koju izaziva sama izložena osoba, buku svakodnevnih kućanskih aktivnosti, buku unutar vozila, buku iz stambenih prostora, buku na radnome mjestu, buku od vojnih aktivnosti u strogo određenim vojnim područjima te na zvučno oglašavanje zvonima ili elektroakustičkim uređajima na/iz vjerskih objekata i buku od uporabnih predmeta koji predstavljaju kulturno dobro sukladno propisima o zaštiti i očuvanju kulturnih dobara.

Odredbe ovoga Zakona ne odnose se na buku koju izazivaju domaće ili divlje životinje.

Odredbe ovoga Zakona ne odnose se na buku koja nastaje zbog uporabe uređaja, opreme, pomorskih objekata i vozila tijekom sportskih aktivnosti.

Odredbe ovog Zakona ne odnose se na buku koja potječe iz objekata u kojima se obavlja neregistrirana djelatnost, odnosno obavlja djelatnost bez odobrenja nadležnog tijela državne uprave.

Odredbe ovog Zakona ne odnose se na buku zrakoplova.

Usklađenost s propisima Europske unije

Članak 1.a

Ovaj Zakon sadrži odredbe koje su u skladu sa sljedećim aktom Europske unije:

– Direktivom 2002/49/EZ Europskoga parlamenta i Vijeća od 25. lipnja 2002. godine o procjeni i upravljanju bukom okoliša - Izjava Komisije u Odboru za mirenje o Direktivi o procjeni i upravljanju bukom okoliša

(SL 189, 18.07.2002.).

Članak 2.

Pojedini izrazi u smislu ovoga Zakona imaju sljedeće značenje:

1. *Buka okoliša* jest neželjen ili po ljudsko zdravlje i okoliš štetan zvuk u vanjskome prostoru izazvan ljudskom aktivnošću, uključujući buku koju emitiraju: prijevozna sredstva, cestovni promet, pružni promet, zračni promet, pomorski i riječni promet kao i postrojenja i zahvati za koje se prema posebnim propisima iz područja zaštite okoliša pribavlja rješenje o objedinjenim uvjetima zaštite okoliša, odnosno rješenje o prihvatljivosti zahvata za okoliš,

2. *Štetni učinci* su učinci štetni za ljudsko zdravlje i okoliš,

3. *Buka štetna po zdravlje ljudi* jest svaki zvuk koji prekoračuje propisane najviše dopuštene razine s obzirom na vrstu izvora buke, mjesto i vrijeme nastanka,

4. *Smetanje bukom* jest stupanj smetnje stanovništva uzrokovane bukom okoliša određene na temelju rezultata dobivenih računalnom metodom ili mjerenjem buke okoliša,

5. *Indikator buke* jest akustička veličina za opis buke okoliša koja je povezana sa štetnim učincima buke,

6. *Ocjenjivanje* jest svaka metoda za izračunavanje, predviđanje, procjenjivanje ili mjerenje vrijednosti indikatora buke ili s njim povezanog štetnog učinka,

7. *Lden (indikator buke za dan-večer-noć)* jest indikator buke za ukupno smetanje bukom,

8. *Lday (indikator dnevne buke)* jest indikator buke za vremensko razdoblje ‘dan’,

9. *Levening (indikator večernje buke)* jest indikator buke za vremensko razdoblje ‘večer’,

10. *Lnight (indikator noćne buke)* jest indikator buke koja uzrokuje poremećaj sna za vremensko razdoblje ‘noć’,

11. *Godina* označava relevantnu godinu u pogledu emisije buke i prosječnu godinu u pogledu meteoroloških prilika,

12. *Odnos doza-učinak* jest odnos između vrijednosti indikatora buke i štetnog učinka buke,

13. *Posebna zvučna izolacija* jest zvučna izolacija zgrade u odnosu na jedan ili više izvora buke okoliša kombinirana s takvim sustavom za ventilaciju i/ili kondicioniranje zraka koji osigurava visoke vrijednosti zvučne izolacije od buke okoliša,

14. *Tiha fasada* jest fasada zgrade koja prilikom promatranja određenog izvora buke ima vrijednost Lden na visini (4,0 ± 0,2) m iznad tla i 2 m ispred pročelja za više od 20 dB nižu nego na fasadi s najvišom vrijednošću Lden,

15. *Naseljeno područje* je zaokruženi dio teritorija jedinica lokalne i područne (regionalne) samouprave s više od 100.000 stanovnika, a predstavlja urbanu, povijesnu, prirodnu, gospodarsku i društvenu cjelinu,

18. *Glavna cesta* je javna cesta s više od 3.000.000 prolaza vozila godišnje,

19. *Glavna željeznička pruga* je željeznička pruga s više od 30.000 prolaza vlakova godišnje,

20. *Glavna zračna luka* je civilna zračna luka s više od 50.000 operacija (uzlijetanja ili slijetanja) godišnje, isključujući operacije laganih zrakoplova kada se ti letovi obavljaju u svrhu školovanja,

21. *Karta buke* jest prikaz postojećeg i/ili predviđenog stanja imisije buke na promatranom području, izražena harmoniziranim indikatorima buke. Najčešći podaci koje karta buke sadrži jesu prekoračenje propisanih dopuštenih vrijednosti, procijenjeni broj ljudi izloženih pojedinim razinama buke te procijenjeni broj stanova, škola, bolnica izloženih određenim vrijednostima indikatora buke u promatranom području,

22. *Strateška karta buke* jest temeljna karta buke namijenjena cjelovitom ocjenjivanju izloženosti stanovništva buci od različitih izvora buke,

23. *Konfliktna karta buke* jest razlikovna karta buke namijenjena za izradu akcijskih planova,

24. *Dopuštena vrijednost indikatora buke* jest vrijednost Lden ili Lnight, te, gdje je primjereno, i Lday i Levening, koje su utvrđene pravilnikom iz članka 7. stavka 8. ovoga Zakona pri čijem prekoračenju ministarstvo nadležno za zdravstvo (u daljnjem tekstu: Ministarstvo) razmatra i po potrebi provodi mjere zaštite od buke sukladno pravilniku iz članka 7. stavka 8. ovoga Zakona,

25. *Akcijski planovi* su planovi izrađeni radi upravljanja bukom okoliša i njezinim štetnim učincima, uključujući mjere zaštite od buke,

26. *Akustičko planiranje* jest planiranje koje služi za upravljanje budućom bukom okoliša, a koristi se prostorno planskim mjerama zaštite od buke kao što su sustavno planiranje i upravljanje svim vrstama prometa, zaštita mjerama zvučne izolacije i upravljanje bukom na mjestu emisije,

27. *Javnost* jest jedna ili više fizičkih ili pravnih osoba te njihove udruge, organizacije ili skupine.

Članak 3.

Mjerama zaštite od buke mora se spriječiti nastajanje emisije prekomjerne buke, odnosno smanjiti postojeća buka na dopuštene razine.

Članak 4.

Zaštitu od buke obvezni su provoditi i osigurati njezino provođenje tijela državne uprave, jedinice lokalne i područne (regionalne) samouprave te pravne i fizičke osobe koje obavljaju registrirane djelatnosti.

Članak 5.

Zaštita od buke provodi se danonoćno.

U smislu ovoga Zakona dan traje 12 sati, od 7 do 19 sati, večer traje 4 sata, od 19 do 23 sata, a noć traje 8 sati, od 23 do 7 sati.

Članak 6.

Zabranjeno je obavljati radove, djelatnosti i druge aktivnosti koje u boravišnim prostorima uzrokuju buku štetnu po zdravlje ljudi.

Uporaba elektroakustičkih i akustičkih uređaja na otvorenom u objektima registriranim za obavljanje ugostiteljske djelatnosti dopuštena je najdulje do 24 sata, osim ako vrijeme uporabe tih uređaja aktom nadležnog tijela općine, grada i Grada Zagreba nije drukčije određeno.

Buka elektroakustičkih uređaja i ostalih izvora buke na otvorenom u objektima iz stavka 2. ovoga članka ne smije prelaziti najviše dopuštene razine buke sukladno pravilniku kojim su propisane najviše dopuštene razine buke na otvorenom prostoru.

Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke s obzirom na vrstu izvora buke, vrijeme i mjesto nastanka donosi ministar nadležan za zdravstvo (u daljnjem tekstu: ministar).

Članak 7. (NN 153/13)

Naseljena područja koja imaju više od 100.000 stanovnika obvezna su izraditi:

1. strateške karte buke,

2. akcijske planove.

Obveza izrade strateških karata buke i akcijskih planova odnosi se i na vlasnike, odnosno koncesionare industrijskih područja, glavnih cesta s više od 3.000.000 prolaza vozila godišnje, glavnih željezničkih pruga s više od 30.000 prolaza vlakova godišnje i glavnih zračnih luka s više od 50.000 operacija (uzlijetanja ili slijetanja) godišnje. Naputak o postupku i načinu utvrđivanja naseljenog područja sukladno odredbama ovoga Zakona donosi ministar.

Strateške karte buke i akcijski planovi iz stavka 1. točke 1. ovoga članka sastavni su dio informacijskog sustava zaštite okoliša Republike Hrvatske i čine stručnu podlogu za izradu prostornih planova i u postupku strateške procjene utjecaja plana i programa na okoliš.

Strateške karte buke i akcijski planovi usklađuju se trajno s izmjenama u prostoru, a obvezno se obnavljaju svakih pet godina od dana izrade, odnosno od dana odobravanja.

Strateške karte buke i akcijski planovi u potpunosti moraju biti dostupni javnosti sukladno posebnim propisima koji uređuju informiranje i sudjelovanje javnosti i zainteresirane javnosti u pitanjima zaštite okoliša.

Obveznici izrade strateške karte buke i/ili akcijskog plana obvezni su provesti javnu raspravu i podatke iz strateške karte buke i/ili akcijskog plana predstaviti javnosti raspoloživim metodama informiranja na jasan, razumljiv i sažet način.

Prilikom izrade strateških karata buke i akcijskih planova za pogranična područja obvezna je suradnja s nadležnim tijelima susjednih država.

Pravilnik kojim se uređuje način izrade i sadržaj karata buke i akcijskih planova iz stavka 1. ovoga članka te način izračuna dopuštenih indikatora buke donosi ministar u suradnji s ministrom nadležnim za zaštitu okoliša, ministrom nadležnim za graditeljstvo i ministrom nadležnim za promet.

Pri izradi strateških karata buke i akcijskih planova potrebno je uzeti u obzir odgovarajuće preporuke Europske unije o računskim metodama za izračun buke industrijskih područja, glavne ceste, glavne željezničke pruge i glavne zračne luke.

Podaci korišteni za izradu strateških karata buke i akcijskih planova s pripadajućim rezultatima dostavljaju se Ministarstvu, sukladno odredbama pravilnika kojim se uređuje izrada karata buke i akcijskih planova, i u elektroničkom obliku, koristeći obrasce dostupne na službenim mrežnim stranicama Europske agencije za zaštitu okoliša.

Odobravanje podataka iz stavka 10. ovoga članka obavlja Ministarstvo.

Evidenciju izrađenih strateških karata buke i akcijskih planova vodi Ministarstvo sukladno odredbama posebnoga propisa kojim se uređuje izrada strateških karata buke i akcijskih planova.

Ministarstvo dostavlja Europskoj komisiji podatke korištene za izradu strateških karata buke i sažetke akcijskih planova sukladno odredbama pravilnika kojim se uređuje izrada karata buke i akcijskih planova.

Članak 8.

U postupku izdavanja rješenja o prihvatljivosti zahvata za okoliš i rješenja o objedinjenim uvjetima zaštite okoliša sukladno posebnim propisima iz područja zaštite okoliša utvrđuje se ispunjavanje posebnih uvjeta vezano uz provedbu mjere zaštite od buke.

U postupcima iz stavka 1. ovoga članka Ministarstvo je nadležno za davanje mišljenja kojim se utvrđuju posebni uvjeti vezano uz provedbu mjera zaštite od buke.

Članak 9.

U postupku izdavanja rješenja o uvjetima građenja, lokacijske dozvole, građevinske dozvole ili uporabne dozvole, prema posebnom zakonu, Ministarstvo sudjeluje radi utvrđivanja uvjeta, odnosno potvrđivanja ispunjenosti uvjeta zaštite od buke.

Ako za obavljanje djelatnosti nije potrebna građevina, odnosno da se obavlja u građevini, tijelo državne uprave nadležno za utvrđivanje minimalno-tehničkih uvjeta i drugih propisanih uvjeta za obavljanje djelatnosti ne može izdati rješenje o ispunjavanju tih uvjeta ako Ministarstvo rješenjem ne utvrdi da su provedene mjere zaštite od buke.

U postupku iz stavka 1. ovoga članka, odnosno u rješenju iz stavka 2. ovoga članka utvrđuje se da su provedene mjere zaštite od buke te se obvezno navode svi izvori buke koji moraju biti istovjetni onima iz nalaza i mišljenja ovlaštene pravne osobe iz članka 12. stavka 1. ovoga Zakona te razdoblje iz članka 5. stavka 2. ovoga Zakona za koje su provedene mjere zaštite od buke.

Zahvate i djelatnosti za koje je potrebno sudjelovati u postupku iz stavka 1. ovoga članka, odnosno utvrditi rješenjem iz stavka 2. ovoga članka da su provedene mjere zaštite od buke te postupak i način utvrđivanja tih uvjeta pravilnikom će, uz prethodno pribavljeno mišljenje ministra nadležnog za zaštitu okoliša, prostorno uređenje i graditeljstvo, propisati ministar.

Troškove dokazivanja provedbe mjera za zaštitu od buke, kao i troškove postupka iz stavka 2. ovoga članka snosi podnositelj zahtjeva.

Članak 10.

Radi zadovoljavanja potreba za održavanjem javnih skupova i organiziranja razonode, zabavnih i športskih priredbi i drugih aktivnosti na otvorenom ili u zatvorenom prostoru za stanovništvo i goste, kada postoji mogućnost prekoračenja dopuštenih razina buke, jedinice lokalne samouprave odlukom predstavničkih tijela određuju ulice, dijelove ulica i naselja, trgove i druge lokacije u kojima je moguće prekoračiti dopuštene razine buke. Istom odlukom određuju se i putovi za dolaženje i odlaženje sudionika navedenih događanja.

Buka koja nastaje uslijed događanja iz stavka 1. ovoga članka ne smije u drugim ulicama ili dijelovima ulica, u ostalim dijelovima istog naselja i drugim naseljima prelaziti dopuštene granice.

Članak 10.a

Za učinkovito i usklađeno provođenje nacionalne politike na području zaštite od buke Hrvatski sabor, na prijedlog Vlade Republike Hrvatske, donosi Nacionalnu strategiju i akcijski plan za zaštitu od buke.

Članak 11.

Stručne poslove zaštite od buke utvrđene pravilnikom iz stavka 2. ovoga članka mogu obavljati pravne osobe registrirane za obavljanje te djelatnosti koje imaju ovlaštenje ministra, a akreditirane su prema normi HRN EN ISO/IEC 17025 uz prijelazni period za dobivanje akreditacije od dvije godine.

Pravilnik o uvjetima glede prostora, opreme i radnika pravnih osoba iz stavka 1. ovoga članka, kao i o stručnim poslovima zaštite od buke te o stručnom nadzoru nad pravnim osobama koje obavljaju te poslove uz prethodno pribavljeno mišljenje ministra nadležnog za zaštitu okoliša, prostorno uređenje i graditeljstvo donosi ministar.

Članak 12.

Ministar daje ovlaštenje pravnim osobama iz članka 11. stavka 1. ovoga Zakona rješenjem, protiv kojeg nije dopuštena žalba, već se protiv toga rješenja može pokrenuti upravni spor.

Troškove utvrđivanja uvjeta iz članka 11. stavka 2. ovoga Zakona snosi podnositelj zahtjeva.

Članak 13.

Osobe koje u pravnim osobama obavljaju stručne poslove zaštite od buke moraju imati položen stručni ispit.

Stručni ispit iz stavka 1. ovoga članka polaže se u Ministarstvu.

Pravilnik o programu, uvjetima i načinu polaganja stručnog ispita donosi ministar.

Troškove polaganja stručnog ispita iz stavka 1. ovoga članka snosi podnositelj zahtjeva.

Članak 14.

Osobe iz članka 11. i 13. ovoga Zakona obvezne su se u načinu i postupku mjerenja proračuna i ocjenjivanja te sadržaja nalaza o mjerenju pridržavati međunarodnih normi (ISO), europskih normi (EN), hrvatskih normi (HRN) i odgovarajućih preporuka Europske unije.

Ovlaštenoj pravnoj osobi iz članka 11. stavka 1. ovoga Zakona za koju se stručnim nadzorom utvrdi da ne obavlja stručne poslove u skladu sa stavkom 1. ovoga članka ministar će oduzeti ovlaštenje.

Članak 15.

Ovlaštenje ministra za obavljanje stručnih poslova zaštite od buke iz članka 11. stavka 1. ovoga Zakona objavit će se u »Narodnim novinama«.

Članak 16. (NN 153/13)

Upravni nadzor nad primjenom ovoga Zakona i propisa donesenih na temelju ovoga Zakona obavlja Ministarstvo.

Inspekcijski nadzor nad primjenom ovoga Zakona i propisa donesenih na temelju ovoga Zakona obavlja sanitarna inspekcija Ministarstva.

Iznimno od stavka 2. ovoga članka, nadzor nad provedbom odluka predstavničkih tijela jedinica lokalne samouprave donesenih na temelju članka 6. stavka 2. i članka 10. ovoga Zakona provodi komunalno redarstvo.

Komunalno redarstvo pri provedbi nadzora iz stavka 3. ovoga članka ovlašteno je poduzimati upravne mjere sukladno ovlastima propisanim člankom 18. stavkom 1. točkama 2., 3. i 4. ovoga Zakona, predlagati pokretanje prekršajnog postupka sukladno članku 19. stavku 1. točkama 1., 2., 3., 4. i 9. i stavcima 2., 3., 4. i 7. i naplaćivati kazne na mjestu počinjenja prekršaja sukladno članku 19. stavcima 5. i 6. ovoga Zakona.

Članak 17.

Sanitarni inspektori ovlašteni su usmenim rješenjem narediti poduzimanje mjera iz članka 18. stavka 1. točke 1., 3., 4. i 6. ovoga Zakona zbog neispunjenja propisanih uvjeta za zaštitu od buke ili prekoračenja razine buke veće od 5 dB(A).

Sanitarni inspektori iz stavka 1. ovoga članka mogu privremeno ograničiti ili privremeno zabraniti obavljanje određene djelatnosti pravnoj, odnosno fizičkoj osobi obrazloženim usmenim rješenjem u trajanju najdulje 15 dana.

Usmeno rješenje iz stavka 2. ovoga članka sanitarni inspektori mogu izvršiti odmah, pečaćenjem uređaja, opreme ili prostorija.

Žalba, odnosno pokrenuti upravni spor protiv rješenja iz stavka 2. ovoga članka ne odgađa njegovo izvršenje.

Članak 18.

U obavljanju inspekcijskoga nadzora sanitarni inspektori ovlašteni su:

1. narediti akustička mjerenja pravnim i fizičkim osobama koje koriste izvore buke u sredini u kojoj ljudi borave,

2. narediti poduzimanje propisanih utvrđenih mjera za zaštitu od buke,

3. zabraniti uporabu izvora buke dok se ne poduzmu mjere zaštite od buke,

4. zabraniti obavljanje djelatnosti i ostalih aktivnosti koje zbog buke ometaju boravak, odmor i noćni mir ako to nije moguće postići mjerom iz točke 3. ovoga stavka,

5. zabraniti obavljanje djelatnosti, odnosno drugih aktivnosti ako su ista započeta bez rješenja Ministarstva kojim se utvrđuje da su provedene mjere zaštite od buke,

6. zabraniti uporabu izvora buke koji nisu navedeni u rješenju o provedenim mjerama zaštite od buke iz članka 9. stavka 3. ovoga Zakona.

Mjere iz stavka 1. ovoga članka naređuju se rješenjem.

Žalba, odnosno pokrenuti upravni spor protiv rješenja iz stavka 2. ovoga članka ne odgađa njegovo izvršenje.

Članak 19.

Novčanom kaznom u iznosu od 50.000,00 do 100.000,00 kuna kaznit će se za prekršaj pravna osoba ako:

1. ne provodi zaštitu od buke i ne osigura njezinu provedbu (članak 4.),

2. obavlja radove, djelatnosti i druge aktivnosti koje u boravišnim prostorima uzrokuju buku štetnu po zdravlje ljudi (članak 6. stavak 1.),

3. rabi elektroakustičke ili akustičke uređaje protivno članku 6. stavku 2. ovoga Zakona,

4. prouzroči buku elektroakustičkim uređajima i ostalim izvorima buke na otvorenom u objektima registriranim za obavljanje ugostiteljske djelatnosti, koja prekoračuje najviše propisane dopuštene razine buke (članak 6. stavak 3.),

5. postupi protivno odredbama članka 9. ovoga Zakona,

6. nije registrirana za obavljanje stručnih poslova zaštite od buke, odnosno stručne poslove zaštite od buke obavlja bez ovlaštenja ministra (članak 11. stavak 1.),

7. stručne poslove zaštite od buke obavlja osoba koja nema položen stručni ispit (članak 13. stavak 1.),

8. postupak mjerenja proračuna i ocjenjivanja te sadržaja nalaza o mjerenju ne obavi u skladu s međunarodnim normama (ISO), europskim normama (EN), hrvatskim normama (HRN) i odgovarajućim preporukama Europske unije (članak 14. stavak 1.),

9. ne provede naređene ili propisane mjere zaštite od buke (članak 18.).

Novčanom kaznom od 10.000,00 do 15.000,00 kuna za prekršaj iz stavka 1. ovoga članka kaznit će se i odgovorna osoba u pravnoj osobi.

Za prekršaj iz stavka 1. ovoga članka kaznit će se fizička osoba novčanom kaznom u iznosu od 10.000,00 do 15.000,00 kuna.

Za pokušaj prekršaja iz stavka 1. ovoga članka počinitelj će se kazniti. Novčanom kaznom u iznosu od 1.000,00 kuna sanitarni inspektor kaznit će za prekršaj na mjestu počinjenja prekršaja odgovornu osobu u pravnoj osobi i fizičku osobu koja obavlja djelatnost za koju je potrebno provesti mjere zaštite od buke, ako ne poštuje odredbe ovoga Zakona i pod zakonskih propisa donesenih na temelju ovoga Zakona.

Ako osoba kažnjena za prekršaj iz stavka 5. ovoga članka ponovno počini istovjetni prekršaj, kaznit će se na mjestu počinjenja prekršaja novčanom kaznom u iznosu od 3.000,00 kuna.

Uz kaznu za prekršaj iz stavka 1. ovoga članka pravnoj ili fizičkoj osobi može se izreći i zaštitna mjera zabrane obavljanja djelatnosti u trajanju od tri mjeseca do jedne godine.

Članak 20.

Novčanom kaznom u iznosu od 200.000,00 kuna do 500.000,00 kuna kaznit će se obveznik izrade strateške karte buke i akcijskog plana za zaštitu od buke ako:

– u propisanom roku ne izradi stratešku kartu buke i podatke korištene za izradu strateške karte buke ne dostavi Ministarstvu (članak 7. stavak 1. točka 1. i stavak 10.),

– u propisanom roku ne izradi akcijski plan i podatke korištene za izradu akcijskog plana ne dostavi Ministarstvu (članak 7. stavak 1. točka 2. i stavak 10.),

– pri izradi strateških karata buke i akcijskih planova ne uzme u obzir odgovarajuće preporuke Europske unije o računskim metodama za izračun buke industrijskih područja, glavne ceste, glavne željezničke pruge i glavne zračne luke (članak 7. stavak 9.).

Za prekršaje iz stavka 1. ovoga članka kaznit će se i odgovorna osoba obveznika izrade strateške karte buke i akcijskog plana novčanom kaznom u iznosu od 20.000,00 do 50.000,00 kuna.

PRIJELAZNE I ZAVRŠNE ODREDBE

Članak 21.

Pravilnike za čije je donošenje ovlašten ovim Zakonom ministar će donijeti u roku od šest mjeseci od dana stupanja na snagu ovoga Zakona.

Članak 22.

Do stupanja na snagu pravilnika iz članka 21. ovoga Zakona, u dijelu u kojem nisu u suprotnosti s odredbama ovoga Zakona, primjenjuju se:

1. Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (»Narodne novine«, br. 145/04.),

2. Pravilnik o načinu izrade i sadržaju karata buke i akcijskih planova (»Narodne novine«, br. 5/07.),

3. Pravilnik o uvjetima glede prostora, opreme i zaposlenika pravnih osoba koje obavljaju stručne poslove zaštite od buke (»Narodne novine«, br. 91/07.),

4. Pravilnik o stručnom ispitu iz područja zaštite od buke (»Narodne novine«, br. 91/07.),

5. Pravilnik o djelatnostima za koje je potrebno provesti mjere zaštite od buke (»Narodne novine«, br. 91/07.),

6. Pravilnik o mjerama zaštite od buke izvora na otvorenom prostoru (»Narodne novine«, br. 156/08.).

Članak 23.

Gradovi su obvezni strateške karte buke iz članka 7. ovoga Zakona izraditi u roku od dvije godine, a akcijske planove u roku od četiri godine od dana stupanja na snagu ovoga Zakona.

Članak 24.

Pravne osobe koje imaju ovlaštenja, za obavljanje poslova mjerenja i predviđanja buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave, dana od ministra na temelju Pravilnika o uvjetima koje moraju ispunjavati organizacije za mjerenje i predviđanje buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (»Narodne novine«, br. 37/90.), obvezne su se uskladiti s odredbama ovoga Zakona u roku od godinu dana od dana stupanja na snagu.

Članak 25.

Republika Hrvatska će u roku od 30 dana od dana pristupanja Republike Hrvatske Europskoj uniji obavijestiti Europsku komisiju, države članice Europske unije i javnost o nadležnom tijelu za obavljanje poslova iz članka 7. stavka 1., 2., 11. i 12. ovoga Zakona.

Članak 26.

Danom stupanja na snagu ovoga Zakona prestaje važiti Zakon o zaštiti od buke (»Narodne novine«, br. 20/03.).

Članak 27.

Ovaj Zakon stupa na snagu osmoga dana od dana objave u »Narodnim novinama«.

Klasa: 542-01/09-01/01

Zagreb, 20. veljače 2009.

Prilog br. 2.

IV-02-065/2010-1502

ZAPISNIK

O IZVRŠENOM MJERENJU BUKE

Muraplast doo Kotoriba, Industrijska zona bb

poslovni i proizvodni prostori - Kotoriba, Industrijska zona bb

Poduzeće Međimurje ZAING d.o.o. ovlašteno je za obavljanje mjerenja i predviđanja buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave rješenjem Ministarstva zdravstva *klasa:* **UP/I-540-01/98-01/0007** *Ur. br.:* **534-04-17-98/0006**

Ovaj dokument ne smije se kopirati, osim u cijelosti i uz pismenu suglasnost Međimurje ZAING d.o.o.

I OPĆI PODACI

Korisnik:	**Muraplast doo Kotoriba, Industrijska zona bb**
Lokacija:	**poslovni i proizvodni prostori - Kotoriba, Industrijska zona bb**
Mjerenje i ispitivanje:	***razina buke koja se pri uobičajenom obavljanju radnog procesa šire u okolne prostore***
Datum ispitivanja:	**22.09.2010 (dnevni i noćni uvjeti), 08.10.2010. (nije radio mlin) i 28.10.2010 (nakon postavljanja blende kod rashladnog postrojenja 2)**
Meteorološki uvjeti:	**Meteorološki uvjeti su bili takvi da nisu imali utjecaja na rezultate mjerenja: bez jačeg vjetra i padalina**
Mjerenju nazočan:	**g. Davor Ujlaki i Dragutin Pogorelec (za korisnika)**
Mjerenje izvršili:	**Zoran Repalust, dipl.ing.el.** **Ivan Kovačić, dipl.ing.sig.**

II PRIMJENJENI PROPISI

1. Zakon o zaštiti od buke (Narodne novine br. 30/2009)
2. Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (Narodne novine br. 145/2004)
3. Pravilnik o djelatnostima za koje je potrebno utvrditi provedbu mjera za zaštitu od buke (NN 91/2007)

III KORIŠTENA DOKUMENTACIJA

1. Izvod iz katastra – položaj objekata poduzeća i susjednih objekata

IV KORIŠTENI INSTRUMENTI I PRIBOR

- precizni integrirajući zvukomjer tip HD 2110 ser. br. 04052030119 proizvođača "Delta OHM" Padova umjeren kalibratorom razine zvuka tip 9101 istog proizvođača koji su u skladu s preporukama IEC-a
- digitalni fotoaparat

V OPIS PROSTORA, POLOŽAJA IZVORA BUKE I MJERNIH MJESTA

Na lokaciji u industrijskoj zoni Kotoriba nalaze se poslovni i proizvodni prostori poduzeća Muraplast. U ograđenom krugu poduzeća nalaze se tri izdvojene građevine – dvije proizvodno poslovne i jedna pretežito skladišna. Cjelokupna proizvodnja – proizvodnja plastičnih folija sa štampom i konfekcioniranjem odvija se u zatvorenom prostoru. U krugu poduzeća odvija se živ unutarnji i vanjski transport – naročito u dnevnim uvjetima. Pritom se koriste viličari i kamioni. Od izvora u vanjskom prostoru bitno je spomenuti ventilatore na vanjskim zidovima hala te rashladne uređaje za extrudere koji se nalaze uz istočni i zapadni zid proizvodnih prostora. Lokacija sa zapadnje strane graniči sa parcelom stolarske radionice Škoda Željka. Na istočnoj strani cijelom dužinom parcele su prostori mlina JULIA. Sa sjeverne strane je parkiralište i pristupna prometnica. Preko puta su poljoprivredne površine i poslovni objekt u izgradnji. Sa južne strane su većinom poljoprivredne površine dok su na jugoistočnom i jugozapadnom uglu parcele stambeni objekti – granica sa stambenom zonom. Budući da zbog prirode proizvodnje (izvlačenje plastične folije) ista nije mogla biti prekinuta nije izvršeno mjerenje bez uključenih izvora buke. S obzirom da je poduzeće na predmetnoj lokaciji 21 godinu kao kriterij su uzete dozvoljene razine buke za industrijsku zonu – na granici sa poslovnim subjektima, a za stambene objekte za poslovnu stambenu zonu sa pretežito stambenim objektima. Bitno je napomenuti da je susjedni mlin jači izvor buke te je za mjerna mjesta 4 i 5 izvršeno noćno mjerenje kada mlin nije radio kako bi se utvrdio utjecaj buke mlina na razinu na tim lokacijama.

Izvori buke – sredstva rada koja se koriste u proizvodnji
-buka mlina JULIA
-promet na prometnicama oko lokacije i na željezničkoj pruzi sjeverno od lokacije

VI OPIS ISPITNIH RADNJI

1. Izmjerene su razine buke na izvoru, na granicama parcele (kod ograde) te ispred najbližih (najugroženijih) stambenih kuća

VII REZULTATI ISPITIVANJA

1. Izmjerene su razine buke na izvoru, te na granici parcele (kod ograde) i kod najugroženijih stambenih objekata pri uobičajenom odvijanju radnog procesa

Mjerno mjesto / prostor	Razina buke bez ispitivanih izvora buke LRAeq dB (A) dan/noć	Razina buke pri radu ispitivanih izvora buke LRAeq dB (A) dan/noć	Dopušteno dan/noć	Napomena
Proizvodnja		65-90		
Rashladni uređaji 1 (na 2 m udaljenosti)	-	66	-	
Rashladni uređaj 2 (na 2 m udaljenosti)	-	70	-	
1 Kod ograde na sjeveroistočnom uglu parcele	-	62/60,5	80	zadovoljava
2 Kod ograde na sjeverozapadnom uglu parcele	-	58/56	80	zadovoljava
3 Granica parcele – ograda prema stolarskoj radionici	-	61/61	80	zadovoljava
4 Prostor ispred prozora stambenog objekta k. br. 53 MLIN RADI	-	54/46,7	55/45	Ne zadovoljava za noćne uvjete
4 Prostor ispred prozora stambenog objekta k. br. 53 MLIN NE RADI	-	-/46,7	55/45	Ne zadovoljava za noćne uvjete
4 Prostor ispred prozora stambenog objekta k. br. 53 **POSTAVLJENA BLENDA**	-	53,4/44,8	55/45	zadovoljava
5 Kod ograde na jugoistočnom uglu parcele MLIN RADI	-	59/58,3	55/45	Utjecaj mlina
5 Kod ograde na jugoistočnom uglu parcele **MLIN NE RADI**	-	52,1/43,5	55/45	zadovoljava

Iz mjerenja je vidljvo da razine izmjerene na granicama parcele – prema poslovnim susjedima ne prelaze maksimalno dozvoljenih 80 dB(A) – zapravo kod izvora buke na vanjskom prostoru nije zabilježena veća vrijednost od 70 dB(A). Na mjernom mjestu 5 dominantna je buka mlina te je za kontrolu izvršeno mjerenje kada mlin nije radio. Na mjernom mjestu 4 povišenu razinu uzrokuje rashladno postrojenje i to komponenta buke reflektirana od zida poslovne zgrade. Zato je na putu te komponente buke paralelno uz zid radione postavljena blenda. Kontrolnim mjerenjem je ustanovljena da je uz blendu razina buke u noćnim uvjetima pala ispod 45 dB(A). Blenda od sendvič ploča postavljena je privremeno, a prilikom hortikulturalnog uređenja okoliša pokušat će se postaviti prirodne prepreke od zimzelenog raslinja. Razine bez uključenih izvora u proizvodnji nisu mogle biti izmjerene zbog prirode proizvodnje koja se gasi samo prilikom generalnih remonta zbog problema u slučaju prekida izvlačenja folije na ekstruderima.

VIII ZAKLJUČAK

Temeljem izvršenog mjerenja razine buke u okolici (na granici parcele te kod stambenih objekata) pri uobičajenom obavljanju radnog procesa na lokaciji: poslovni i proizvodni prostori - Kotoriba, Industrijska zona bb korisnika **Muraplast doo Kotoriba, Industrijska zona bb** - ustanovljeno je da ista

ODGOVARA

zahtjevima, utvrđenim standardima i propisima navedenim u poglavlju II ovog Zapisnika

Kotoriba, 28.10.2010

Ispitivanje obavili:

Zoran Repalust, dipl.ing.el.

Ivan Kovačić, dipl.ing.sig.

Za Međimurje ZAING doo

Ivan Kovačić, dipl.ing.sig.

Prilog br. 3.

Popis strojeva i linija koje se koriste u proizvodnji:

Stroj	Proizvođač	Tip	Ser. broj
POSTROJENJE ZA DESTILACIJU OTPADNE BOJE	"D.W. Renzmann" GmbH Monzingen	M400	40614000
APARAT ZA ZAVARIVANJE	"Fronius" KG Wels Thalheim	VarioStar 247	13260797
PUNJAČ AKUMULATORA	"P.B.M." SpA Spilamberto	TR-EQ. 48/80	074120206
STROJ ZA OMATANJE FOLIJOM	"EPI pack" Nova Gorica	Vilis MBB	3715
STROJ ZA REZANJE TULJAKA	"Muraplast" Kotoriba	SRC 001	002
STROJ ZA REZANJE TULJAKA	"Muraplast" Kotoriba	SRC 002	003
TOKARSKI STROJ	"Prvomajska" Raša	TNP 300	0112/71
MINI TOKARSKI STROJ	"Metalac" Čakovec	MT-120 S	569789
STOLNA BUŠILICA	“Metalac" Čakovec	BR-10	02732
STOLNA BUŠILICA	"Alfa"	ZX-7045 A	0708214
DVOSTRANA BRUSILICA	"Robert Bosch" GmbH Leinfelden	GSM 200	0.601.277.103
LISNA PILA	" Klaeger "	3b/400	105307
STOLARSKA KRUŽNA PILA	"Lutz" GmbH Neuhaus	Jumbo Professional	OJUM301203030000
UREĐAJ ZA VISOKOTLAČNO PRANJE	"A. Kärcher" GmbH Winnenden	HDS super 1.025-341	162867
ELEKTRO VILIČAR	"Jungheinrich" AG Hamburg	EFG-DF 15 SP	89.92.51.51
ELEKTRO VILIČAR	"Jungheinrich" AG Hamburg	EFG 320	FN 371801
DIESEL VILIČAR	"Linde" AG Aschaffenburg	H30D	351811045230
DIESEL VILIČAR	"Linde Material Handling"	H18D-03	H2X350R04547
LINIJA ŠTAMPE	"Uteco converting" SpA	Emerald 812	2017
LINIJA ŠTAMPE	"Uteco converting" SpA	Gold 412	2018
LINIJA IZRADE PE FOLIJE 1	"Macchi" Venegono		96079
LINIJA IZRADE PE FOLIJE II	"Macchi" Venegono		00024
LINIJA IZRADE PE FOLIJE III	“Macchi" Venegono		05066
LINIJA IZRADE PE FOLIJE IV	"Kuhne" GmbH Sankt Augustin	3WV-IBC3	2003-140428
LINIJA EKSTRUDIRANJA PE FOLIJE	"Windmöller & Hölscher" Lengerich		
LINIJA RECIKLIRANJA PE FOLIJE	"Erema" GmbH Linz		P 04/044
LINIJA IZRADE PE VREĆICA	"Lemo maschinenbau"	INTERmat S850	940500965
LINIJA IZRADE PE VREĆICA	"Lemo maschinenbau"	INTERmat DKT 850	940553437
LINIJA OBLIKOVANJA VREĆICA	" Stiegler “	U 900 SBT/L	2364
LINIJA IZRADE PE VREĆICA	"Heinrich Greve" KG Lübbecke	3715	53879

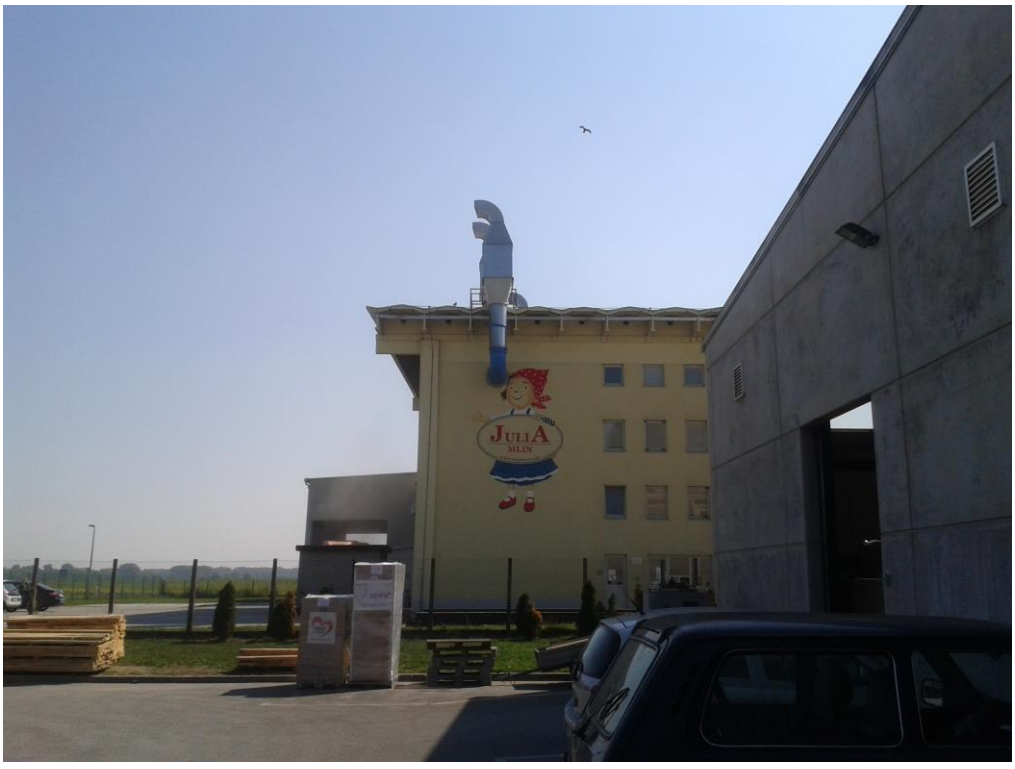
STROJ ZA IZRADU PE FOLIJE	"Amut" Veveri		
STROJ ZA IZRADU VREĆICA	"Stefani 2000" Villanova di Castenaso	Classica 1100	I 104
STROJ ZA LIJEPLJENJE KLIŠEA	"Biffebi" SpA Bologna	343135	343008
MIJEŠALICA BOJE	"GSV" BV Brummen	colorsat compact M16-SB	409545
STROJ ZA OMATANJE FOLIJOM	"EPI pack" Nova Gorica	Vilis	1183
STROJ ZA OMATANJE FOLIJOM	"EPI pack" Nova Gorica	Vilis	1863
STROJ ZA OMATANJE FOLIJOM	"EPI pack" Nova Gorica	Vilis MBB	3408
STROJ ZA IZRADU PE VREĆICA	"PGT Thermoprozesstechnik"	INTERmat 850 DKT	940671838
EKSCENTAR PREŠA	"MURAplast" doo Kotoriba		001
PALETNI VILIČAR S ELEKTRO PODIZANJEM	"Still S.A.R.L" Montaleire	EGV 14	710248004803
KOMPRESORSKO POSTROJENJE	-vidi komponente postrojenja-		
STROJ ZA ŠTAMPU	"Uteco" SpA Colognola Ai Colli	Diamond HP 809	2179
STROJ ZA PRANJE	"Italia Sistemi Technologic!" srl	11452	003

Prilog br. 4.

Fotografije napravljene digitalnim fotoaparatom.



Sjeverozapadni ugao parcele (Mjerno mjesto 2 - prilikom mjerenja vanjske buke)



Sjeveroistočni ugao parcele (Pogled na prostore mlina JULIA)



Pogled na najbliži stambeni objekt k. br. 53
(Mjerno mjesto 4 - prilikom mjerenja vanjske buke)



Pogled na najbliži stambeni objekt
(Mjerno mjesto 5 - prilikom mjerenja vanjske buke)



Južna fasada skladišnog objekta



Istočna strana (granica sa parcelom prostora mlina JULIA)

Izjava o autorstvu rada