

Drvo za rezonanciju

Češnjak, Martin

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Academy of Music / Sveučilište u Zagrebu, Muzička akademija**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:116:454128>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-19**



Repository / Repozitorij:

[Academy of Music University of Zagreb Digital Repository - DRMA](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU MUZIČKA AKADEMIJA

VI. ODSJEK

MARTIN ČEŠNJAK

DRVO ZA REZONANCIJU

DIPLOMSKI RAD



ZAGREB, 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU MUZIČKA AKADEMIJA

VI. ODSJEK

DRVO ZA REZONANCIJU

DIPLOMSKI RAD

Mentor: nasl. red. prof. art. Orest Shourgot

Student: Martin Češnjak

Ak.god. 2022/2023.

ZAGREB, 2022.

DIPLOMSKI RAD ODOBRIO MENTOR

nasl. red. prof. art. Orest Shourgot

Potpis

U Zagrebu, 16.5.2022.

Diplomski rad obranjen _____ ocjenom _____.

POVJERENSTVO:

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____

OPASKA:

PAPIRNATA KOPIJA RADA DOSTAVLJENA JE ZA POHRANU KNJIŽNICI
MUZIČKE AKADEMIJE

Sažetak

Analizom mehaničkih parametara odabrani primjeri drva za rezonanciju će se kategorizirati se prema svojoj svrsi i upotrebi uz priložene slike analiziranih vrsta.

KLJUČNE RIJEČI: drvo za rezonanciju, zvučnica, bočnice i dna, pločice za ksilofon, drveni puhački instrumenti

Summary

Through the analysis of mechanical parameters, the selected examples of tonewood will be categorized according to their purpose and use, along with the attached pictures of the analyzed species.

KEY WORDS: tonewood, soundboard, sides and backs, xylophone bars, woodwinds

Sadržaj:

Sažetak	4
Summary	4
1. Uvod	1
2. Parametri mjerenja	2
2.1 Gustoća	2
2.2 Tvrdća	2
2.3 Modul elastičnosti ili Youngov modul	2
2.4 Poissonov omjer ili Poissonov koeficijent	3
2.5 Savojna čvrstoća	3
2.6 Pritisna čvrstoća	3
2.7 Jačina utezanja	3
2.8 Koeficijent zračenja zvuka	3
2.9 Koeficijent gubitka	4
3. Odnosi parametara i uporaba materijala	5
4. Drva za rezonanciju	9
4.1 Drva za zvučnice	9
4.2 Drva za bočnice i dno	16
4.3 Drva za gudala	21
4.4 Drva za ksilofonske pločice	24
4.5 Drva za puhačke instrumente	30
5. Zaključak	36
6. Literatura	37

1. Uvod

Drvo, kao alat i materijal, jedno je od najstarijih suputnika razvoja ljudske civilizacije. Najraniji dostupni podaci o obradi drva stari su 400.000 godina te je ono sve do danas neizostavan element ljudskih života i industrije. Ono je pronašlo svoje mjesto u području građevinske industrije, stolarske struke, likovne umjetnosti, ali i glazbene umjetnosti koja na poseban način oplemenjuje mrtvo tkivo drveta. Uz glazbu, drvo prestaje biti samo materijal, alat ili objekt vrijedan pogleda, ono postaje instrumentom glazbenikove ekspresije koja oplemenjuje trenutak u prostoru. Kao što stoji upisano na hvataljci viole da gambe iz 16. stoljeća majstora Caspara Tieffenbruckera: „Živjela sam u šumi; Okrutno su me ubili sjekirom; Kad sam živjela bila sam tiho; Mrtva pjevam slatko.“ Međutim, što točno čini drvo adekvatnim za izradu instrumenata dugo je bila nepoznanica te su neki ključni parametri identificirani tek ozbiljnijim razvojem znanosti. Tako s vremenom nastaje potpuno zasebna kategorija u podjeli funkcije drva koja se naziva drvo za rezonanciju. Unutar te kategorije postoje suptilne i drastične razlike između vrijednosti parametara različitih primjera drva, stoga im je i primjena različita. Ovaj diplomski rad će analizirati njihove razlike i primjenu.

2. Parametri mjerenja

Razni parametri opisuju drvo i njegovo stanje, međutim, kako bismo odredili kvalitetu i potencijalnu primjenu drva za rezonanciju moramo ga sagledati kroz prizmu njegovih mehaničkih karakteristika. Iako će se spomenuti više čimbenika, fokus će pripasti samo nekima. „Akustička sposobnost materijala ovisi o svojstvima kao što su njegova gustoća, Youngov modul i koeficijent gubitka. Oni određuju brzinu zvuka u materijalu, rezonantnu frekvenciju komada drva i intenzitet izračenog zvuka“ (Wegst, 2006.).

2.1 Gustoća

„Gustoća (gustoća tvari) (znak ρ), fizikalna veličina koja opisuje svojstvo nekog tijela ili tvari definirano kao količnik mase m i volumena V , dakle: $\rho = m/V$. Mjerna jedinica gustoće jest kilogram po kubnome metru (kg/m^3)“ (Hrvatska enciklopedija, 2021.).

Drvo je povoljnije za rezonanciju ako je manje gustoće.

2.2 Tvrdća

„Tvrdća je otpornost materijala prema prodiranju drugoga, znatno tvrdjega tijela“ (Hrvatska enciklopedija, 2021.)

Izražava se u njutnima (N) te što je vrijednost veća zvuk ima tendenciju biti sjajan, odnosno svijetao, dok se zvuk mekša drva percipira kao blag i topao. Ona je također parametar prema kojem sva drva možemo razvrstati u dvije skupine, tvrda koja pripadaju skupini kritosjemenjača i meka drva koja pripadaju skupini golosjemenjača.

2.3 Modul elastičnosti ili Youngov modul

„Modul elastičnosti (Youngov modul, po Thomasu Youngu) (znak E), fizikalna je veličina koja opisuje koliko se izduljena elastična tijela skraćuju ili produljuju pod

djelovanjem sile ovisno o materijalu od kojega su načinjena“ (Hrvatska enciklopedija, 2021.).

Drvo velikog elasticiteta pogodnije je za rezonanciju.

2.4 Poissonov omjer ili Poissonov koeficijent

„Poissonov omjer ili Poissonov koeficijent [oznaka: ν] konstanta je materijala jednaka omjeru poprečne i uzdužne deformacije pri uzdužnom (vlačnom ili tlačnom) opterećenju“ (Jelaska, 2012.).

2.5 Savojna čvrstoća

Savojna čvrstoća se prema hrvatskom strukovnom nazivlju (2011.) definira kao savojno naprezanje pri prekidu ispitka.

Drvo veće savojne čvrstoće prima više energije koju proizvode žice te rezultira širim dinamičkim rasponom s velikom jasnošću, volumenom i projekcijom tona.

2.6 Pritisna čvrstoća

Pritisnu čvrstoću hrvatsko strukovno nazivlje (2011.) definira kao najveću moguću čvrstoću ispitka tijekom ispitivanja djelovanjem pritiskoga opterećenja.

2.7 Jačina utezanja

Najjednostavnije rečeno, utezanje drva je proces smanjivanja njegovih dimenzija poradi istjecanja vode iz staničnih stijenki.

2.8 Koeficijent zračenja zvuka

„Kad čvrsti materijal vibrira napregnut je i dio njegove mehaničke energije se rasipa kao toplina unutarnjim trenjem“ (Wegst, 2006.).

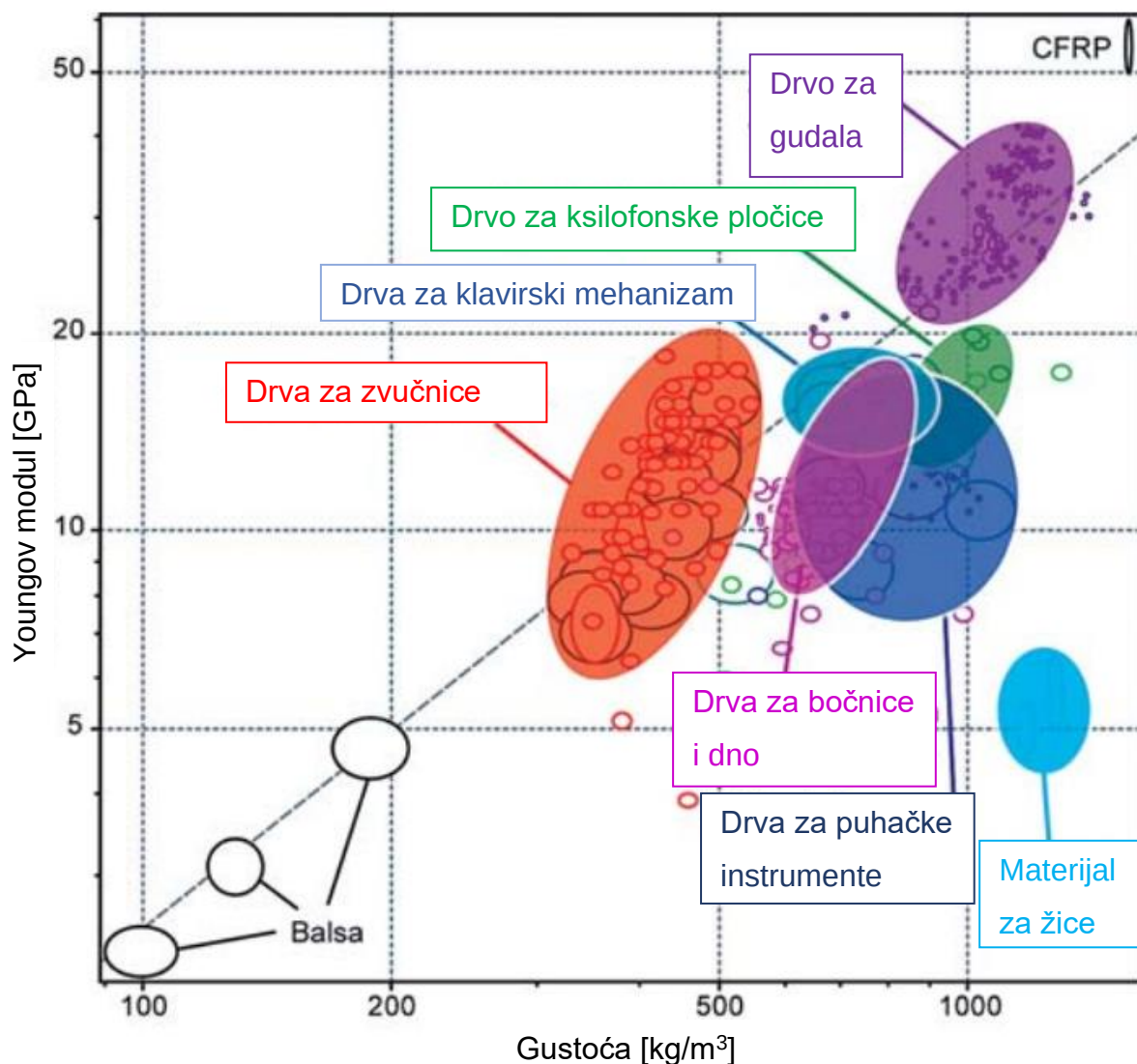
2.9 Koeficijent gubitka

„Koeficijent gubitka (η) mjeri stupanj do kojeg materijal rasipa vibracijsku energiju unutarnjim trenjem“ (Wegst, 2006.)

3. Odnosi parametara i uporaba materijala

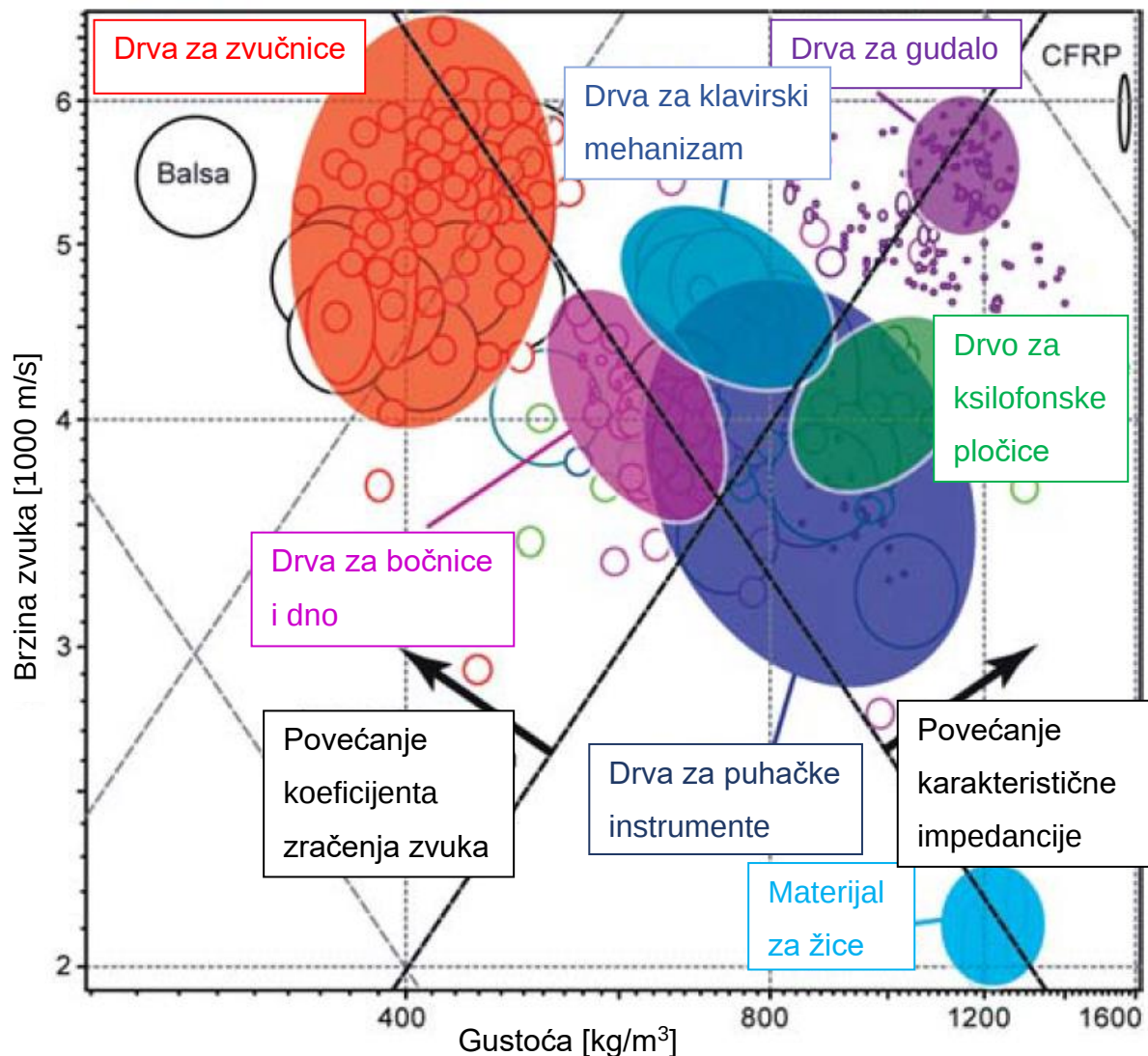
Međuvisnost parametara i aplikacija znanja najlakše se tumači grafovima.

Slika 3.a Odnos Youngovog modula i gustoće materijala (Wegst, 2006.)



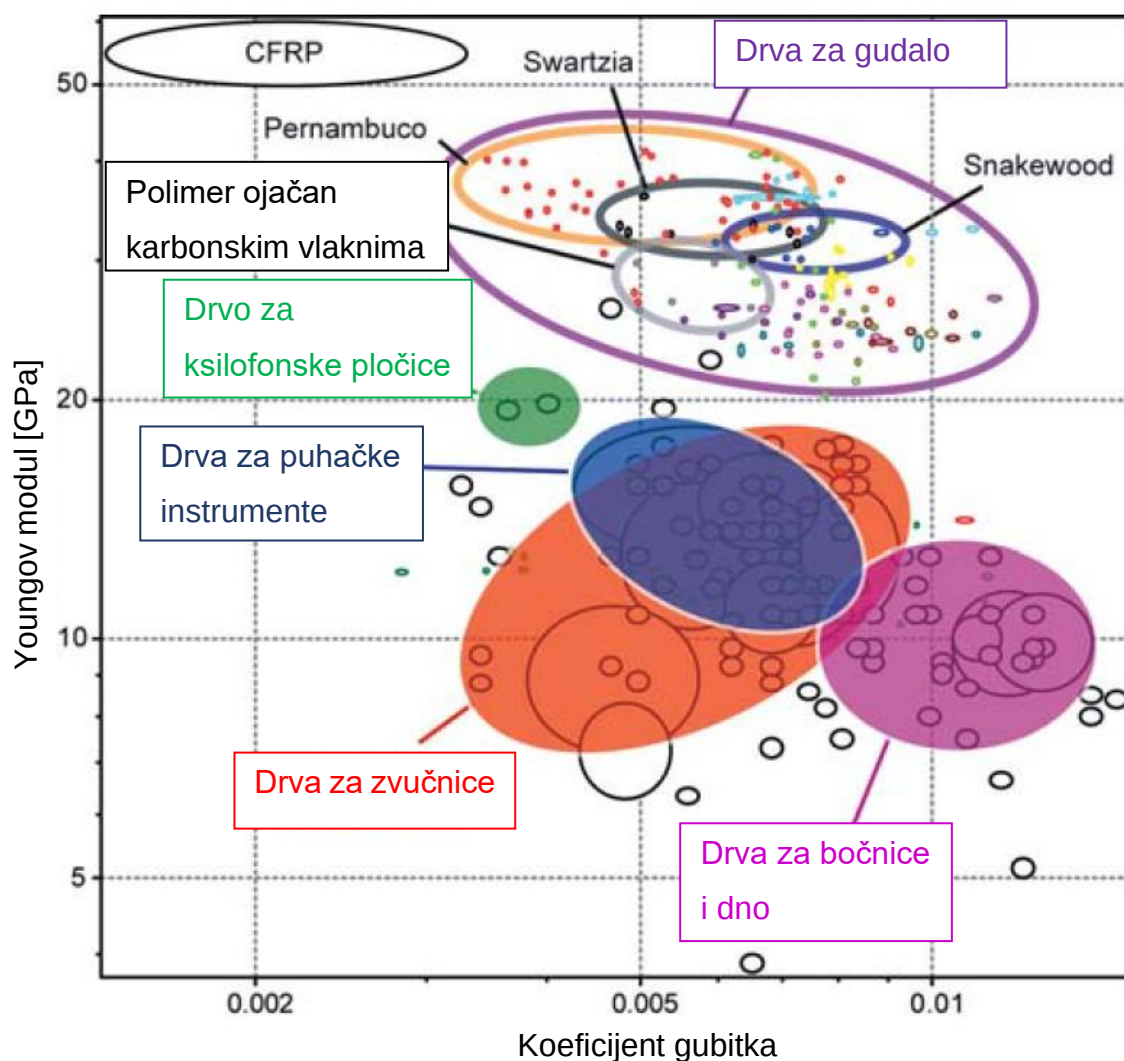
Graf tumači nešto zapravo vrlo intuitivno, a to je odnos modula elasticiteta i gustoće materijala te njegovu primjenu s obzirom na taj odnos. Što je veći modul elasticiteta, veća je i gustoća te je drvo gipkije pa je i svrha drukčija. S obzirom da gustoća ne govori dovoljno o potencijalnoj funkciji drva potrebno ju je sagledati unutar konteksta. „Budući da – po shvaćanju akustike – brzina zvuka nije drugo nego kvocijent elasticiteta i volumne težine, razumljivo je, da drvo, a naročito smrekovina, po vodljivosti za zvuk stoji na prvom mjestu“ (Ugrenović, 1951.).

Slika 3.b Odnos brzine zvuka i gustoće materijala (Wegst, 2006.)



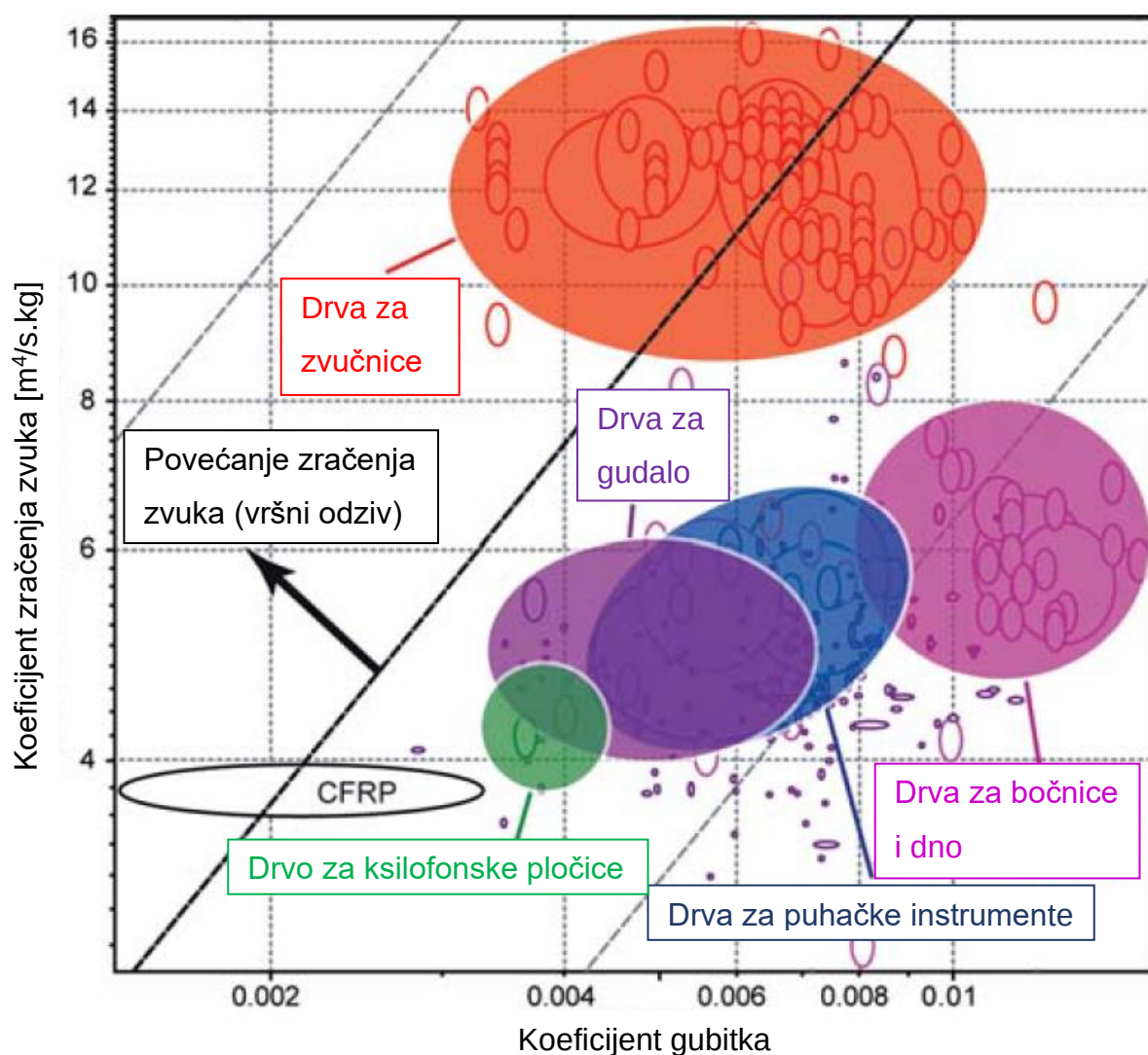
Iako gustoća sama za sebe ne govori puno o vodljivosti zvuka kroz drvo, njen odnos s Youngovim modulom omogućuje jasniju perspektivu. Drva manje gustoće, ali velike brzine rasprostiranja zvuka imaju velik modul elastičnosti pa su najpogodnija za zvučnice, dok se recimo drva velikog elastičnosti i velike gustoće koriste za izradu gudala.

Slika 3.c Odnos modula elasticiteta i koeficijenta gubitka (Wegst, 2006.)



Ono što valja primijetiti je da drva za bočnice i dno imaju najveći koeficijent gubitka vibracija unutarnjim trenjem i malog su elasticiteta, suprotno od drva pogodnih za izradu gudala koja su vrlo visokog modula elasticiteta i malog koeficijenta gubitka.

Slika 3.d Odnos koeficijenta zračenja zvuka i koeficijenta gubitka



Ono što se može zaključiti je kako drva za zvučnice, drva za ksilofonske ploče i drva za gudala imaju mali koeficijent gubitka. Drva za zvučnice odskoču od ostala dva navedena primjera tako što imaju izrazito velik koeficijent zračenja zvuka.

4. Drva za rezonanciju

Ovo poglavlje će poznatija drva za rezonanciju razvrstati u kategorije prema njihovoj funkciji. Upotreba se generalno dijeli na: drva za zvučnice, drva za bočnice i dna, drva za gudala, drva za puhačke instrumente, drva za ksilofonske pločice te drva za klavirski mehanizam.

4.1 Drva za zvučnice

Zvučnica je rezonantna, prednja, ploča koja se nalazi u konstrukciji instrumenata poput gudačkih, gitara te raznih ostalih žičanih glazbala. Ona mora pružati otpor pritisku koji napete žice vrše preko konjića nad zvučnicom, međutim, mora biti i dovoljno fleksibilna kako bi mogla što efektivnije rezonirati i pojačavati zvučni signal.

Tablica 4.1.a Drva koja se tradicionalno koriste za zvučnice (Wegst, 2006.)

Naziv drva	Takson
Obična jela	<i>Abies alba</i>
Bor kralja Williama	<i>Athrotaxis selaginoides</i>
Visoka smreka	<i>Picea abies</i> = <i>P. excelsis</i>
Sitkanska smreka	<i>Picea sitchensis</i>
Bor	<i>Pinus sylvestris</i>
Duglazija	<i>Pseudotsuga menziesii</i>

Slika 4.1.a Obične jela (Meier, 2008)



Tablica 4.1.b Mehaničke karakteristike obične jele (Meier, 2008)

Mehanička karakteristika	Vrijednost
Gustoća	415 kg/m ³
Tvrdoća	1420 N
Youngov modul / Modul elasticiteta	8,28 GPa
Svojna čvrstoća	? MPa
Pritisna čvrstoća	41,0 MPa
Jačina utezanja	12,8 %
Koeficijent zračenja zvuka	?

Slika 4.1.b Bor kralja Williama



Tablica 4.1.c Mehaničke karakteristike bora kralja Williama (Meier, 2008)

Mehanička karakteristika	Vrijednost
Gustoća	350 kg/m ³
Tvrdoća	? N
Youngov modul / Modul elasticiteta	5,80 GPa
Svojna čvrstoća	? MPa
Pritisna čvrstoća	69,0 MPa
Jačina utezanja	? %
Koeficijent zračenja zvuka	11,6

Slika 4.1.c Visoka smreka (Meier, 2008)



Tablica 4.1.d Mehaničke karakteristike visoke smreke (Meier, 2008)

Mehanička karakteristika	Vrijednost
Gustoća	405 kg/m ³
Tvrdoća	1680 N
Youngov modul / Modul elasticiteta	9,70 GPa
Savojna čvrstoća	63,0 MPa
Pritisna čvrstoća	35,5 MPa
Jačina utezanja	12,9 %
Koeficijent zračenja zvuka	12,0

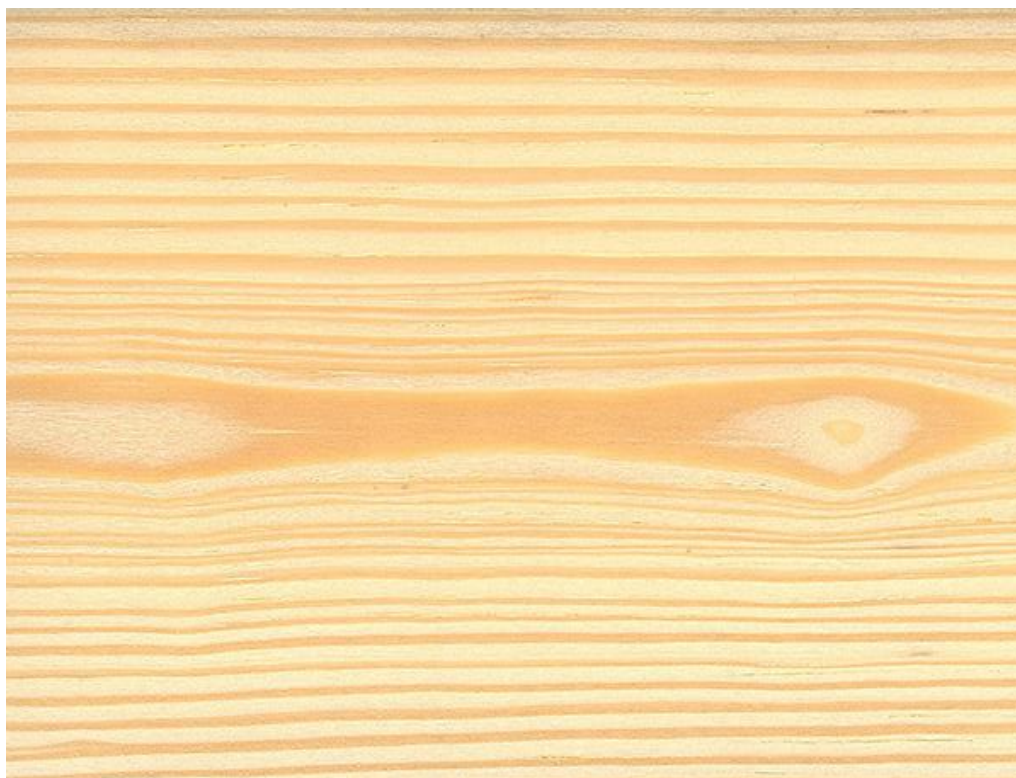
Slika 4.1.d Sitkanska smreka (Meier, 2008)



Tablica 4.1.e Mehaničke karakteristike sitkanske smreke (Meier, 2008)

Mehanička karakteristika	Vrijednost
Gustoća	425 kg/m ³
Tvrdoća	2270 N
Youngov modul / Modul elasticiteta	11,03 GPa
Savojna čvrstoća	70,0 MPa
Pritisna čvrstoća	38,2 MPa
Jačina utezanja	11,5 %
Koeficijent zračenja zvuka	12,0

Slika 4.1.e Bor (Meier, 2008)



Tablica 4.1.f Mehaničke karakteristike bora (Meier, 2008)

Mehanička karakteristika	Vrijednost
Gustoća	550 kg/m ³
Tvrdoća	2420 N
Youngov modul / Modul elasticiteta	10,08 GPa
Svojna čvrstoća	? MPa
Pritisna čvrstoća	41,5 MPa
Jačina utezanja	13,6 %
Koeficijent zračenja zvuka	?

Slika 4.1.f Duglazija (Meier, 2008)



Tablica 4.1.g Mehaničke karakteristike duglazije (Meier, 2008)

Mehanička karakteristika	Vrijednost
Gustoća	510 kg/m ³
Tvrdoća	2760 N
Youngov modul / Modul elasticiteta	12,17 GPa
Svojna čvrstoća	86,2 MPa
Pritisna čvrstoća	47,9 MPa
Jačina utezanja	11,6 %
Koeficijent zračenja zvuka	9,6

4.2 Drva za bočnice i dno

Drva za bočnice i dno moraju biti otpornija i čvršća kako bi izdržala opterećenje žičane konstrukcije koje se vrši preko zvučnice na njih. Zbog veće gustoće i tvrdoće pati modul elasticiteta i koeficijent zračenja zvuka.

Tablica 4.2.a Drva koja se tradicionalno koriste za bočnice i dno (Wegst, 2006.)

Naziv drva	Takson
Srebrnolisni javor	<i>Acer saccharinum</i>
Gorski javor	<i>Acer pseudoplatanus</i>
Brazilski ružino drvo	<i>Dalbergia nigra</i>
Američki mahagonij	<i>Swietenia macrophylla</i>

Slika 4.2.a Srebrnolisni javor (Meier, 2008)



Tablica 4.2.b Mehaničke karakteristike srebrnolisnog javora (Meier, 2008)

Mehanička karakteristika	Vrijednost
Gustoća	530 kg/m ³
Tvrdoća	3110 N
Youngov modul / Modul elasticiteta	7,86 GPa
Svojna čvrstoća	61,4 MPa
Pritisna čvrstoća	36,0 MPa
Jačina utezanja	12,0 %
Koeficijent zračenja zvuka	7,3

Slika 4.2.b Gorski javor (Meier, 2008)



Tablica 4.2.c Mehaničke karakteristike gorskog javora (Meier, 2008)

Mehanička karakteristika	Vrijednost
Gustoća	615 kg/m ³
Tvrdoća	4680 N
Youngov modul / Modul elasticiteta	9,92 GPa
Savojna čvrstoća	98,1 MPa
Pritisna čvrstoća	55,0 MPa
Jačina utezanja	12,3 %
Koeficijent zračenja zvuka	6,5

Slika 4.2.c Brazilsko ružino drvo (Meier, 2008)



Tablica 4.2.d Mehaničke karakteristike brazilskog ružinog drva (Meier, 2008)

Mehanička karakteristika	Vrijednost
Gustoća	835 kg/m ³
Tvrdoća	12410 N
Youngov modul / Modul elastičnosti	13,93 GPa
Svojna čvrstoća	135,0 MPa
Pritisna čvrstoća	67,2 MPa
Jačina utezanja	8,5 %
Koeficijent zračenja zvuka	4,9

Slika 4.2.d Američki mahagonij (Meier, 2008)



Tablica 4.2.e Mehaničke karakteristike američkog mahagonija (Meier, 2008)

Mehanička karakteristika	Vrijednost
Gustoća	590 kg/m ³
Tvrdoća	4020 N
Youngov modul / Modul elasticiteta	10,06 GPa
Savojna čvrstoća	80,8 MPa
Pritisna čvrstoća	46,6 MPa
Jačina utezanja	7,5 %
Koeficijent zračenja zvuka	7,0

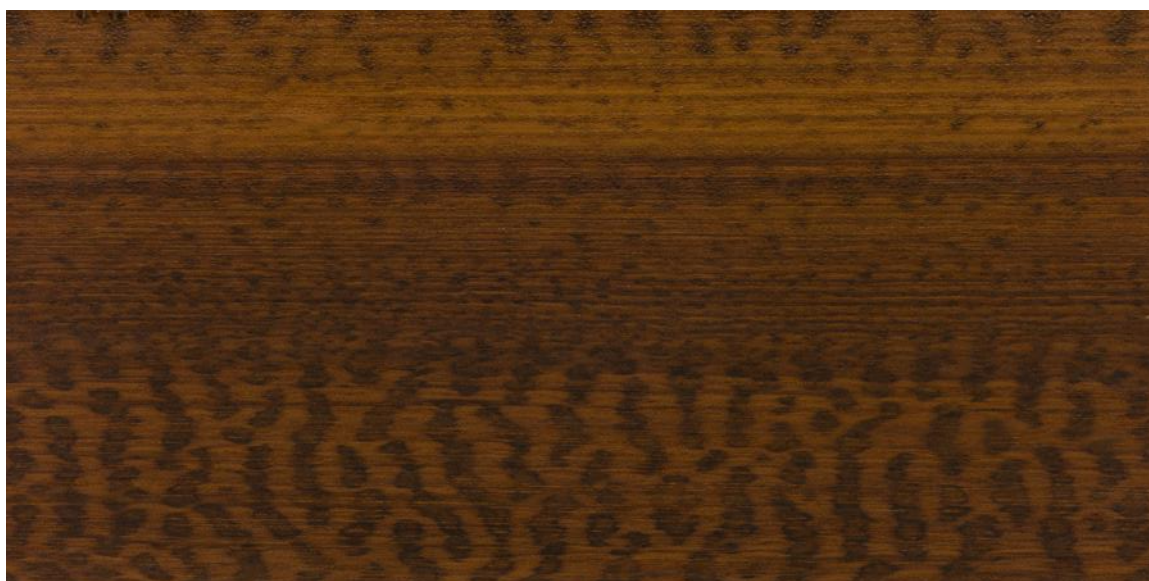
4.3 Drva za gudala

Za izvođača je najbitnije koliko gudalo prigušuje proizvedeni ton na instrumentu, njegova fleksibilnost te njegova masa, stoga kvaliteta gudala ovisi o sposobnostima drva koje se koristi za njegovu izradu

Tablica 4.3.a Drva koja se tradicionalno koriste za gudala (Wegst, 2006.)

Naziv drva	Takson
Zmijsko drvo	<i>Brosimum guianense</i>
Pernambuk	<i>Guilandia echinata</i>
Massaranduba	<i>Manilkara elata</i>

Slika 4.3.a Zmijsko drvo (Meier, 2008)



Tablica 4.3.b Mehaničke karakteristike zmijskog drva (Meier, 2008)

Mehanička karakteristika	Vrijednost
Gustoća	1210 kg/m ³
Tvrdoća	16900 N
Youngov modul / Modul elasticiteta	23,2 GPa
Savojna čvrstoća	195 MPa
Pritisna čvrstoća	119 MPa
Jačina utezanja	10,7 %
Koeficijent zračenja zvuka	3,6

Slika 4.3.b Pernambuco (Meier, 2008)



Tablica 4.3.c Mehaničke karakteristike pernambuka (Meier, 2008)

Mehanička karakteristika	Vrijednost
Gustoća	980 kg/m ³
Tvrdoća	12540 N
Youngov modul / Modul elasticiteta	17,55 GPa
Savojna čvrstoća	179,4 MPa
Pritisna čvrstoća	? MPa
Jačina utezanja	13,3 %
Koeficijent zračenja zvuka	4,3

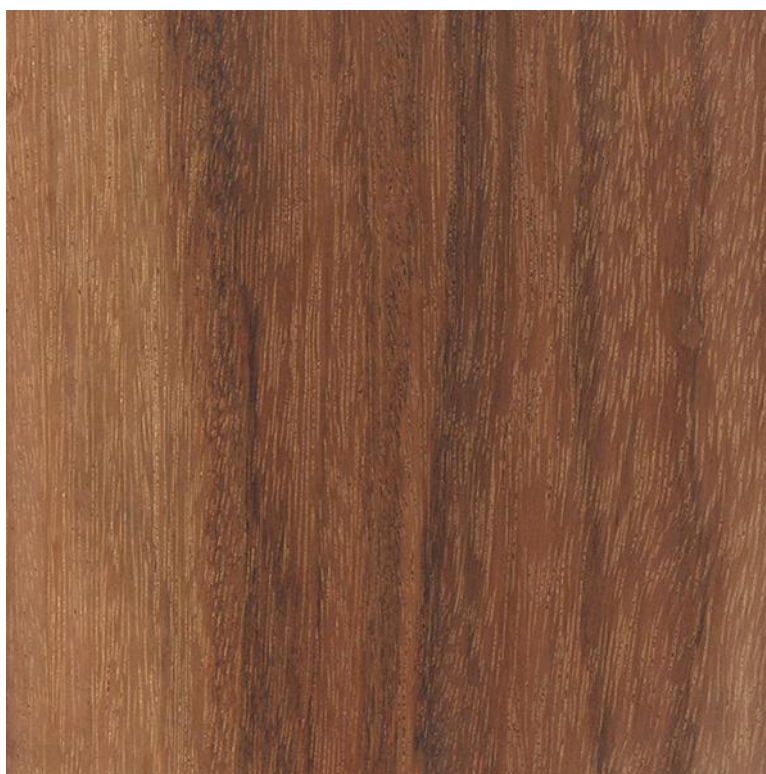
4.4 Drva za ksilofonske pločice

Najbitnija karakteristika drva za ksilofonske pločice je koeficijent zračenja zvuka jer o njemu ovisi glasnoća i vrijeme reverberacije, međutim, o tvrdoći ovisi hoće li drvo moći izdržati kontinuirane udarce bez pucanja ili udubljivanja.

Tablica 4.4.a Drva koja se tradicionalno koriste za ksilofonske pločice (Wegst, 2006.)

Naziv drva	Takson
Afričko crno drvo (Grenadil)	<i>Dalbergia cubilquitzensis</i>
Honduraško ružino drvo	<i>Dalbergia stevensonii</i>
Wenge	<i>Millettia laurentii</i>
Crveni afrički padauk	<i>Pterocarpus soyauxii</i>
Pau Rosa	<i>Swartzia fistuloides</i>

Slika 4.4.a Afričko crno drvo (Meier, 2008)



Tablica 4.4.b Mehaničke karakteristike afričkog crnog drva (Meier, 2008)

Mehanička karakteristika	Vrijednost
Gustoća	950 kg/m ³
Tvrdoća	12030 N
Youngov modul / Modul elasticiteta	19,6 GPa
Savojna čvrstoća	148,6 MPa
Pritisna čvrstoća	80,7 MPa
Jačina utezanja	7,2 %
Koeficijent zračenja zvuka	4,8

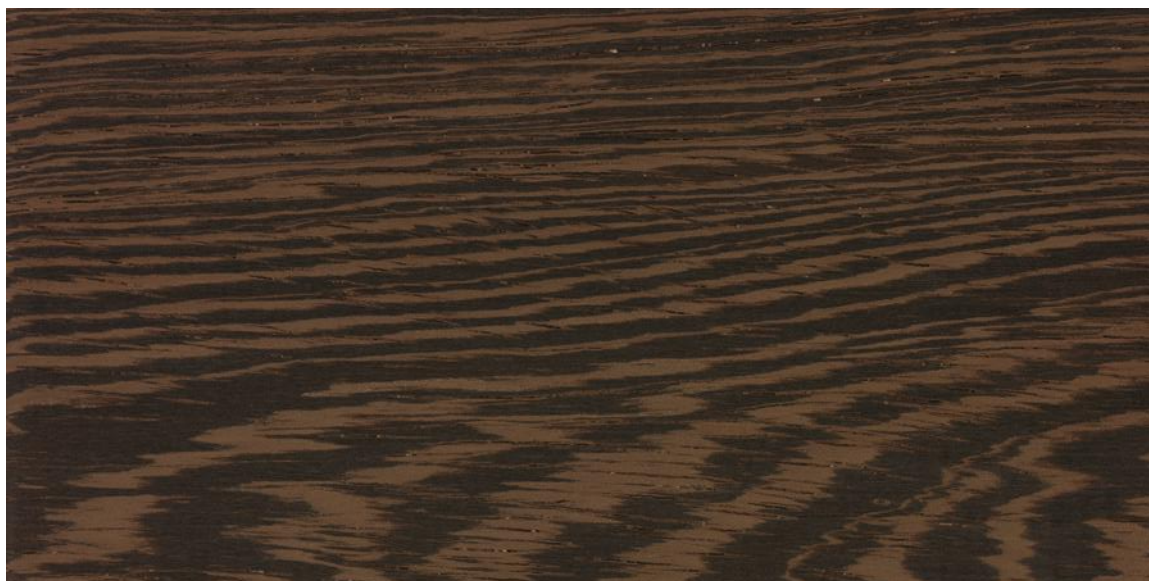
Slika 4.4.b Honduraško ružino drvo (Meier, 2008)



Tablica 4.4.c Mehaničke karakteristike honduraškog ružinog drva (Meier, 2008)

Mehanička karakteristika	Vrijednost
Gustoća	1025 kg/m ³
Tvrdoća	9790 N
Youngov modul / Modul elasticiteta	22,00 GPa
Savojna čvrstoća	? MPa
Pritisna čvrstoća	? MPa
Jačina utezanja	? %
Koeficijent zračenja zvuka	4,5

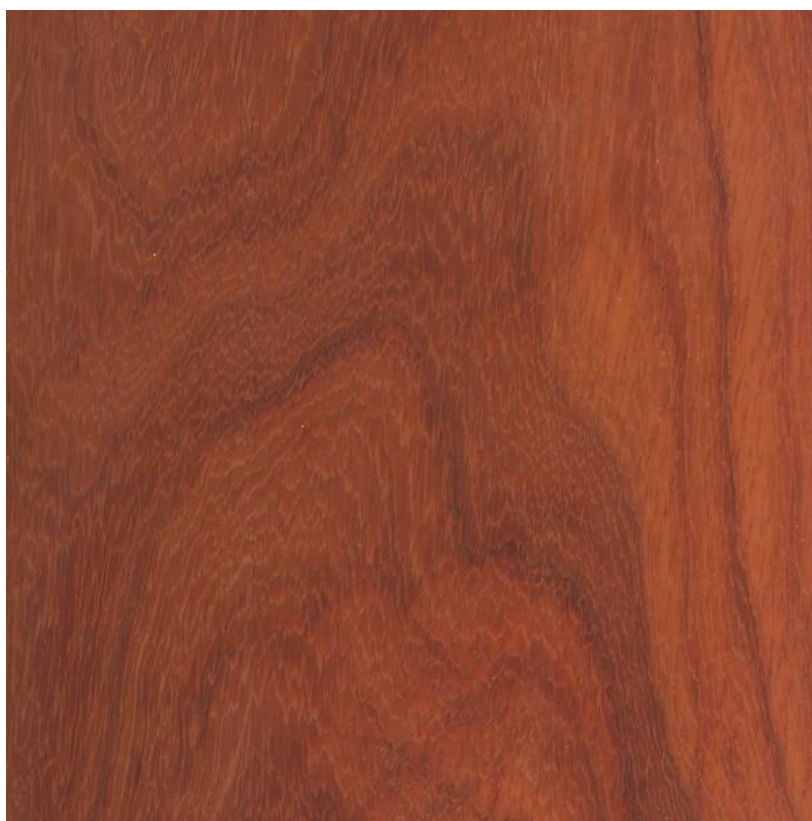
Slika 4.4.c Wenge (Meier, 2008)



Tablica 4.4.d Mehaničke karakteristike wengea (Meier, 2008)

Mehanička karakteristika	Vrijednost
Gustoća	870 kg/m ³
Tvrdoća	8600 N
Youngov modul / Modul elasticiteta	17,59 GPa
Savojna čvrstoća	151,7 MPa
Pritisna čvrstoća	80,7 MPa
Jačina utezanja	12,9 %
Koeficijent zračenja zvuka	5,2

Slika 4.4.d Crveni afrički padauk (Meier, 2008)



Tablica 4.4.e Mehaničke karakteristike zmijskog drva (Meier, 2008)

Mehanička karakteristika	Vrijednost
Gustoća	745 kg/m ³
Tvrdoća	8760 N
Youngov modul / Modul elastičnosti	11,72 GPa
Savojna čvrstoća	116,0 MPa
Pritisna čvrstoća	56,0 MPa
Jačina utezanja	7,6 %
Koeficijent zračenja zvuka	5,3

Slika 4.4.e Pau Rosa (Meier, 2008)



Tablica 4.4.f Mehaničke karakteristike pau rose (Meier, 2008)

Mehanička karakteristika	Vrijednost
Gustoća	1030 kg/m ³
Tvrdoća	13080 N
Youngov modul / Modul elasticiteta	17,10 GPa
Savojna čvrstoća	166,2 MPa
Pritisna čvrstoća	92,8 MPa
Jačina utezanja	10,7 %
Koeficijent zračenja zvuka	4,0

4.5 Drva za puhačke instrumente

Drva koja se biraju za izradu puhačkih instrumenata moraju zadovoljiti nekoliko kriterija poput gustoće kako bi se drvo moglo nesmetano obrađivati te dobro podnose vlagu kojoj je instrument konstantno izložen.

Tablica 4.5.a Drva koja se tradicionalno koriste za puhačke instrumente (Wegst, 2006.)

Naziv drva	Takson
Javor mliječ	<i>Acer platanoides</i>
Gorski javor	<i>Acer pseudoplatanus</i>
Vazdazeleni šimšir	<i>Buxus sempervirens</i>
Kruška	<i>Pyrus communis</i>
Šljiva	<i>Prunus domestica</i>
Šišam	<i>Dalbergia latifolia</i>

Slika 4.5 Javor mliječ (Meier, 2008)



Tablica 4.5.b Mehaničke karakteristike javora mliječi (Meier, 2008)

Mehanička karakteristika	Vrijednost
Gustoća	645 kg/m ³
Tvrdoća	4510 N
Youngov modul / Modul elasticiteta	10,60 GPa
Svojna čvrstoća	115,0 MPa
Pritisna čvrstoća	59,0 MPa
Jačina utezanja	? %
Koeficijent zračenja zvuka	6,3

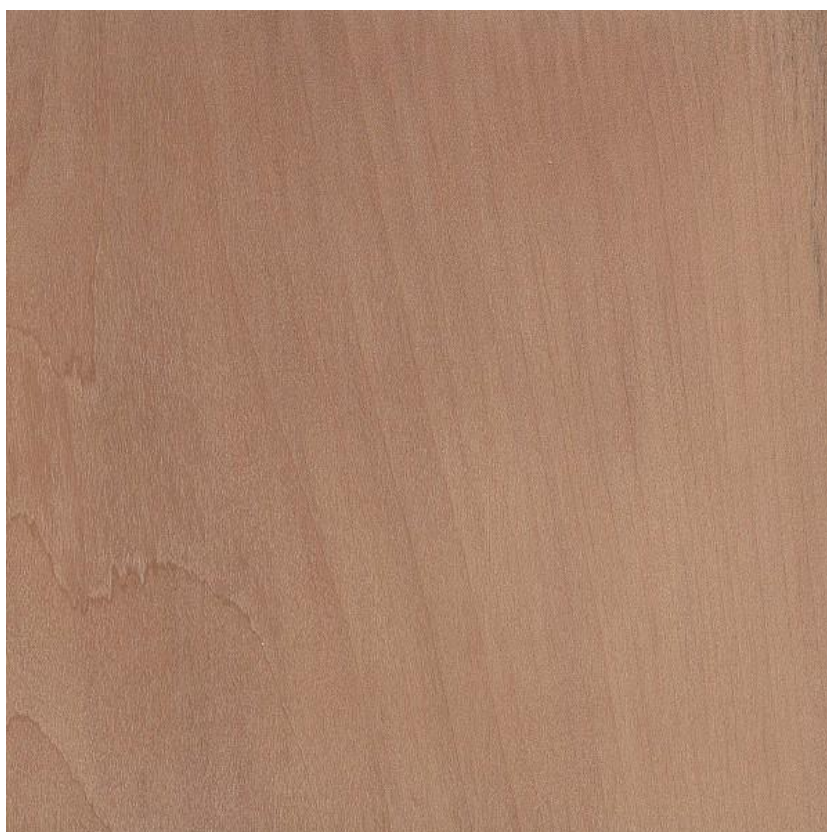
Slika 4.5.b Vazdazeleni šimšir (Meier, 2008)



Tablica 4.5.c Mehaničke karakteristike vazdazelenog šimšira (Meier, 2008)

Mehanička karakteristika	Vrijednost
Gustoća	975 kg/m ³
Tvrdoća	12610 N
Youngov modul / Modul elasticiteta	17,20 GPa
Svojna čvrstoća	144,5 MPa
Pritisna čvrstoća	68,6 MPa
Jačina utezanja	15,8 %
Koeficijent zračenja zvuka	4,3

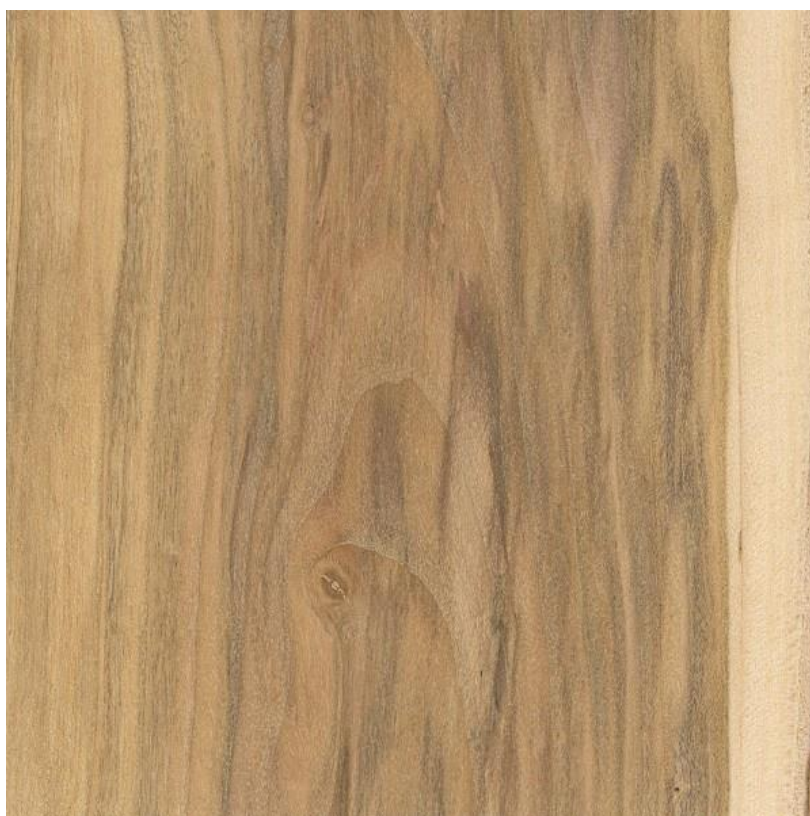
Slika 4.5.c Kruška (Meier, 2008)



Tablica 4.5.d Mehaničke karakteristike kruške (Meier, 2008)

Mehanička karakteristika	Vrijednost
Gustoća	690 kg/m ³
Tvrdoća	7380 N
Youngov modul / Modul elasticiteta	7,80 GPa
Savojna čvrstoća	83,3 MPa
Pritisna čvrstoća	44,1 MPa
Jačina utezanja	13,8 %
Koeficijent zračenja zvuka	4,9

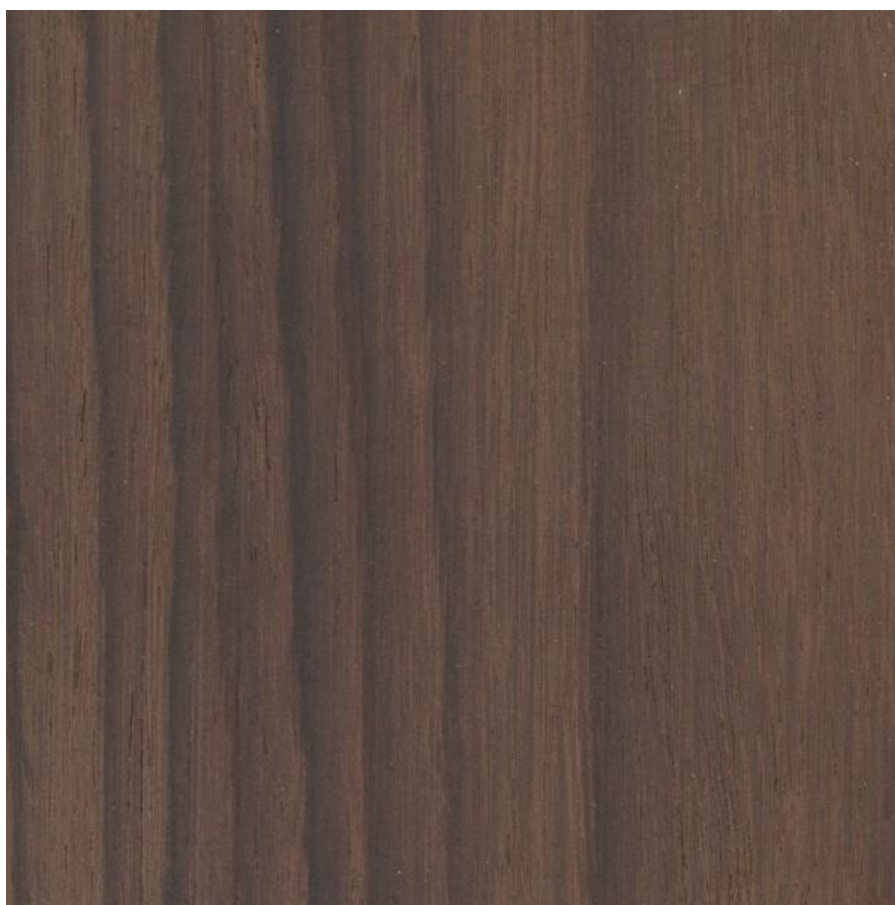
Slika 4.5.d Šljiva (Meier, 2008)



Tablica 4.5.e Mehaničke karakteristike šljive (Meier, 2008)

Mehanička karakteristika	Vrijednost
Gustoća	795 kg/m ³
Tvrdoća	6900 N
Youngov modul / Modul elasticiteta	10,19 GPa
Savojna čvrstoća	88,4 MPa
Pritisna čvrstoća	? MPa
Jačina utezanja	? %
Koeficijent zračenja zvuka	4,5

Slika 4.5.e Šišam (Meier, 2008)



Tablica 4.4.f Mehaničke karakteristike šišama (Meier, 2008)

Mehanička karakteristika	Vrijednost
Gustoća	830 kg/m ³
Tvrdoća	10870 N
Youngov modul / Modul elasticiteta	11,50 GPa
Svojna čvrstoća	114,4MPa
Pritisna čvrstoća	59,7 MPa
Jačina utezanja	8,5 %
Koeficijent zračenja zvuka	4,5

5. Zaključak

Razlike u vrijednosti različitih parametara upućuju na kvalitete tog specifičnog drva te donekle obrazlažu njegovu primjenu. Drva za zvučnice moraju biti velikog elasticiteta, ali male volumne težine. Drva za bočnice i dno su manjeg elasticiteta, ali veće gustoće i tvrdoće u odnosu na drva za zvučnice. Drva za gudala su velike gustoće, tvrdoće, modula elasticiteta i savojne čvrstoće, ali izrazito malog koeficijenta zračenja zvuka. Drva za ksilofonske pločice su također velike gustoće, tvrdoće i modula elasticiteta, međutim, sa nešto većim prosječnim koeficijentom zračenja zvuka. Posljednje, drva za puhačke instrumente velike su gustoće, ali manje tvrdoće i čvrstoće te osrednjeg koeficijenta zračenja zvuka. Ovu su primjeri nekih podataka kojima bi se graditelji instrumenata trebali rukovoditi.

6. Literatura

Anon., 2011.. *Struna*. [Mrežno]

Available at: <http://struna.ihij.hr/naziv/savojna-cvrstoca/7271/>

[Pokušaj pristupa 15. 10. 2022.].

Hrvatska enciklopedija, 2021.. *www.enciklopedija.hr*. [Mrežno]

Available at: <https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=23854>

[Pokušaj pristupa 14. 10. 2022.].

Hrvatska enciklopedija, 2021.. *www.enciklopedija.hr*. [Mrežno]

Available at: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=62873>

[Pokušaj pristupa 14. 10. 2022.].

Hrvatska enciklopedija, 2021.. *www.enciklopedija.hr*. [Mrežno]

Available at: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=69647>

[Pokušaj pristupa 15. 10. 2022.].

Jelaska, D., 2012.. *web.archive.org*. [Mrežno]

Available at:

<https://web.archive.org/web/20120131031429/http://www.fesb.hr/~djelaska/documents/ES-skripta-760.pdf>

[Pokušaj pristupa 15. 10. 2022.].

Meier, E., 2008. *The Wood Database*. [Mrežno]

Available at: <https://www.wood-database.com/>

[Pokušaj pristupa 28 10 2022].

Ugrenović, A., 1951.. *Drvo za rezonanciju*. 1st ur. Zagreb: Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti.

Wegst, U. G. K., 2006.. *Wood for Sound. American Journal of Botany*, pp. 1439-1448.