

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Žiga DEŽMAN

**VPLIV DELEŽA ZUNANJEGA SLOJA TRISLOJNE
IVERNE PLOŠČE NA NJENE AKUSTIČNE
LASTNOSTI**

DIPLOMSKI PROJEKT

Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja

Ljubljana, 2012

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Žiga DEŽMAN

**VPLIV DELEŽA ZUNANJEGA SLOJA TRISLOJNE IVERNE
PLOŠČE NA NJENE AKUSTIČNE LASTNOSTI**

DIPLOMSKI PROJEKT
Visokošolski strokovni študij – 1. Stopnja

**INFLUENCE OF OUTER LAYER SHARE OF A THE THREE
LAYERED PARTICLE BOARD ON ITS ACOUSTIC PROPERTIES**

B. Sc. THESIS
Professional Study Programmes

Ljubljana, 2012

Diplomski projekt je zaključek Visokošolskega strokovnega študija lesarstvo – 1. stopnja. Izveden je bil na Katedri za lepljenje, lesne kompozite in obdelavo Oddelka za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomskega projekta imenoval prof. dr. Sergeja Medveda ter za recenzenta prof. dr. Željka Goriška.

Mentor: prof. dr. Sergerj Medved

Recenzent: prof. dr. Željko Gorišek

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Diplomski projekt je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Žiga Dežman

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dv1
DK	UDK 630*862.2
KG	iverna plošča/struktura/delež sloja/akustične lastnosti
AV	DEŽMAN, Žiga
SA	MEDVED, Sergej (mentor)/GORIŠEK, Željko (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2012
IN	VPLIV DELEŽA ZUNANJEGA SLOJA TRISLOJNE IVERNE PLOŠČE NA AKUSTIČNE LASTNOSTI
TD	Diplomsko delo (Visokošolski strokovni študij)
OP	VIII, 41 str., 1 pregl., 33 sl., 18 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Uporabnost ivernih plošč kot tudi ostalih lesnih kompozitov je nadvse široka. Uporablja se jih lahko tako v pohištveni industriji kot tudi v gradbeništvu, kjer so poleg mehanskih in sorpcijskih pomembne tudi akustične lastnosti. Na akustične lastnosti vpliva predvsem gostota plošče, ki pa jo lahko spreminjamo z uporabo različnih lesnih vrst in tudi s spreminjanjem razmerja med zunanjim in srednjim slojem. Želeli smo ugotoviti, kako spreminjanje razmerja zunanji/srednji sloj vpliva na absorpcijo zvoka in kakšna je vloga posameznega sloja. V laboratorijskih pogojih smo izdelali 3 različne iverne plošče, ki so se razlikovale glede na delež srednjega sloja (30 %, 45 % ter 60 %). Meritve smo opravili s pomočjo REW V5 programa, ki je Java aplikacija za merjenje akustike in analizo prostorov ter zvočniških odzivov. Vključuje orodja za generiranje testnih signalov, merjenje SPL-a (Sound Pressure Level - raven zvočnega tlaka) in impedance, itd. Opravljene meritve so pokazale, da na absorpcijo zvoka v največji meri vpliva zunanji sloj, grajen iz finejših delcev oz. iveri; saj je specifična površina drobnih iveri večja od tiste z večjimi, ki se nahajajo v srednjem sloju 3-slojne plošče, in ima tako večjo zmožnost absorpcije zvoka. Ugotovili smo tudi, da je pri ploščah z večjim deležem srednjega sloja absorpcija zvoka višjih frekvenc višja kot pa pri ploščah z manjšim deležem zunanjega sloja.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dv1
 DC UDC 630*862.2
 CX particle board/structure/layer share/acoustic properties
 AU DEŽMAN, Žiga
 AA MEDVED, Sergej (supervisor)/GORIŠEK, Željko (reviewer)
 PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
 PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
 PY 2012
 TI INFLUENCE OF SURFACE LAYER SHARE OF A THE THREE-LAYERED PARTICLE BOARD ON ITS ACOUSTIC PROPERTIES
 DT B. Sc. THESIS (Professional Study Programmes)
 NO VIII, 41 p., 1 tab., 33 fig., 18 ref.
 LA sl
 AL sl/en
 AB Usability of particle board as well as other wood composites is very wide. They can be used in furniture industry as well as in the construction industry, where in addition to mechanical and sorption properties, acoustic are also important. Acoustic properties are influenced by the board density which can be changed by using different wood species, and also by changing the ratio between surface and core layer. We wanted to find out how changing the proportion of surface/core layer effects the absorption of sound and what the role of each layer is. In laboratory conditions we made 3 particle boards, different regarding to core layer share (30 %, 45 % and 60 %). Measurements were performed using REW V5 programme, a Java application for measuring room acoustics and analysing room and loudspeaker responses, including tools for generating test signals, measuring SPL (Sound Pressure Level), impedance, etc. The measurements show that the sound absorption is mainly affected by the surface layer, built with the finest particles having a larger specific area than bigger particles within the core layer of 3-layered board, and therefore greater ability to absorb sound. We also found that the absorption of sound at higher frequencies is higher at the core layer of plates than the plates with smaller amount of surface layer.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA.....	III
KEY WORDS DOCUMENTATION.....	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PRILOG	VIII
1 UVOD	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA	3
1.2 CILJ NALOGE	3
1.3 DELOVNE HIPOTEZE.....	3
2 PREGLED LITERATURE	4
2.1 KAJ JE ZVOK ?	4
2.2 JAKOST IN GLASNOST ZVOKA	5
2.3 ZGRADBA UŠESA.....	6
2.4 KAKO SLIŠIMO	8
2.5 ABSORPCIJA ZVOKA.....	9
2.6 VPLIV DEBELINE ABSORBERJEV NA AKUSTIČNE LASTNOSTI.....	11
2.7 VPLIV GOSTOTE NA ABSORPCIJO ZVOKA	12
2.8 ZVOČNO ABSORPCIJSKE LASTNOSTI VLAKNENIH PLOŠČ Z NIZKO GOSTOTO	13
2.9 ANALIZA PERFORIRANIH PLOŠČ ZA ODPRAVO NIZKO FREKVENČNIH REZONANC V DOMAČIH PROSTORIH	14
2.10 AKUSTIKA	16
2.11 PODROČJA AKUSTIKE	16
2.12 ABSORBERJI ZVOKA.....	16
3 MATERIALI IN METODE	18
3.1 MATERIALI	18
3.2 METODE.....	19
3.2.1 Izvedbe meritev.....	19
3.2.2 Načini meritev.....	21
3.2.3 Merjenje gostotnega profila	25
4 REZULTATI	26
4.1 REZULTATI MERITVE GOSTOTNEGA PROFILA	26
4.2 REZULTATI MERITEV ABSORPCIJE ZVOKA	27
5 RAZPRAVA.....	34
6 SKLEPI	35
7 VIRI.....	36

KAZALO SLIK

Slika 1: Ilustrativni prikaz slišnega ter neslišnega zvoka (Atlas klasične in moderne fizike, 1993)	4
Slika 2: Prikaz jakosti zvoka v sliki.....	5
Slika 3: Prikazuje Fletcher-Munsonovo krivuljo.....	6
Slika 4: Prikazuje zgradbo ušesa (http://www.kvarkadabra.net/pojavi/teksti/sluch.htm)	7
Slika 5: Prikazuje polža od zunaj, prerez in shema (http://www.kvarkadabra.net/pojavi/teksti/sluch.htm).....	8
Slika 6: Prehod zvoka skozi steno (Atlas klasične in moderne fizike, 1993)	9
Slika 7: Vpliv debeline na absorpcijski koeficient (F. Alton Everest, 2001).....	11
Slika 8: Vpliv gostote na absorpcijski koeficient (F. Alton Everest, 2001).....	12
Slika 9: Prikazuje absorpcijski koeficient v odvisnosti z frekvenco zvoka	13
Slika 10: Prikazuje graf odvisnosti absorpcijskega koeficienta s frekvenco za različne debeline plošč	14
Slika 11: Tipična struktura perforirane plošče.....	15
Slika 12: Prikazuje uporabo perforiranih plošč v praksi npr. pri dvoranah ali predavalnicah	15
Slika 13: Ponazarja primer poroznega in membranskega absorberja	17
Slika 14: Prikaz postopka izdelave iverne plošče v laboratoriju	18
Slika 15: Prikazuje škatlo obloženo s akustično peno	19
Slika 16: Prikazuje uporabljeni 3-stezni zvočnik	20
Slika 17: Prikazuje način fiksacije našega vzorca	20
Slika 18: Izgled programa REW V5 in dobljenih grafov	21
Slika 19: Celotna shema z mikrofonom v škatlji brez uporabe ojačevalnika zvoka.....	22
Slika 20: Prikaz naše meritve tako brez vzorca kot tudi brez ojačevalnika zvoka.....	22
Slika 21: Ta slika je skorajda identična sliki 15 s to razliko, da je mikrofonski postavljen zunaj testne škatle; tik za vzorcem.....	23
Slika 22: Osnovna postavitev z mikrofonom v notranjosti testne škatle ter uporaba ojačevalnika zvoka.....	23
Slika 23: Tako kot način Č s to razliko, da je mikrofonski postavljen zunaj testne škatle tik za našim vzorcem	24
Slika 24: Shematski prikaz merilnika gostotnih profilov (MGP-201)	25
Slika 25: Prikaz gostotnega profila vzorcev	26
Slika 26 : Prikazuje graf meritve našega signala brez uporabe vzorca.....	27
Slika 27: Prikazuje graf kjer smo izmerili bolj zvok znotraj škatle oz. odboj/odboje od škatle ter uporabljenega vzorca kot pa samo absorpcijo zvoka.....	28

Slika 28: Prikazuje graf kjer smo dejansko izmerili absorpcijo zvoka pri vseh treh vzrocih ko je bil mikrofona izven testne škatle; tik za vzorcem	29
Slika 29: Prikazuje dobljeni graf za vse tri vzorce pri načinu kot ga narekuje slika načina D	30
Slika 30: Prikazuje dobljeni graf kjer smo merili absorpcijo zvoka posebej za zunanji sloj ter zunanji sloj vzorca s 30 % deležem srednjega sloja.....	31
Slika 31: Prikazuje graf absorpcije zvoka vzorca s 45 % deležem srednjega sloja; posebej za zunanji in notranji sloj	32
Slika 32: Prikazuje graf absorpcije zvoka vzorca s 60 % deležem srednjega sloja; posebej za zunanji in notranji sloj	33
Slika 33: Prikazuje graf absorpcij zvoka vzorca s 30 % deležem srednjega sloja; posebej za zunanji in notranji sloj ter celotni vzorec	34

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Manjši vpogled v zanimive podatke meritev gostotnega profila	26
---	----

KAZALO PRILOG

PRILOGA A

PRILOGA B

PRILOGA C

PRILOGA Č

1 UVOD

Ljudje po naravi nismo ustvarjeni za to, da bi uživali v pretiranem hrupu. Strokovnjaki si močno prizadevajo za zmanjševanje hrupa v našem življenju in življenju živali. Saj si ne morejo drugače pomagati kot z begom. Dolgotrajni hrup povzroča psihične težave in fizične okvare človekovega organizma. Prekomerni in dolgotrajni hrup lahko povzroči kar nekaj nevšečnosti, kot so naglušnost, ali pa popolno gluhost ter ostale zdravstvene težave. Določene primere lahko rešimo z uporabo slušnih aparatov, ki vsaj delno izboljšajo kakovost življenja ljudi, vendar so njihove cene precej visoke.

Poleg toplotne izolacije pri gradnji novih objektov je pomembna tudi zvočna izolacija kateri velikokrat po mojem mnenju posvečamo premalo pozornosti. Hrup, ki prihaja iz okolice v notranjost bivalnih prostorov je velikokrat zelo moteč za kakovosten miren spanec, učenje ter pri opravljanju vsakodnevnih opravil. Zato je pomembno, da se z dotično problematiko dodobra seznanimo, kjer si lahko pomagamo z različnimi stvarmi, kot so psihično prepričanje, naravni ali umetni materiali.

Hrup oz. zvok pa je lahko tudi pozitiven npr. pri alarmiranju različnih vrst nevarnosti za napoved bližajoče visoke vode, požara, ekološke in drugih nesreč, ter ob nevarnosti poplave, večjem požaru, radiološki in kemični nevarnosti, nevarnosti vojaškega napada ter ob drugih nevarnostih, saj nas opozori kaj se dogaja v naši okolici in na kaj moramo biti pozorni in kako ob teh zadevah ukrepati.

Zvok pa je prav tako pomemben za živali, če se osredotočim na npr. netopirja, ki je slep. Z odličnim sluhom v veliki meri nadomesti odsotnost vida in najde pot po zvokih, ki jih oddaja. Oddaja visokofrekventno valovanje v enakomernih časovnih razmakih, ga pouči o ovirah na poti in majhnih letečih živalih, ki jih ponavadi lovi, da se lahko prehranjuje.

Zaradi globalnega segrevanja bo les kot naravni material v prihodje vedno bolj uporaben in zaželen in uporabljen material. Poleg dobrih mehanskih lastnosti kot so trdota, tlačna natezna in upogibna trdnost, udarna žilavost ima les tudi dobre fizikalne lastnosti (električne, akustične, toplotne). Zaradi tega ga lahko uporabimo ter predelamo tudi v različne kompozite, ki služijo za proizvodnjo akustičnih plošč. S pomočjo akustičnih plošč ki so lahko običajne ali pa perforirane lahko korenito spremenimo akustiko prostora. Tekom razvoja industrije in stojev so postale tako stilsko oblikovane, da se jih skorajda ne loči od običajnih elementov v domačih prostorih. Izgledajo kot sofisticirane stenske in stropne obloge, ki imajo poleg stilskih lastnosti tudi dobre absorptivne lastnosti, ki pripomorejo k izboljšanju akustike prostora in s tem povečajo akustično udobje.

Vprašanje zvočne izolacije postaja v stanovanjski gradnji vedno resnejši problem. Pogosto slišimo mnenja, da je za ceneno stanovanje vsaka zvočna izolacija predraga. Še bolj je razširjeno mnenje, da proti ropotu ne moremo učinkovito ukrepati.

Vendar postane hrup sčasoma neznosen, tako da ne moremo poznati dobre stanovanjske ukrepe in jih predvidevati že pri zasnovi naselja ter izdelavi projektov. Poznejši ukrepi so dragi in manj učinkoviti.

Pri betonski gradnji stanovanjskih objektov so motnje zaradi ropota navadno tako občutne, da moramo nujno poskrbeti za zvočno izolacijo. Napomembnejša stvar pri zvočni izolaciji pa je vsekakor pravilna izvedba podov v stanovanjih. Izolacija poda predstavlja glavni izdatek, čeprav je možno doseči še kar zadovoljive rezultate s ceneni izvedbami podov. Drugi ukrepi za omejevanje ropota so v glavnem podrobnosti pri končni izdelavi projekta, ki ne zvišujejo stroškov gradnje, moramo pa jih poznati in upoštevati.

Zvočna izolacija mora biti pa takšna, da zagotavlja zaščito pred zunanjim hrupom z upoštevanjem lege zgradbe, proti hrupu, ki prihaja iz sosednjih stanovanj, bodisi da gre za zvok, ki se širi po zraku ali za hrup, povzročen s hojo, in proti šumom, ki jih povzroča delovanje mehanične opreme, kot so pipe, dvigala, inštalacije itd.

Ker pa želim tudi sam malo prispevati k izboljšanju oz. ustvarjanju akustičnega udobja, smo naredil preizkus, da bi ugotovili količina je izolativnost oz. absorpcija zvoka pri določeni iverni plošči.

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Akustične lastnosti materiala so odvisne predvsem od njegove gostote. Pri materialih, kot npr. pri ivernih ploščah pa je zaradi strukture plošče, z vidika akustičnih lastnosti pomembno tudi razmerje med posameznim slojem. Ta razlika v strukturi, ki vpliva tudi na debelino in gostoto posameznega sloja pa lahko vpliva tudi na akustične lastnosti, saj lahko debelina posameznega sloja in njegova gostota vplivata na absorpcijo zvoka določenih frekvenc.

1.2 CILJ NALOGE

Namen naloge je ugotoviti kako delež in s tem tudi debelina in gostota zunanjšega sloja vplivata na akustične lastnosti trislojnih ivernih plošč. Namen te naloge je pa tudi ugotoviti oz. prikazati gostotni profil celotnih treh vzorcev plošč.

1.3 DELOVNE HIPOTEZE

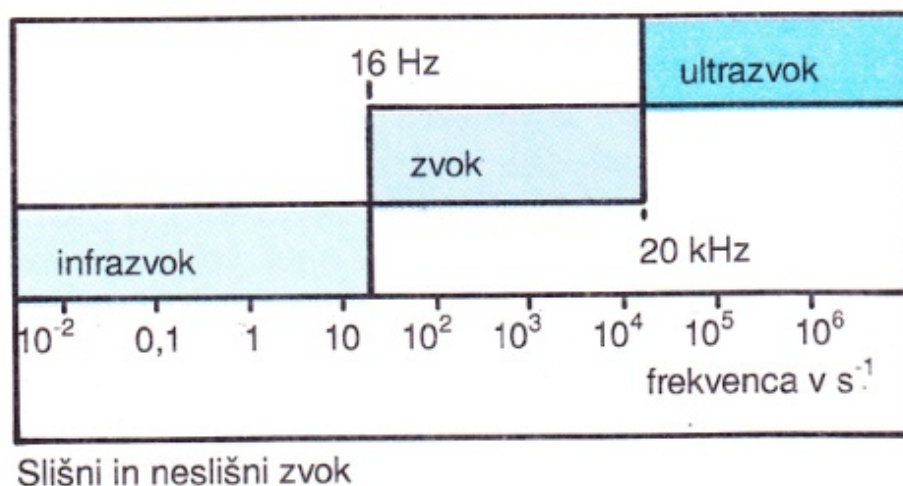
Predvidevamo da bodo zaradi razlik v deležu zunanjšega vidne tudi razlike v akustičnih lastnostih trislojnih ivernih ploščah. Pričakujemo namreč, da bo pri ploščah kjer bo delež zunanjšega sloja večji absorpcija zvoka višjih frekvenc večja kot pa pri ploščah z manjšim deležem zunanjšega sloja.

2 PREGLED LITERATURE

2.1 KAJ JE ZVOK ?

Zvok je mehansko valovanje, ki se širi v dani snovi (trdnini, kapljevini ali plinu). V kapljevinah in plinih je zvok vedno vzdolžno valovanje, v trdninah pa je mogoče izzvati tudi prečno zvočno valovanje.

Zvok lahko opredelimo s frekvenco in amplitudo zvočnega tlaka. Prva je povezana z višino tona, druga z glasnostjo. V ožjem pomenu definiramo kot zvok le zvočno valovanje s frekvencami v slišnem območju človeškega ušesa, to je med 20 Hz in 20.000 Hz. Zvok z nižjimi frekvencami imenujemo infrazvok, z višjimi pa ultrazvok (slika 1).

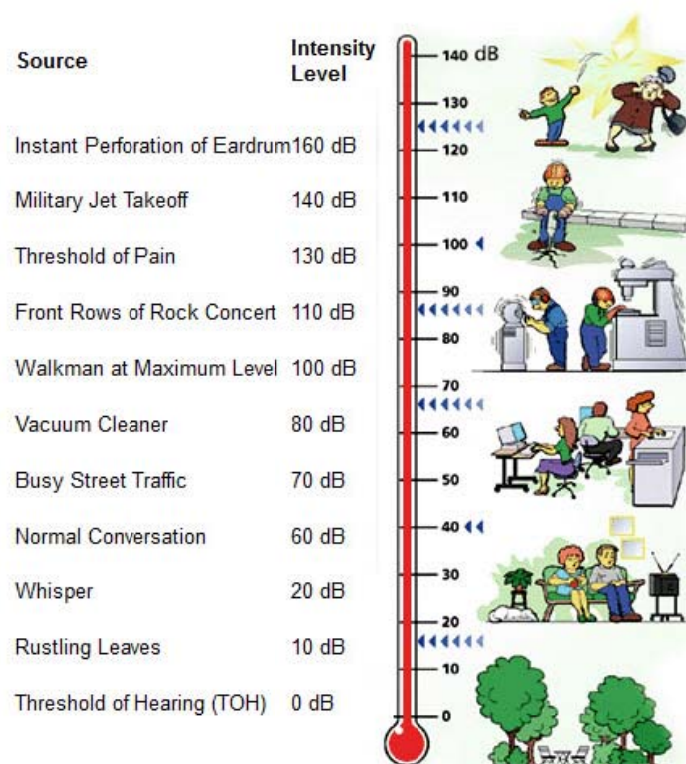


Slika 1: Ilustrativni prikaz slišnega ter neslišnega zvoka (Atlas klasične in moderne fizike, 1993)

Zvok, ki ga sestavlja ena sama frekvenca, imenujemo ton. Spekter tona je črtast, z eno sinusno sestavino. Zven je zvok, ki ga sestavlja več sinusnih sestavin z različnimi frekvencami, navadno osnovni ton in višji harmonični toni (aliquotni toni), katerih frekvence so celoštevilski večkratniki frekvence osnovnega tona. Tudi spekter zvena je črtast. Šum je zvok, v katerem so v večji ali manjši meri navzoče vse sinusne sestavine v nekem frekvenčnem intervalu; njegov spekter je zvezen. Aperiodični šum je pok. Zvok in z njim povezane fizikalne pojave preučuje akustika, subjektivno človeško zaznavanje zvoka pa psihoakustika. (vir: <http://sl.wikipedia.org/wiki/Zvok>)

2.2 JAKOST IN GLASNOST ZVOKA

Jakost zvoka je fizikalna količina, določena kot gostota energijskega toka zvočnega valovanja. Mednarodni sistem enot predpisuje za jakost zvoka izpeljano enoto W/m^2 . Ker se sluhovod akustično obnaša kot na eni strani odprta piščal, lahko pričakujemo, da je uho bolj občutljivo za tiste zvočne frekvence, pri katerih pride v sluhovodu do resonance. Ilustrativni prikaz jakosti zvoka je prikazan na sliki (slika 2).



Slika 2: Prikaz jakosti zvoka v sliki

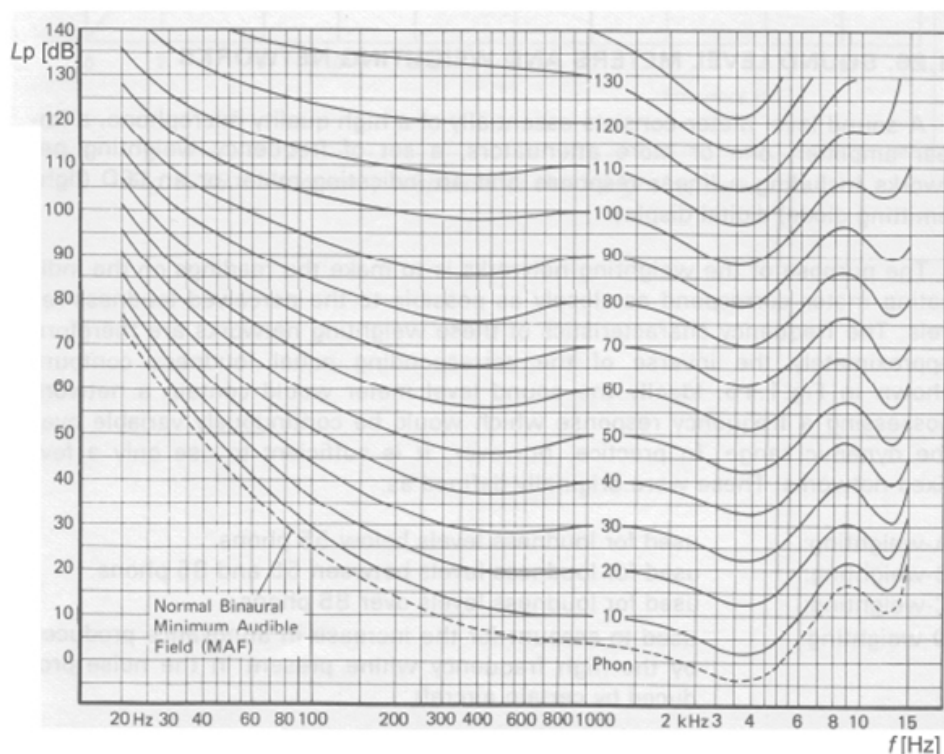
(http://www.dot.ca.gov/hq/maint/Pavement/Offices/Pavement_Engineering/Noise_Levels.html)

Glasnost zvoka je definirana tako, da povzročita dva tona v ušesu približno enak občutek glasnosti ne glede na frekvenco. Občutljivost ušesa za zvok je približno logaritemsko odvisna od jakosti zvoka, kar je upoštevano pri definiciji glasnosti:

$$\text{glasnost} = 10 \log_{10} \frac{j}{j_0}$$

Pri tem je j_0 najmanjša jakost zvoka, ki jo lahko z ušesom zaznamo. Enota za glasnost je fon.

Zveza med jakostjo in glasnostjo zvoka je v splošnem odvisna od frekvence. Odvisnost jakosti zvoka od njegove frekvence podajajo za poslušanje z obema povprečnima, zdravima ušesoma Fletcher-Munsonove krivulje (slika 3).



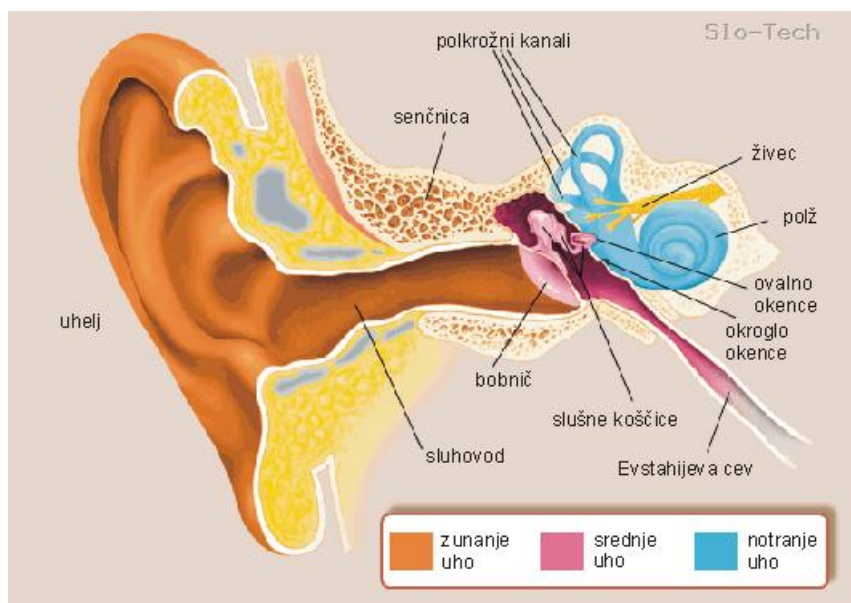
Slika 3: Prikazuje Fletcher-Munsonovo krivuljo

(http://sr.wikipedia.org/wiki/Datoteka:Veber-Flecerove_krive.jpg)

Pogosto najdemo glasnost podano v decibelih (dB). Tako definirano glasnost dobimo, če v enačbo, s katero je določena glasnost, vstavimo $j_0 = 10\text{--}12 \text{ W/m}^2$. To ustreza jakosti zvoka z glasnostjo nič fonov pri frekvenci 1000 Hz. Glasnost, izražena v decibelih, ni odvisna od frekvence zvoka. (<http://sl.wikipedia.org/wiki/Akustika>)

2.3 ZGRADBA UŠESA

Za duševni razvoj človeka je sluh med najpomembnejšimi čuti. Dražljaji za sluh so zvočni valovi, sprejemniki zanje so v notranjem ušesu. Na ušesu razločujemo tri dele: zunanje uho, srednje uho in notranje uho. Slušne čutnice so v notranjem ušesu. Zunanje in srednje uho sta le na pravi, ki omogočata, da pridejo dražljaji do slušnih čutnic. Celotna zgradba ušesa je prikazana na sledeči sliki (slika 4).



Slika 4: Prikazuje zgradbo ušesa (<http://www.kvarkadabra.net/pojavi/teksti/sluh.htm>)

Zunanje uho ima uhelj, zunanji sluhovod in bobnič. Uhelj je iz hrustanca in je pokrit s kožo. Sesalci lahko gibljejo uhelj s posebnimi mišicami na vse strani in s tem love zvočne valove. Človek ima te mišice zakrnele. Uhelj usmerja zvočne valove v zunanji sluhovod. V steni sluhovoda so dlačice in majhne žleze, ki izločajo ušesno maslo. Na njem obtiči prah in drugi tujki, če po naključju zaidejo v uho. Na koncu zunanjega sluhovoda je tanka mrenica, bobnič, ki zapira vhod v srednje uho.

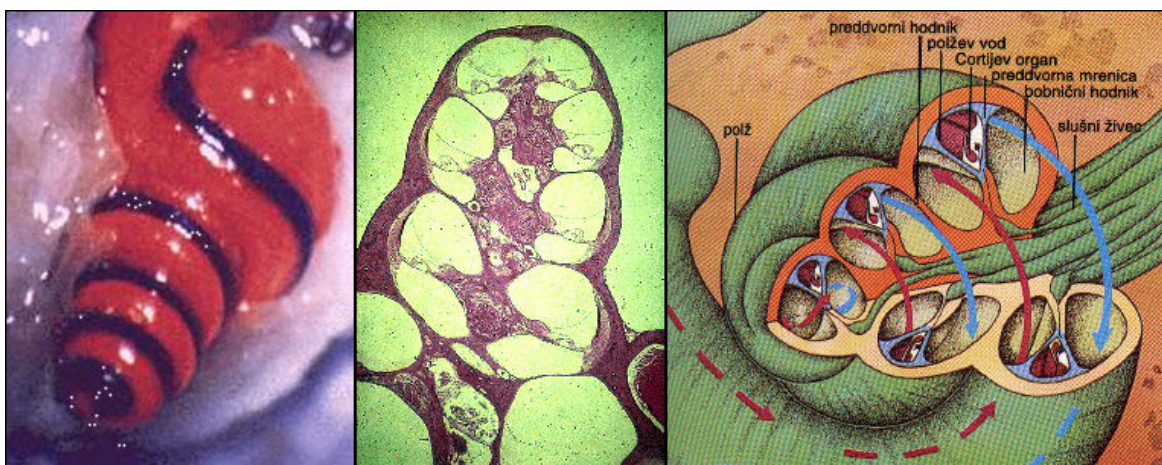
Srednje uho je majhna, komaj za grah velika votlina v senčnici. S posebno cevjo, to je ušesno trobljo, je zvezano srednje uho z žrelom. Iz žrela prihaja po ušesni troblji zrak v srednje uho. V srednjem ušesu so tri drobne, med seboj gibljivo zvezane slušne koščice: kladivce, nakovalce in stremence. Kladivce je pripeto na bobnič, stremence pa na odprtino, ki je v koščeni steni med srednjim in notranjim ušesom. Ta odprtina je ovalno okence. Nekoliko niže je s tanko mrenico zastrto okroglo okence. Notranje uho je najbolj zamotano zgrajeni del ušesa, zato ga imenujemo tudi blodišče (labirint). V senčnici je več votlinic, ki so napolnjene z neko tekočino. V njih sta dva kožnata mešička in kožnate cevke, v katerih so čutnice. Tudi v mešičkih in cevkah je tekočina.

Čutilo za sluh je zavita cevka, imenovana polž, drugi deli notranjega ušesa pa so sprejemniki za dražljaje ravnotežja in gibanja v prostoru. (<http://www.slodiver.net/medicina/cutila.asp>)

2.4 KAKO SLIŠIMO

Kožnati polž (slika 5) se ovija okoli koščenega stebrička. Na spodnji steni polža so razporejene slušne čutnice, ki imajo na vrhu šop migetavk. Nad slušnimi čutnicami se razpenja tanka mrenica.

Dražljaji za slušne čutnice so zvočni valovi. Uhelj jih prestreza in usmerja v zunanji sluhovod. Tu zadenejo ob bobnič in ga zatresejo. Pri tem zanihajo slušne koščice. Stremence, ki s svojo ploščico zapira ovalno okence, zavalovi tekočino v koščenih votlinah, v katerih je kožnati polž. Valovi tekočine udarjajo od spodaj na kožnega polža. Ob tem udarjajo slušne čutnice ob mrenico, ki je nad njimi. Čutnice se ob teh udarcih zdražijo. Čutnice so zvezane z živčnimi vlakni, ki vodijo do možganov, in tako se zavedamo, da slišimo.

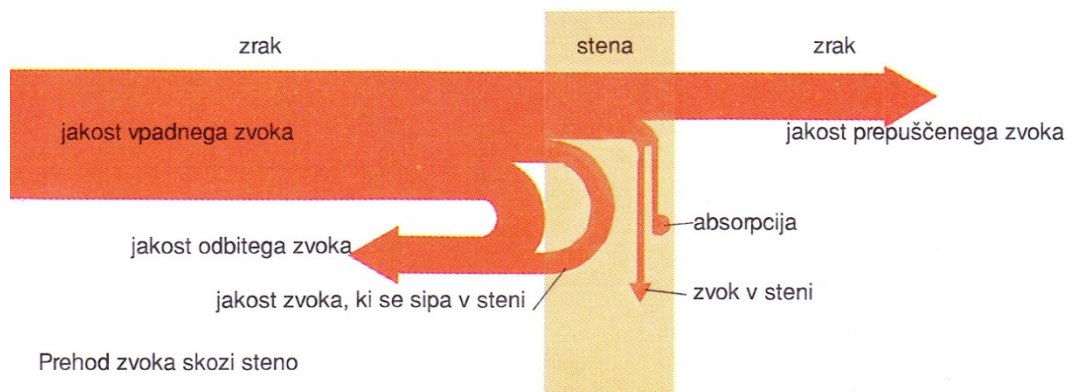


Slika 5: Prikazuje polža od zunaj, prereza in shema (<http://www.kvarkadabra.net/pojavi/teksti/sluch.htm>)

Človek ne ogluši popolnoma, če se okvarijo tisti deli ušesa, ki prevajajo zvoke. Popolnoma ogluši le tedaj, če je uničen polž ali pa živec, ki vodi do možganov, in če je uničen del možganske skorje, v katerem nastajajo občutki sluha. Če ima otrok že od rojstva poškodovana ali nerazvita oba polža, je gluh. Ker ne sliši govora, se tudi ne more naučiti govoriti; tak otrok je gluh in nem. Imamo posebne šole za gluho mladino. V teh šolah nauče s posebnimi načini pouka otroke govoriti. Tako se tudi gluha mladina lahko izobrazila in usposobi za različne poklice. Gluhonemi danes niso več izločeni iz družbe, temveč postanejo njeni aktivni, koristni člani. (<http://www.slodiver.net/medicina/cutula.asp>)

2.5 ABSORPCIJA ZVOKA

Zvok pri prehodu skozi snov oslabi (slika 6). Pri tem jakost in amplituda zvoka eksponentno pojema.



Slika 6: Prehod zvoka skozi steno (Atlas klasične in moderne fizike, 1993)

Zmožnost absorpcije zvoka označuje vsak predmet glede na njegove akustične lastnosti v prostoru. Stopnja zvočne izolacije se opisuje kot odboj oz. absorpcija. V normiranih odmevnica se meri odmevni čas po EN ISO 354 v frekvenčnem območju (terce) od 100 Hz do 5000 Hz. Primerja se prazna odmevnica in odmevnica s testnim proizvodom. Rezultat se predstavi v tabeli ali kot krivulja. Vsota vseh absorpcij in odbojev posameznih predmetov v prostoru tvori v naših ušesih akustično sliko prostora (odmevni čas), ki nam prostor prikaže kot „zvočen“ ali „zamolkel“. Tako imenovana NRC-vrednost (Noise Reduction Coefficient) je bila ena prvih vrednosti, s katero poskušajo zbrane informacije krivulje absorpcije zvoka združiti v eno vrednost. Vrednost se izračuna po ameriškem standardu ASTM C 423 kot povprečje absorpcijskih vrednosti pri 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz in 2000 Hz z zaokroženjem na 0,05. Ovrednotena stopnja absorpcije zvoka α_w se določa z EN ISO 11654. Stopnja absorpcije zvoka (α_s) merjena po EN ISO 354 se preračuna za vsak oktavni frekvenčni pas v praktično stopnjo absorpcije zvoka α_p .

$$\alpha_{p(f)} = (\alpha_{f1} + \alpha_{f2} + \alpha_{f3}) / 3$$

Glede na standarde predpisana krivulja (identifikacijska krivulja) se premakne proti α_p krivulji, dokler se obe ne skladata. Pri tem so odstopanja navzdol zaradi standarda zelo omejena. Vrednost standardne krivulje pri 500 Hz je preverjena stopnja absorpcije zvoka α_w za določen proizvod. Če zija vrzel med obema krivuljama zelo široko, se postavijo indikatorji (L,M,H). Le-ti ponazarjajo, da leži v nizkem (L), srednjem (M) oz. visokem (H)

frekvenčnem območju α_p krivulja razločno preko premaknjene standardne krivulje, proizvod torej absorbira znatno bolj, kot pa α_w -vrednost določa. (<http://www.kalcer.si>)

Potrebno je poznati razliko med zvočno izolacijo, izolacijo pred udarnim zvokom in absorpcijo zvoka. Zvočna izolacija se razlikuje od absorpcije zvoka. To sta dva različna fizikalna pojava, ki jih v gradbeništvu rešujemo na različne načine.

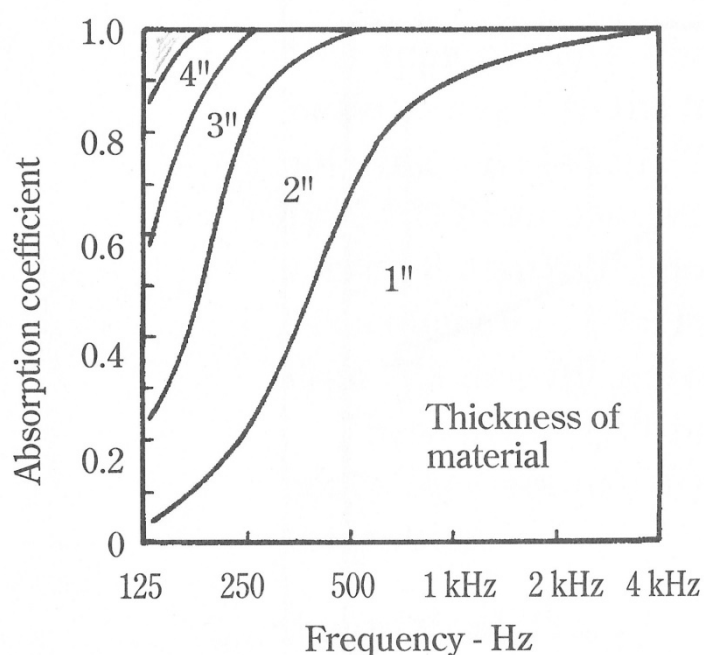
Če ne upoštevamo posredne poti prenosa zvoka skozi stranske gradbene elemente, potem je vrednost zvočne izolacije gradbenega elementa R_w [dB] tista vrednost, ki nam pove, za koliko se je zmanjšala moč zračnega zvoka (hrupa), ki se širi iz enega prostora v drugi, medtem ko sta oba prostora ločena s tem istim gradbenim elementom (zid ali strop) ali pa, za koliko nek gradbeni element zmanjša jakost zvoka, ki prihaja z zunanje strani v prostor za tem gradbenim elementom. Izraža se v dB.

Absorpcija zvoka pa pokaže, za koliko se v nekem prostoru, ki je obložen z določenim materialom, ki dobro absorbira zvok, zmanjša jakost zvoka.

To pomeni, da če je stena ali strop nekega prostora obložena s ploščami, ki absorbirajo zvok, s tem ni povečana vrednost zvočne izolacije gradbenega elementa, ampak je zmanjšana raven hrupa oziroma odmevni čas v tem prostoru. V prostorih, v katerih poslušamo glasbo, v koncertnih dvorinah, v gledališčih in podobno, je odmevni čas določen. (<http://www.novolit.si/slo/absorpcija-zvoka/index.php>)

2.6 VPLIV DEBELINE ABSORBERJEV NA AKUSTIČNE LASTNOSTI

Proizvedemo lahko različno debelo iverno ali pa tudi vlakneno ploščo. Debelina plošč bo vsekakor vplivala na absorpcijske sposobnosti oz. lastnosti. Logično je pričakovati večjo absorpcijo zvoka iz debelejših materialov, vendar ta logika velja predvsem za nižje frekvence. Slika 7 prikazuje graf kako se absorpcijski koeficient spreminja pri spreminjajoči se debelini ter frekvenci. Upoštevati je treba dejstvo, da je absorbent pritrjen diektno na podlago. (Master handbook of acoustic, 2001)

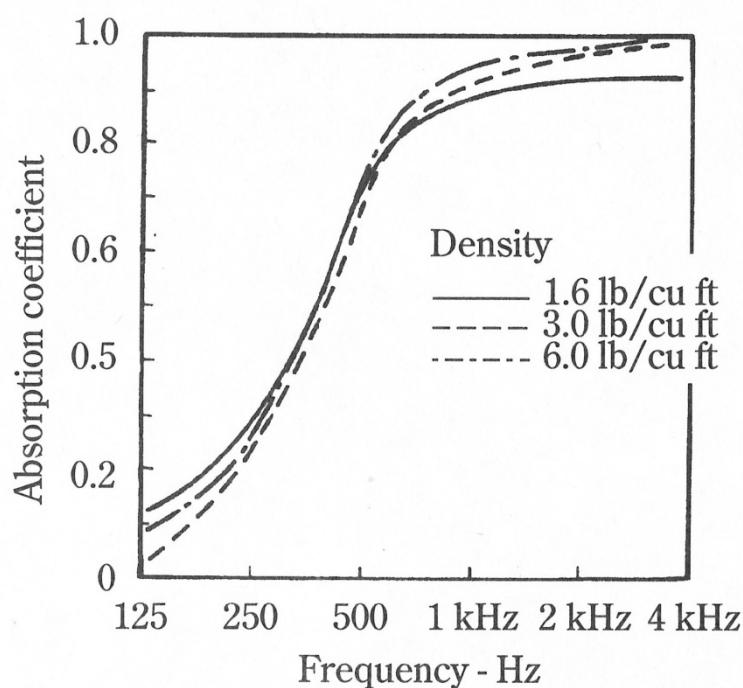


Slika 7: Vpliv debeline na absorpcijski koeficient (F.Alton Everest, 2001)

Iz grafa je razvidna majhna razlika v absorpcijskem koeficientu pri frekvenci 500 Hz če je debelina povečana iz 2 palcev (50,8 mm) na 4 palce (101,6 mm), vendar obstaja precejšen napredek pod 500 Hz ko je debelina prav tako povečana.

2.7 VPLIV GOSTOTE NA ABSORBCIJO ZVOKA

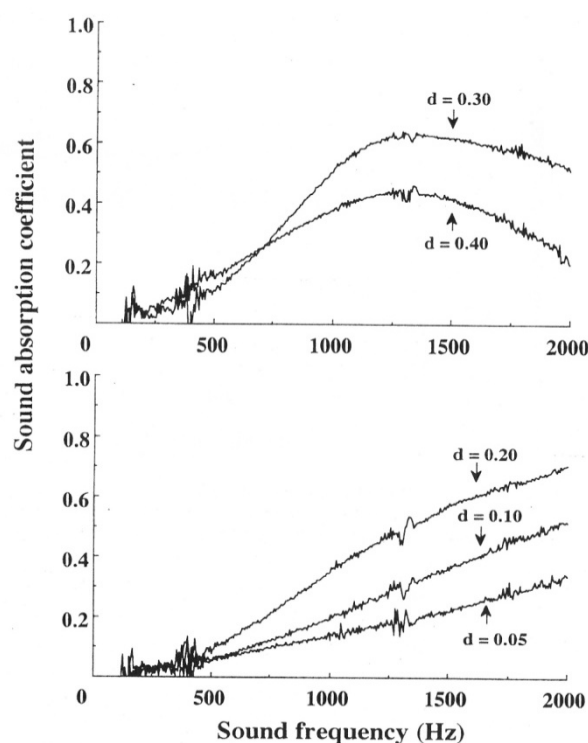
Steklena vlakna in druge materiale (vlaknena plošča) lahko proizvedemo v različnih gostotnih razredih. Od tankega in lahkega za toplotno izolacijo do trdih in zelo trdih, ki so širše uporabljeni v industriji. Vsak izmed njih ima svoje mesto v akustični obdelavi prostora, vendar glavno vprašanje zdaj pa je "Kako gostota oz. razporeditev vlaken vpliva na absorpcijski koeficient zvoka". Z drugimi besedami ali zvok uspe prodrati v špranje zelo gostih materialov tako kot pri zelo lahkih. Odgovor se pojavi na sliki 8, ki prikazuje relativno majhno spremembo v absorpcijskem koeficientu čeprav gostota variira v razponu skoraj od 4 do 1. Pri zelo nizki gostoti so vlakna razporejena s tako velikim razmakom, da absorpcija zvoka trpi. Za izredno goste plošče pa je površinski odboj velik in penetracija oz. prodor zvoka nizka oz. majhna. (Master handbook of acoustic, 2001)



Slika 8: Vpliv gostote na absorpcijski koeficient (F.Alton Everest, 2001)

2.8 ZVOČNO ABSORPCIJSKE LASTNOSTI VLAKNENIH PLOŠČ Z NIZKO GOSTOTO

Normalni absorpcijski koeficient (α) zvoka vlaknenih plošč z nizko gostoto je zelo odvisen od gostote plošče in frekvence zvoka. Slika 9 kaže α za 10 % IC-B (izocianatne smole) združenih vlaknenih plošč. V ploščah z nizko gostoto ($0,05\text{--}0,2\text{ g/cm}^3$) α narašča postopno s frekvenco zvoka do približno 1250 Hz in potem lahko pada z nadaljnjim naraščanje frekvence zvoka.

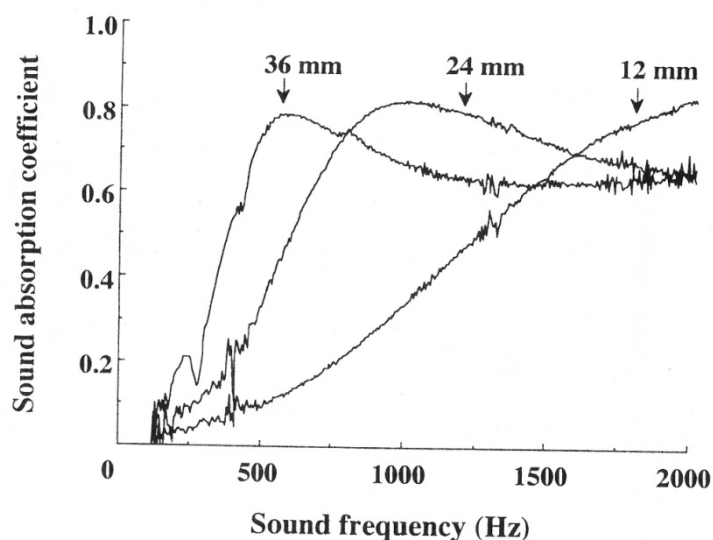


Slika 9: Prikazuje absorpcijski koeficient v odvisnosti z frekvenco zvoka

(Kawasaki in sod. Manufacture and properties of ultra-low-density fiberboard, 1998)

Ta sprememba se zgodi zaradi količine vlaken ki je manjša v ploščah z nizko gostoto, rezultirajoč v manjšem trenju med zrakom in vlakni, zato se manjša vibracija vlaken, ki jo povzročijo zvočni valovi. Zato se »vpije« manj zvočne energije ali pa se pretvori v toploto. Po drugi strani pa pri ploščah z večjo gostoto se nekaj zvočnih valov odbije po zaslugi povečane odpornosti plošč na pretok zraka (pretočna odpornost) in zmanjšani poroznosti materiala. Na splošno, v drugih ploščah z nizko gostoto, α teži k povečanju s frekvenco zvoka in gostoto. Slika 10 pa prikazuje ekekt za α debeline plošče $0,25\text{ g/cm}^3$ vlaknene plošče narejene iz L-vlaken vezanih z 10% IC-B(izocianatne smole). Ugotovljeno je, da se

nizko frekvenčni zvoki lažje vpijejo oz. absorbirajo če debelina narašča od 12 do 36 mm. Isto je bilo ugotovljeno pri ploščah narejenih iz S-vlaken



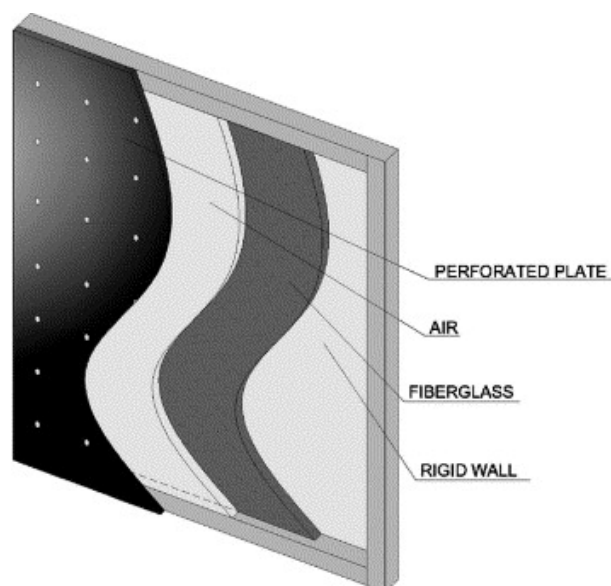
Slika 10: Prikazuje graf odvisnosti absorpcijskega koeficienta s frekvenco za različne debeline plošč
 (Kawasaki in sod. Manufacture and properties of ultra-low-density fiberboard, 1998)

Ti efekti debeline in gostote vlaknenih plošč z nizko gostoto na absorpcijo zvoka odgovarjajo splošno porozni upojnosti oz. absorpciji. Gostota in debelina nizko gostotnih plošč se lahko prilagodi da ustreza namanjeni uporabi in okoljskim razmeram. (Kawasaki in sod., 1998)

2.9 ANALIZA PERFORIRANIH PLOŠČ ZA ODPRAVO NIZKO FREKVENČNIH RESONANC V DOMAČIH PROSTORI

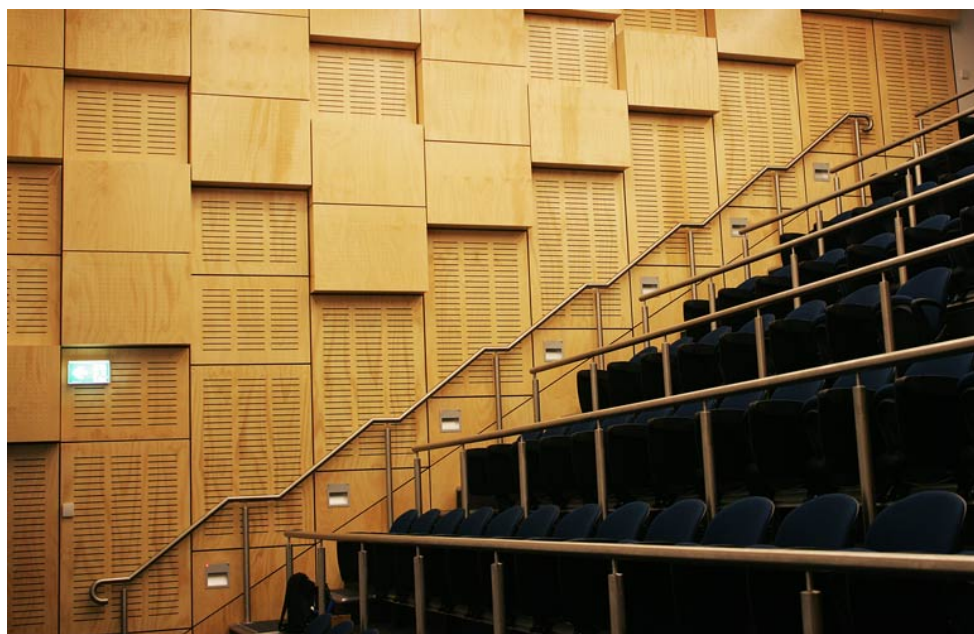
Perforirane plošče (slika 11 in slika 12) lahko služijo kot naprave za selektivno korekcijo akustike sob. Drugače kot porozne plošče, delujejo v glavnem pri nizkih in srednjih frekvencah in so akustično mrtve pri visokih frekvencah. Iz tega razloga, je njihova glavna uporaba za popravilo modalne resonance sobe. Perforirane plošče sestojijo iz ene plasti poroznega materiala in ene zraka zaprte z perforirano ploščo in postavljeno ob trdno steno. Ko se ta naprava preizkuša z zrakom zrak znotraj začne resonirati na specifični frekvenci in veliko energije se vpije blizu te resonančne frekvence. Čeprav se perforirane plošče uporabljajo za nizke ter srednje frekvence kaže, da ni v literaturi nobene študije za nizke frekvence, deloma zato ker je težko delati poizkuse v tem delu zvočnega spektra. Na splošno se modeli v klasični literaturi razviti za na srednje frekvence se ne obnesejo dobro

v primerjavi z eksperimentalnimi in numeričnimi rezultati, ki bazirajo na študijah tako nizkih frekvenčnih napravah. Tu predstavljamo analitični in numerični pristop razvit za napovedovanje absorpcije zvoka perforiranih absorptivnih sistemov pri nizkih frekvencah. (Andrea Panteghini in sod., 2006)



Slika 11: Tipična struktura perforirane plošče

(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003682X06001368>)



Slika 12: Prikazuje uporabo perforiranih plošč v praksi npr. pri dvoranah ali predavalnicah

(<http://www.keystoneacoustics.com.au/key-ply.php>)

2.10 AKUSTIKA

Akustika je znanstvena veda, ki se ukvarja s fiziološkimi in fizikalnimi pojavi v zraku (lom, odboj, uklon in zvočni pojavi). V širšem pomenu je eksperimentalna in teoretična veda o zvoku in njegovem širjenju, v ožjem pomenu pa veja znanosti, ki se ukvarja z zvokom v posameznih prostorih, kot so sobe in gledališča. Akustični inženiring se ukvarja z načini upravljanja z zvokom v arhitekturi in gradbeništvu, proučuje obvladovanje odmeva zvoka, zvočno izolacijo in zmanjšanje ropota.

2.11 PODROČJA AKUSTIKE

Akustika se deli v več vej:

- Fizikalna akustika - nauk o zvoku
- Bioakustika - veda, ki preučuje mehanizme produkcije, razširjanja in zaznavanja zvoka pri živalih.
- Fiziološka akustika - obravnava sluh in govor (področje otorinolaringologije)
- Medicinska akustika - uporaba akustičnih tehnik za medicinske preiskave (npr. ultrazvok)
- Psihoakustika - vpliv zvoka na psiho, estetsko vrednotenje zvoka
- Akustika v arhitekturi (prostorska akustika, akustika v koncertnih dvoranah)
- Glasbena akustika - nauk o širjenju zvoka glasbil
- Elektroakustika - obravnava elektronsko prenašanje, zapisovanje, ojačevanje, ustvarjanje zvoka
- Podvodna akustika - (sonarji) (vir: <http://sl.wikipedia.org/wiki/Akustika>)

2.12 ABSORBERJI ZVOKA

Absorberji nam služijo, da vpijajo zvok oz. delujejo na določena frekvenčna območja. Poznamo ozkopasovne in širokopasovne absorberje. Veliki sistemi imajo absorberje in difuzorje kar v hibridnih oblikah integrirane v stenah in stropovih, za manjše prostore pa lahko uporabimo modularne absorberje. Med »domače« hibride (absorber in difuzor) uporabljamo običajno embalažo za jajca!

Absorberje zvoka lahko razdelimo v tri glavne skupine:

- porozni absorberji
- membranski absorberji
- akustični resonatorji



Slika 13: Ponazarja primer poroznega in membranskega absorberja
(http://www.thomann.de/gb/acoustic_elements_for_studios.html)

Absorber dejansko spreminja kinetično energijo zvoka v toplotno, s svojo gosto vlaknasto ali odprto celično strukturo. Med porozne absorpcijske materiale sodijo: blago, pluta, kamena in steklena volna, bombažna in poliesterska volna razne druge penaste in vlaknaste umetne snovi, razne perforirane plošče ipd. (http://www.s-sers.mb.edus.si/gradiva/w3/elek_v1/oim8/10_pojavi_pri_sirjenju_zvoka/3_korak.html)

3 MATERIALI IN METODE

3.1 MATERIALI

Za izdelavo ivernih plošč smo uporabili industrijske iveri iz 75 % iglavcev in 25 % listavcev, različnih velikosti (za srednji sloj večje, za zunanji manjše) in vlažnosti 2-4 %. S pomočjo stroja za oblepljanje smo iveri oblepili z UF lepilom proizvajalca Nafta Lendava. Gostota lepila je bila $1,27 \text{ g/cm}^3$, delež suhe snovi pa 65 % ter vrednostjo pH 8. Delež dodanega lepila za iveri za srednji sloj je bil 6,5 %, za iveri za zunanji sloj pa 10,5 %. Kot utrjevalec smo uporabili 20 % raztopino amonijevega sulfata, ki smo ga dodali zgolj lepilni mešanici za oblepljanje iverja srednjega sloja. Vodo ki smo jo potrebovali smo jo dodali v taki meri da je bila vlažnost oblepljenega iverja v zunanjem sloju 13 % v srednjem pa 10 %. Ko so bile iveri oblepljene smo jih nato natresli v okvir velikosti 500 x 500 mm. Izdelali smo tri različne iverne plošče glede na delež srednjega sloja. V prvem primeru je bil delež 30 %, v drugem 45 % ter v tretjem 60 %. Nominalna debelina ivernih plošč je bila 16 mm, nominalna gostota pa 500 kg/m^3 . Ko je bila pogača pripravljena, smo jo postavili v stiskalnico. Tlak pri stiskanju je bil 3 N/mm^2 in temperatura stiskanja $180 \text{ }^\circ\text{C}$. Postopek je prikazan tudi na sliki (slika 14). Po 3 min stiskanja smo ploščo vzeli iz stiskalnice ter počakali, da se klimatizirajo pri normalni klimi (temperatura $20 \text{ }^\circ\text{C}$, relativna zračna vlaga 65 %). Po končani klimatizaciji, smo ploščo razrezali na vzorce velikosti 150 x 150 mm.



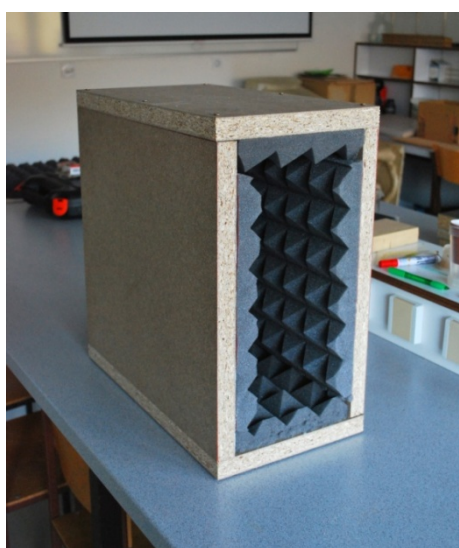
Slika 14: Prikaz postopka izdelave iverne plošče v laboratoriju

3.2 METODE

3.2.1 Izvedbe meritev

V laboratorijskih pogojih smo iz industrijskega iverja izdelali trislojne plošče, debeline 16 mm in s gostoto $0,6 \text{ g/cm}^3$, kjer smo spreminjali delež zunanjšega sloja. Delež zunanjšega sloja pa je bil med 30 in 60 %. Debelino in gosototo posameznega sloja pa smo ugotovili s pomočjo merilnika gostotnih profilov. Akustične lastnosti pa smo določili tako celotni plošči kot tudi posameznemu sloju pri frekvencah med 20 in 20000Hz. To frekvenčno območje pa smo izbrali zaradi tega ker je slišno območje frekvenc povprečnega človeškega ušesa med 20 Hz in okoli 20.000 Hz. Slišno frekvenčno področje se s starostjo človeka zmanjšuje, vendar pa pri neokvarjenem sluhu človek še vedno zazna vse frekvence v zvočnem spektru. Zelo visoke in zelo nizke frekvence oz. tone slišimo slabše oz. jih pri sprejemu v ušesu oslabi, kar pa je posledica evolucije človeškega ušesa.

Najprej smo izdelali kot neke vrste testno škatljo katera je bila narejena iz 40 mm debele iverne plošče. Celotno notranjost škatle pa smo oblepili s pomočjo akustične pene (slika 15). Škatla je bila iz sprednje strani odprta v celoti kar je omogočalo prislon 3 steznega zvočnika (slika 16). Na zadnji strani pa smo naredili luknjo v velikosti premera okoli 8-10 cm. Luknjo smo prekrili z našim vzorcem in ga ustrezno fiksirali s pomočjo štirih vijakov in dveh prečnih palic (slika 17). Pri izvedbi pa smo uporabili tudi mikrofonski kateri je bil enkrat postavljen v notranjost škatle, naslednji pa zunaj škatle, tik za vzorcem. Mikrofonski in zvočnik sta bila priključena na prenosni računalnik. Celotna shema meritev in načinov pa bodo prikazane na ustreznih slikah tekom naloge.



Slika 15: Prikazuje škatlo obloženo s akustično peno

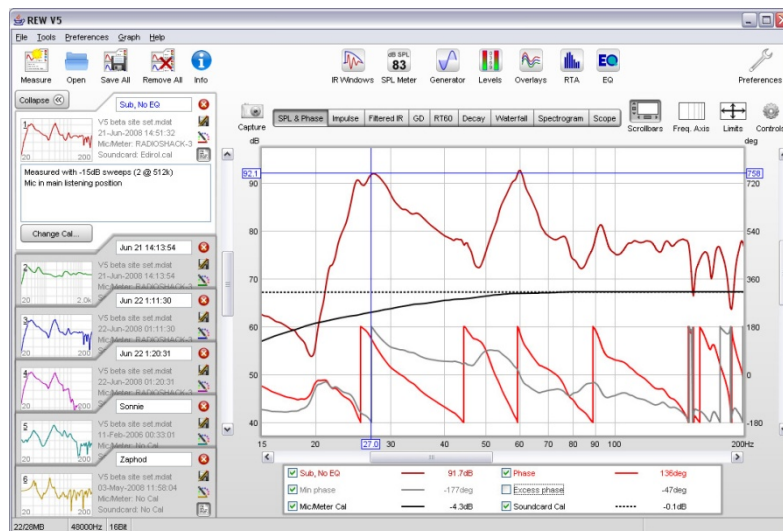


Slika 16: Prikazuje uporabljeni 3-stezni zvočnik



Slika 17: Prikazuje način fiksacije našega vzorca

Na prenosnem računalniku je deloval nastavljen program REW V5 (slika 18). Pri REW V5 programu gre za Java aplikacijo za merjenje akustike in analizo prostorov ter zvočniških odzivov. Vključuje orodja za generiranje testnih signalov, merjenja SPL-a (Sound Pressure Level - raven zvočnega tlaka), upornosti, itd. S pomočjo REW V5 programa smo poslali določen signal preko zvočnika katerega je mikrofonski zaznal. Dobljeni oz. zaznani signal se je s pomočjo REW V5 programa izrisal v obliki krivulje. Dobljena krivulja je služila za potrebno ugotovitev, kolikšna je bila absorpcija zvoka, tako celotne plošče kot posameznega sloja. Na ta način smo opravili vse različne meritve za naše vzorce.



Slika 18: Izgled programa REW V5 in dobljenih grafov

3.2.2 Načini meritev

Osnovni elementi, ki smo jih potrebovali pri vseh meritvah ne glede na način meritve so bili naslednji: testna škatlja iz 40 mm debele iverne plošče katera njena notranjost je bila obložena s plamafonom, 3-stezni zvočnik, naš vzorec ki smo ga ustrezno fiksirali na samo testno škatljo katera je imela na zadnji strani izvrtano luknjo za prehod zvoka do našega vzorca, mikrofona ter prenosni računalnik na katerem je deloval ustrezno nastavljen že prej omenjeni program REW V5 ter ojačevalnik zvoka. Glavni razliki, ki pa sta bili tekom meritev je, da je bila postavitev mikrofona različna (enkrat v notranjosti testne škatlje, naslednjič pa zunaj testne škatlje tik za našim vzorcem) in druga razlika pa je bila, da smo določene meritve opravili brez ojačevalnika zvoka ostale pa z njegovo pomočjo. Ojačevalnik zvoka nam je služil v ta namen, da je nam je izhodni signal iz prenosnega računalnika ustrezno ojačal. Shematski prikaz naših načinov meritev pa prikazujejo slike (slika 19-23).

Način A: S tem načinom bolj kot absorpcij izmerimo zvok znotraj testne škatlje; odboj zvoka.



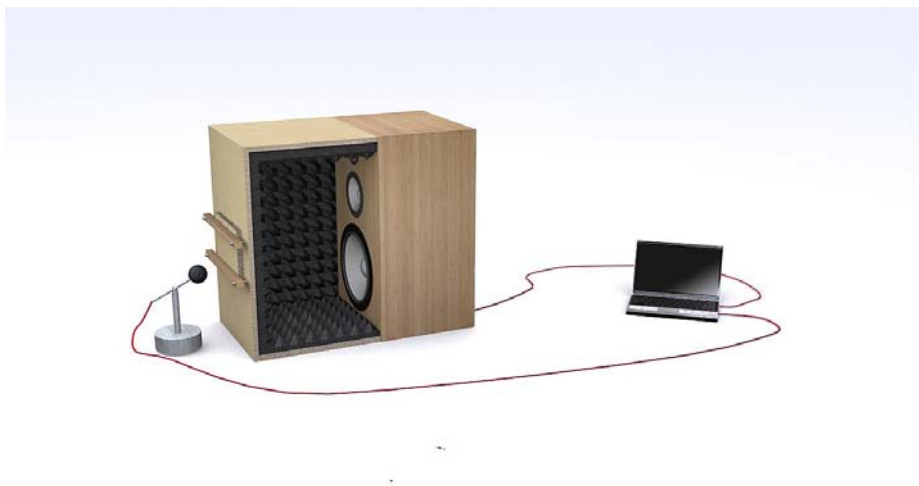
Slika 19: Celotna shema z mikrofonom v škatlji brez uporabe ojačevalnika zvoka

Način B: Meritev ki je služila kot pridobitev osnovnega signala, brez uporabe vzorca



Slika 20: Prikaz naše meritve tako brez vzorca kot tudi brez ojačevalnika zvoka

Način C: Način s katerim smo dejansko pridobili vpogled v absorpcijo zvoka našega vzorca



Slika 21: Ta slika je skorajda identična sliki 15 s to razliko, da je mikrofona postavljen zunaj testne škatle; tik za vzorcem

Način Č: Podobno kot ga narekuje način A s to razliko da smo uporabili še ojačevalnik zvoka, da nam je signal ustrezno ojačal



Slika 22: Osnovna postavitev z mikrofonom v notranjosti testne škatle ter uporaba ojačevalnika zvoka

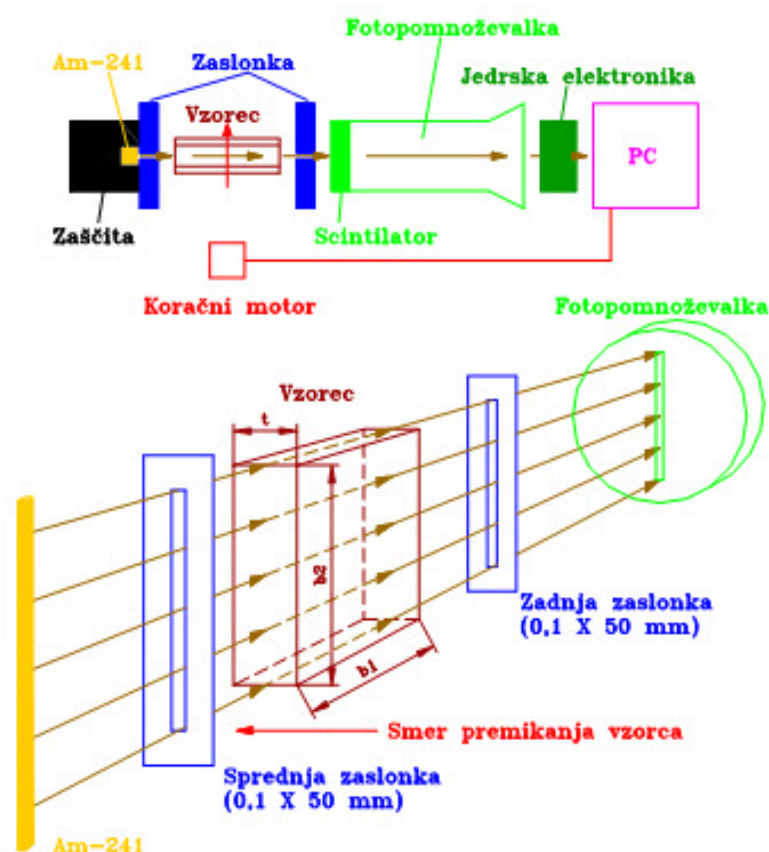
Način D: Podobno kot pri načinu C s tem da je uporabljen še ojačevalnik zvoka



Slika 23: Tako kot način Č s to razliko, da je mikrofonski postavljen zunaj testne škatle tik za našim vzorcem

3.2.3 Merjenje gostotnega profila

Meritve VPPM (Volumetric Parts per Million) smo opravili na vzorcih dimenzije 50×50 mm z merilnikom gostotnih profilov MGP–201(slika 24).



Slika 24: Shematski prikaz merilnika gostotnih profilov (MGP–201)

Zasnovan je na merjenju spremembe intenzitete žarkov gama pri prehodu skozi vzorec iverne plošče. Kot vir sevanja je uporabljen radioaktiven izotop Am–241 z energijo žarkov gama 60 keV in aktivnostjo 3,7 GBq. Za določanje gostotnega profila smo uporabili vzorce velikosti 50X50 mm. Hitrost pomika je bila 0,1 mm/sek, kar pomeni, da smo za naše vzorce dobili med 160 in 170 merilnih točk. Gostota se izračuna glede na razlike v intenziteti sevanja skozi zrak, kovino in preiskušaneec.

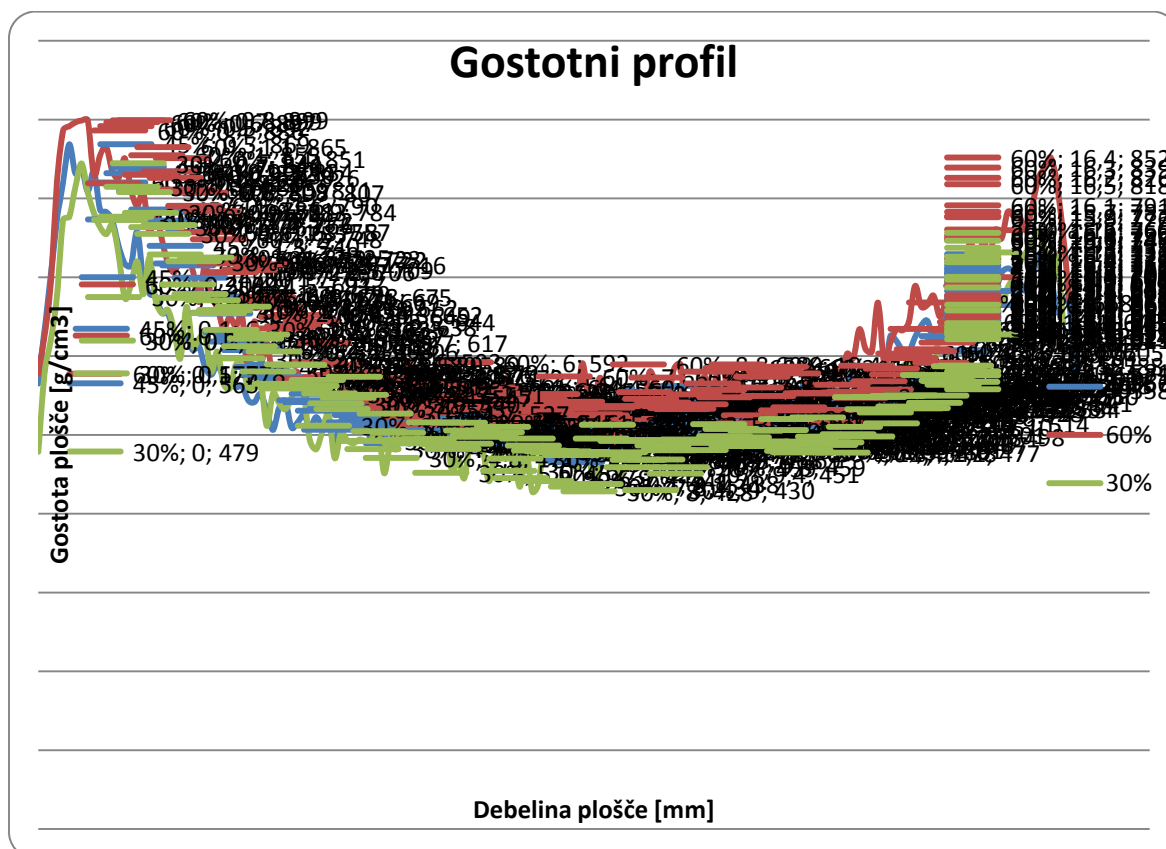
4 REZULTATI

4.1 REZULTATI MERITVE GOSTOTNEGA PROFILA

Opravljenе meritve gostotnega profila katere smo izmerili s pomočjo merilnika gostotnih profilov MGP-201(slika 24) so podale ogromno podatkov, ki so nam služili za ustrezen prikaz gostotnega profila na grafu (slika 25). Iz pridobljenih podatkov smo izrekli nekaj interesantnih podatkov kot prikazuje preglednica 1.

Preglednica 1: Manjši vpogled v zanimive podatke meritev gostotnega profila

Gostote	Povprečje	SL	CL
A(45 %)	582	713	538
B(60 %)	625	779	574
C(30 %)	560	695	515



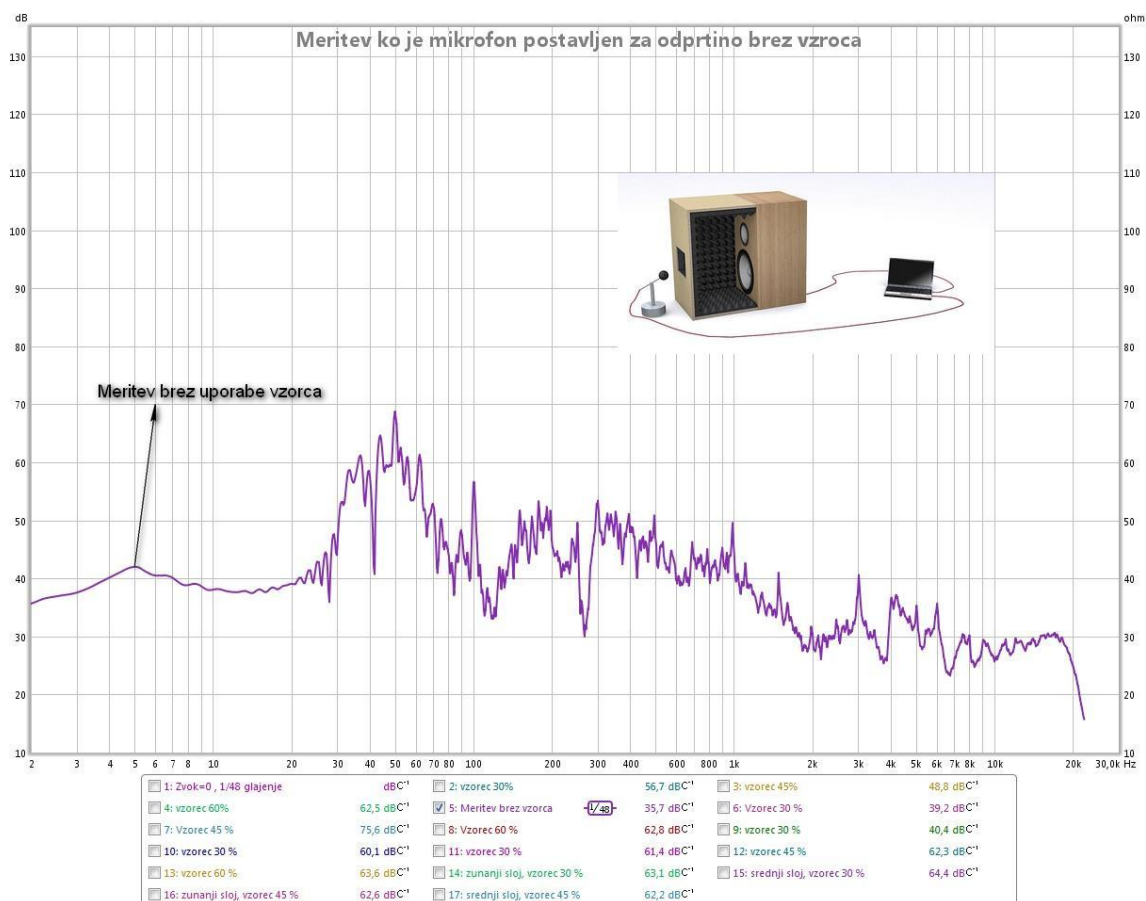
Slika 25: Prikaz gostotnega profila vzorcev

Iz grafa je razvidna razporeditev gostot v preskušancih. Pri vzorcu s 60 % deležem srednjega sloja so vrednosti gostote zunanjega in srednjega sloja največje; najnižje pa pri plošči s 30% deležem srednjega sloja.

4.2 REZULTATI MERITEV ABSORPCIJE ZVOKA

Testirali smo trislojno iverno ploščo. Uporabili smo tri različne vzorce iverne plošče, ki so se razlikovali glede deleža srednjega sloja (30, 45 in 60 %). No pa si pogledjmo pridobljene rezultate.

Na sliki 26 je prikazan frekvenčni odziv, ki smo ga pridobili ko pri meritvah nismo uporabili nobenega vzorca. Ta meritev je služila za pridobitev nekega osnovnega stanja saj nismo izmerili absorpcije zvoka naših vzorcev vendar karakteristične lastnosti prostora v katerem so bile izvedene naše meritve ter nekoliko pa tudi lastnosti same testne škatlje.

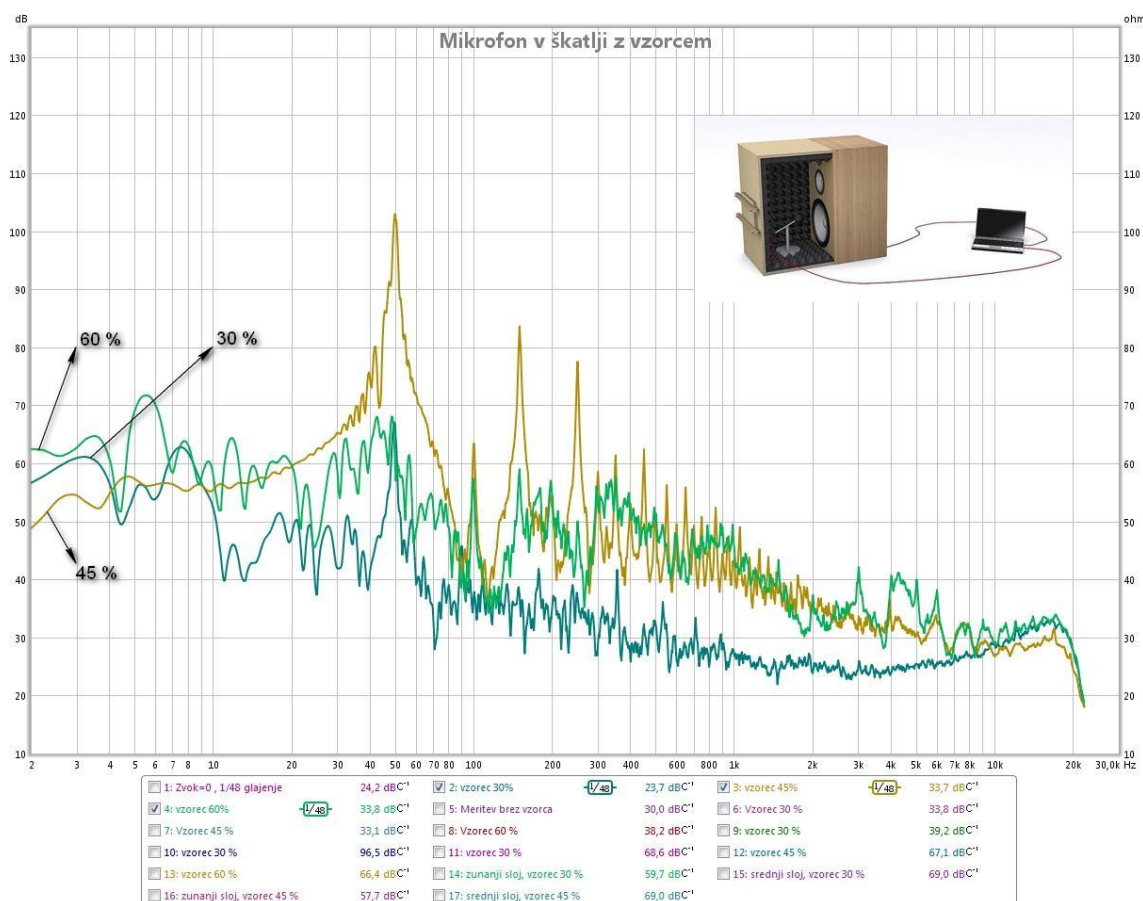


Slika 26 : Prikazuje graf meritve našega signala brez uporabe vzorca

Iz slike 26 so razvidne vrednosti dobljenega signala, ko nismo uporabili nobenega vzorca. Vrednosti hrupa okolice oz. prostora niso presegle niti 70 dB. Kljub območju od okoli 30

do 100 Hz kjer so se vrednosti jakosti zvoka povečale bi lahko dejali, da je bil prostor dokaj miren oz.tih.

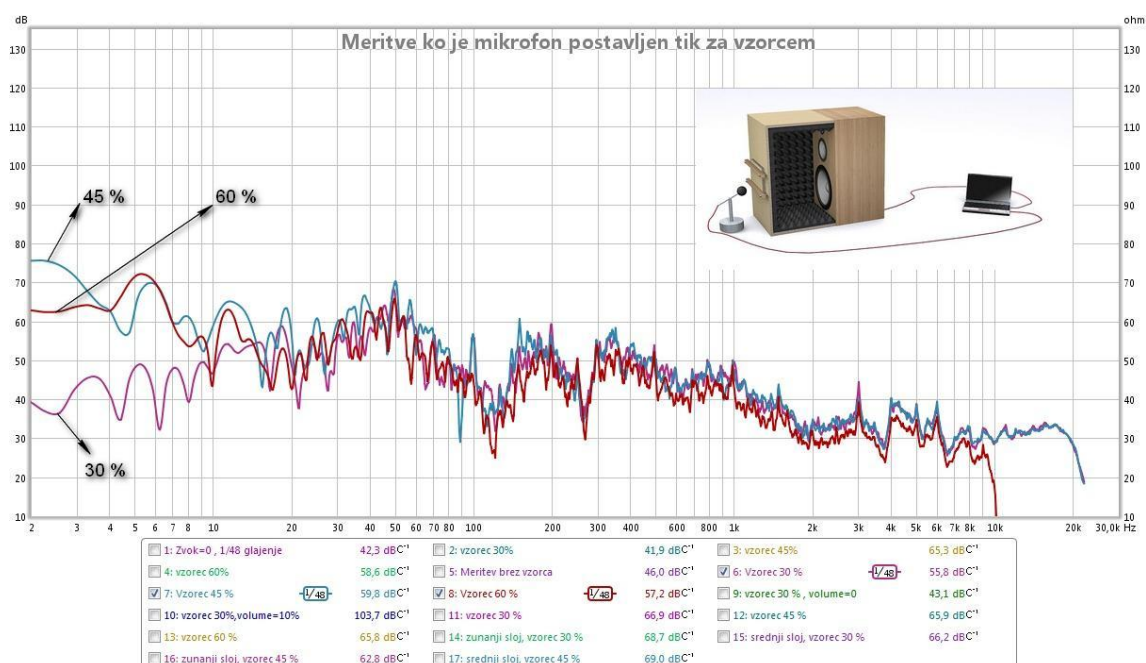
Slika 27 prikazuje graf na katerem so prikazani odvizi vseh treh uporabljenih vzorcev (30,45, ter 60 %) ko je bil mikrofonski znotraj testne škatle s tem pa smo izmerili tudi odboj/odboje od naših vzorcev ter tudi nekoliko samo absorpcijo zvoka.



Slika 27: Prikazuje graf kjer smo izmerili bolj zvok znotraj škatle oz. odboj/odboje od škatle ter uporabljenega vzorca kot pa samo absorpcijo zvoka

Pri vzorcu s 45 % deležem srednjega sloja je razvidno, da je odboj/absorpcija zvoka nekoliko slabša zlasti pri frekvencah kjer so na grafu vidni vrhovi pri frekvencah 50,150 ter 250 Hz. Gledano v celoti pri primerjavi vseh 3 vzorcev pa so vrednosti najnižje pri vzorcu s 30 % deležem srednjega sloja. Do tega je prišlo zaradi večjega deleža zunanjskega sloja pri vzorcu s 30 % deležem srednjega sloja in je lahko tako zunanji sloj veliko več prispeval k absorpciji zvoka saj je grajen iz finih delcev katerih specifična površina je večja, kakor pa pri večji delcih, ki niso zmožni absorbirati toliko energije kot majhni.

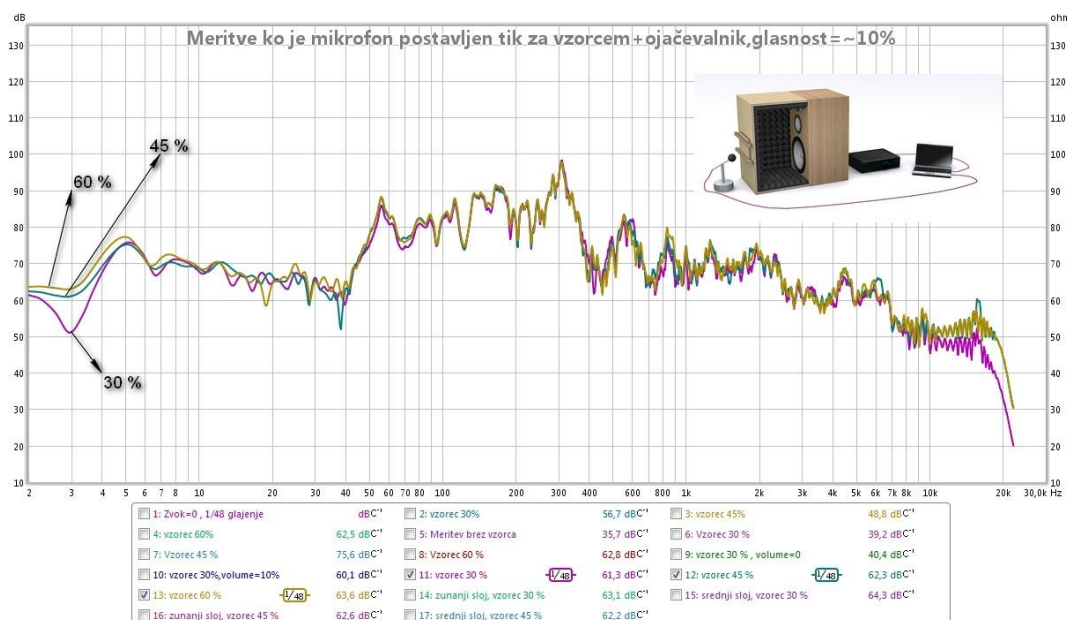
Slika 28 prikazuje dejansko meritev absorpcije zvoka naših vzorcev brez uporabe ojačevalnika zvoka.



Slika 28: Prikazuje graf kjer smo dejansko izmerili absorpcijo zvoka pri vseh treh vzorcih ko je bil mikrofona izven testne škatle; tik za vzorcem

Odzivnost plošč oz. absorpcija zvoka se, glede na zgradbo plošče razlikuje zgolj v frekvenčnem območju od 0 do okoli 20 Hz. Pri vzorcu z največjim deležem srednjega sloja (60 %) pa je lepo razvidno ko je vzorec absorbiral zvok katerih frekvence so bile višje od 10 kHz.

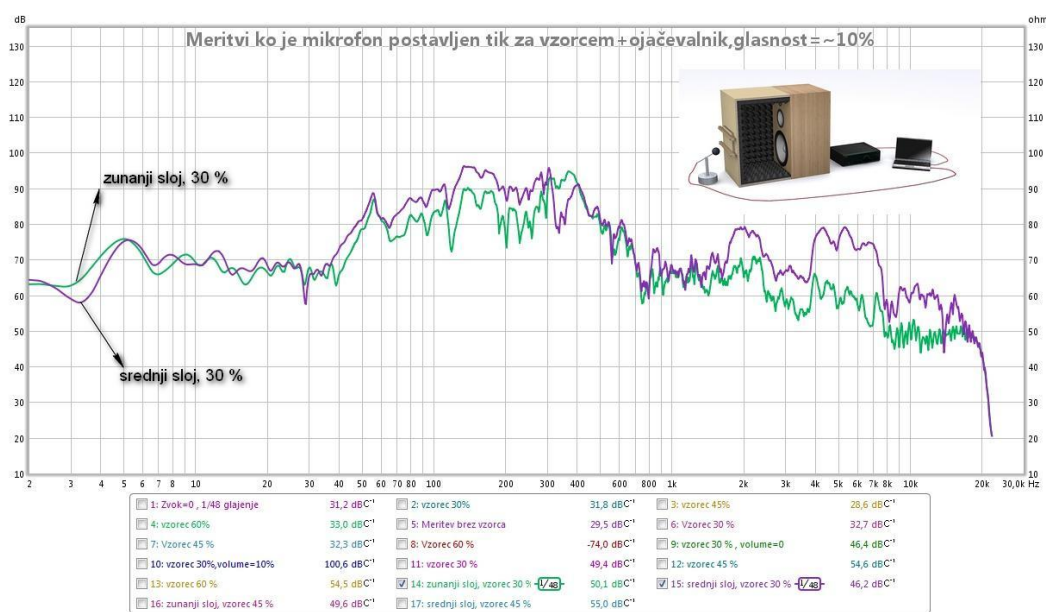
Pri sliki 29 je viden graf, ki ga narekujejo meritve izvedene s pomočjo ojačevalnika zvoka.



Slika 29: Prikazuje dobljeni graf za vse tri vzorce pri načinu kot ga narekuje slika načina D

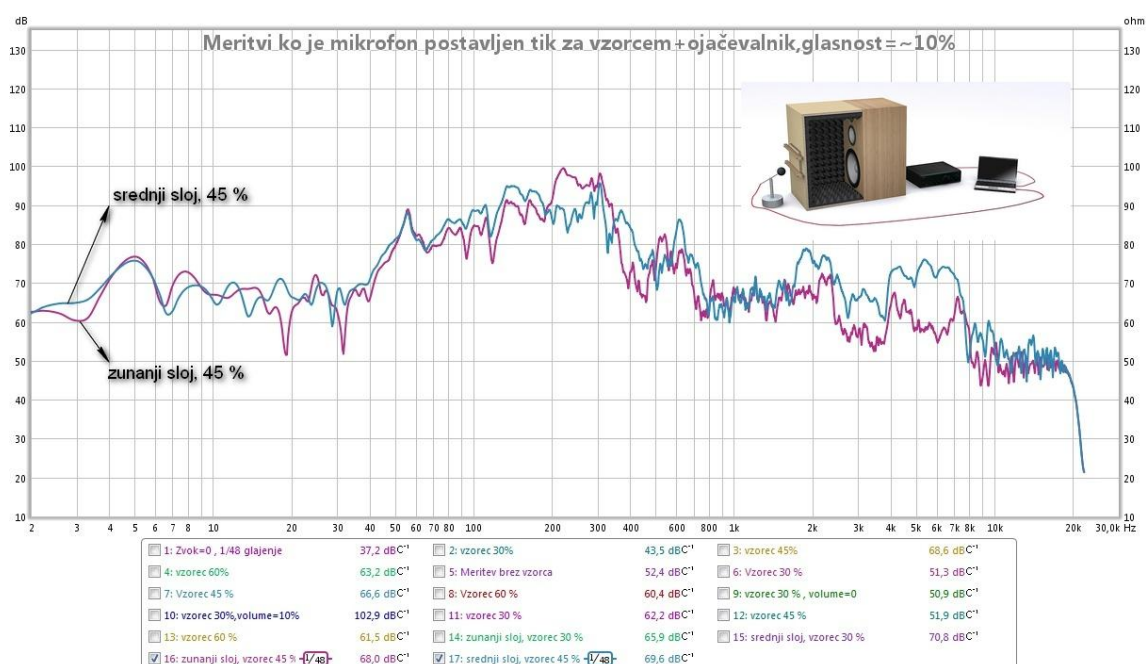
Iz grafa je razvidno, da je absorbcija vseh treh vzorcev v spektru od 0 do 20.000 Hz skorajda identična. Razlika pa se prikaže pri frekvenci 3 Hz kjer je vzorec s 30 % deležem srednjega sloja absorbiral več zvoka kot pa ostala dva vzorca. Do odstopanj pride pa tudi pri frekvencah višjih od 10 kHz kjer so vidni manjši odmiki pridobljenih krivulj.

Da bi pridobili boljše vpogled kako posamezni sloj vpliva na absorpcijo zvoka smo vzorce prerezali tako, da smo pridobili posebej zunanji sloj ter srednji sloj. Ko smo pridobili prerezane vzorce smo opravili meritev absorpcije zvoka posebej za zunanji sloj ter posebej za srednji sloj. (slika 30 - 32)



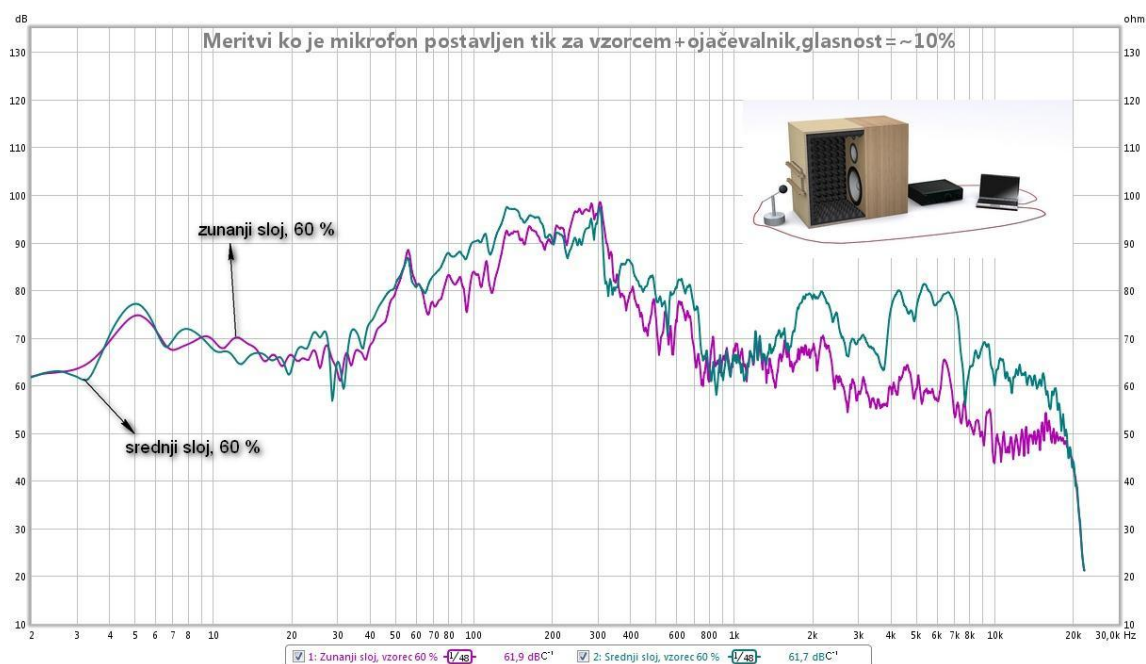
Slika 30: Prikazuje dobljeni graf kjer smo merili absorpcijo zvoka posebej za zunanji sloj ter zunanji sloj vzorca s 30 % deležem srednjega sloja

Iz grafa je razvidno, da so največje razlike vidne predvsem pri frekvencah od 1,5 kHz do okoli 14 kHz kjer je zunanji sloj absorbiral več zvoka kakor pa srednji sloj. Zanimiva pa je področje pri frekvencah od 300- 400 Hz kjer se je srednji sloj bolje obnesel.



Slika 31: Prikazuje graf absorpcije zvoka vzorca s 45 % deležem srednjega sloja; posebej za zunanji in notranji sloj

Razvidno je da je absorpcija zvoka zunanjega sloja gledana v celoti boljša kot pa absorpcija notranjega sloja. Največje razlike so vidne pri absorpciji zvoka frekvenc 19 Hz ter 31 Hz ter v območju od 1,7 kHz do 7,5 kHz kar pa je kar veliko območje zlasti če potrebujemo absorpcijo ravno v tem osrednjem območju.



Slika 32: Prikazuje graf absorpcije zvoka vzorca s 60 % deležem srednjega sloja; posebej za zunanji in notranji sloj

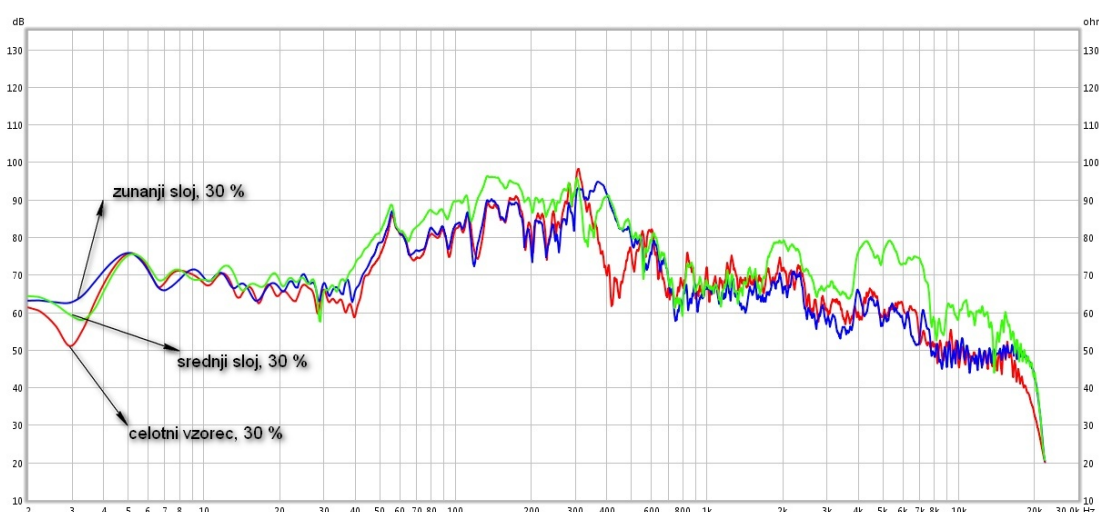
Tudi v tem primeru je razvidno, da je absorpcija zvoka zunanjega sloja večja v primerjavi z srednjim slojem kljub temu, da je bilo srednjega sloja v primerjavi z zunanjim za kar 20 % več. Srednji sloj pa kaže na večje odmike pri področju frekvenc višjih od 1,6 kHz do 20 kHz kjer niso bila absorbirana v taki meri kot jih je lahko zunanji sloj.

5 RAZPRAVA

Iz opravljenih meritev opazimo, da so razlike med akustičnimi lastnostmi (absorpcijo zvoka) ivernih plošč majhne kljub, rabi gradnikov različne velikosti. Iz mojih meritev je razvidno, da na absorpcijo zvoka v ogromni meri vpliva zunaji sloj neglede na to kolikšen je njegov delež saj je specifična površina drobnih delcev v primerjavi z večjimi delci večja in imajo tako drobni delci večjo absorpcijsko zmožnost. Pri vzorcih z manjšim deležem zunanjega sloja pa je bilo pričakovano, da bo v primerjavi z večjim deležem zunanjega sloja absorpcija višjih frekvenc večja vendar to izpodbitno ne drži. Akustične lastnosti pa so se verjetno razlikovale tudi zaradi deleža uporabljenega lepila za vsak sloj posebej, saj je bil delež dodanega lepila za zunanji sloj večji kot pa pri srednjem sloj. Verjetno so te razlike zgolj diferencialno majhne, vendar pa vsakakor vplivajo na samo krivuljo.

Akustične lastnosti izolativnih materialov so odvisne predvse od njihove gostote. Ko smo opravili meritve gostotnega profila smo si pridobili vpogled kako je gostota variirala po prerezu s tem pa pokazali da je gostota zunanjega sloja večja (na račun prepletenosti). Poleg gostote pa na lastnosti plošč vplivajo tudi razlike v strukturi, debelina posamznega sloja, vrsta uporabljene lesne vrste za izdelavo iveri iz katerih izdelamo ustrezno ploščo, izbira vrste lepila ter njegova količina za posamezen sloj, vlažnost vzorca itd. Iz tega sklepamo, da na akustične lastnosti vpliva ogromno dejavnikov na katere na začetku sploh nismo niti pomislili.

Da bi pridobili še malenkost boljši vpogled na absorpcijo zvoka si pogledjmo kako se obnese celotni vzorec ter vsaj sloj posebej (istega vzorca). Gre za vzorec s 30 % deležem srednjega sloja. To prikazuje slika 33.



Slika 33: Prikazuje graf absorpcij zvoka vzorca s 30 % deležem srednjega sloja; posebej za zunanji in notranji sloj ter celotni vzorec

Fascinantno je videti kako se krivulja zunanja sloja prilega krivulji absorpcije zvoka celotnega vzorca. Iz tega je preprosto razbrati koliko zunanji sloj doprinese k izboljšanju akustičnih lastnosti iverne plošče.

6 SKLEPI

Sklepamo lahko, da na povečanje absorpcije zvoka v glavnem doprinese zunanji sloj zaradi že prej omenjenih razlogov. Sklepamo pa lahko tudi da ko se odločamo za izbiro ustrezne izolativne plošče, moramo pogledati veliko dejavnikov kateri bi lahko vplivali na samo absorpcijo zvoka. Pri vsakem problemu oz. projektu kjer bi želeli izboljšati akustične lastnosti sob ali drugih stvari moramo prej opraviti ustrezne meritve katere se merijo s pomočjo različnih naprav, ki po pregledu dobljenih rezultatov povedo, koliko absorptivnih elementov (absorberjev) ter difuzorjev potrebujemo za pridobitev ustrezne akustike prostora. Pri uporabi absorberjev pa moramo biti pozorni, da jih ne uporabimo preveč saj bi s tem pridobili gluho sobo, ki pa pravtako nebi zadostovala kriterijem za reprodukcijo zvoka (zaradi premajhnega števila potrebnih odbojov sten) na visokem nivoju zlasti pri studijskih sobah.

7 VIRI

F. Alton Everest, 2001, Master handbook of acoustic, 4th edition, New York, McGraw-Hill: 615 str.

Tamni Kawasaki, Min Zhang, Shuichi Kawai, 1998, Manufacture and properties of ultra-low-density fiberboard, J wood sci, 44:354-360

Andrea Panteghini, Francesco Genna, Edoardo Piana, 2006, Analysis of perforated panel for correction of low frequency resonances in domestic rooms, Applied Acoustic 68(2007) 1086-1103

Hans Breuer/Rosemarie Breuer, 1993, Atlas klasične in moderne fizike, prva izdaja, Državna založba Slovenije, Ljubljana, 400 str.

Eduard Arnau, 2004, Anatomski atlas in človeško telo/vodnik po človeškem telesu, prvi natis, Tehniška založba Slovenije,d.d., 200 str.

Dušan Fefer in Aton Jeglič, 1992, Osnove akustike, 1 natis, Akademsko založba Ljubljana, 183 str.

Republika Slovenija, Ministrstvo za obrambo,Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje (Sistem javnega alarmiranja)
<http://www.sos112.si/slo/page.php?src=sj1.htm> (15.avg.2012)

Zvok
<http://sl.wikipedia.org/wiki/Zvok> (20.avg.2012)

Akustika
<http://sl.wikipedia.org/wiki/Akustika> (22.avg.2012)

Spoznavmo naše telo
<http://www.slodiver.net/medicina/cutla.asp> (1.sep.2012)

Akustika (program 3.del)
http://www.kalcer.si/ss_amf/15-Akustik_SLO.pdf (5.sep.2012)

Absorpcija zvoka
<http://www.novolit.si/slo/absorpcija-zvoka/index.php> (27.maj.2012)

Absorpcija
http://www.ssers.mb.edus.si/gradiva/w3/elek_v1/oim8/10_pojavi_pri_sirjenju_zvoka/3_ko_rak.html (1.sep.2012)

Kako deluje sluh ?
<http://www.kvarkadabra.net/article.php/Kako-deluje-sluh> (27.avg.2012)

Sciencedirect

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003682X06001368> (17.sep.2012)

Keystoneacoustics

<http://www.keystoneacoustics.com.au/key-ply.php> (17.sep.2012)

Thomann

http://www.thomann.de/gb/acoustic_elements_for_studios.html (5.sep.2012)

California department of transportation

http://www.dot.ca.gov/hq/maint/Pavement/Offices/Pavement_Engineering/Noise_Levels.html (25.avg.2012)

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorju doc. dr. Sergeju Medvedu za pomoč pri izvedbi eksperimenta ter za delitev napotkov tekom pisanja diplomskega projekta.

Zahvalil bi se tudi rad prof. dr. Željku Gorišku za strokovno recenzijo diplomskega projekta. Zahvalil bi se pa tudi tehničnemu sodelavcu Janez Renku za pomoč pri izdelavi ivernih plošč v laboratoriju.

Zahvaljujem pa se tudi vsem, ki so kakorkoli pripomogli k uspešnem zaključku mojega študija.

PRILOGE

Priloga A:

Priloga B:

Priloga C:

Priloga Č: