



Studiu acustic privind caracteristicile acustice/fonoabsorbante ale panourilor din MDF frezat

Contract: 23027/ 18.06.2025

Beneficiar: Ghemu Andrei Radu

Cuprins

1.	Analiza și determinarea coeficientului de absorbție la probe realizate din MDF	3
1.1.	Considerații generale. Determinarea coeficientului de absorbție	3
1.2.	Măsurarea coeficientului de absorbție cu tubul Kundt. Probe folosite	4
1.3.	Rezultate.....	5
1.4.	Integrarea coeficienților de absorbție de la probe standard la panouri mari.....	10
2.	Comparații cu alte produse de pe piața și perspectivele materialului.....	11
3.	Discuții și concluzii.....	12
4.	Bibliografie.....	18

1. Analiza și determinarea coeficientului de absorbție la probe realizate din MDF

1.1. Considerații generale. Determinarea coeficientului de absorbție

Coeficientul de absorbție servește ca măsură de a cuantifica cât de mult zgomot poate absorbi și transmite un material. Când sunetul întâlnește un material, energia acestuia este fie absorbită, fie reflectată, în funcție de capacitățile de absorbție a sunetului ale materialului.

Coeficientul de absorbție al unui material se modifică atât cu frecvența sunetului, cât și cu unghiul de incidență la care unda sonoră interacționează cu suprafața materialului. Când undele sonore ating o suprafață, în conformitate cu principiul conservării energiei, figura 1, este valabilă relația:

$$E_i = E_A + E_R + E_T \quad (1)$$

Coeficientul de absorbție α este definit ca raportul dintre energia absorbită și energia incidentă:

$$\alpha = \frac{E_A}{E_i} \quad (2)$$

În plus, coeficientul de absorbție poate fi exprimat și ca raportul dintre toată energia nereflectată și energia incidentă a unei sonore.

$$\alpha = 1 - \frac{E_R}{E_i} = \frac{E_A + E_T}{E_i} \quad (3)$$

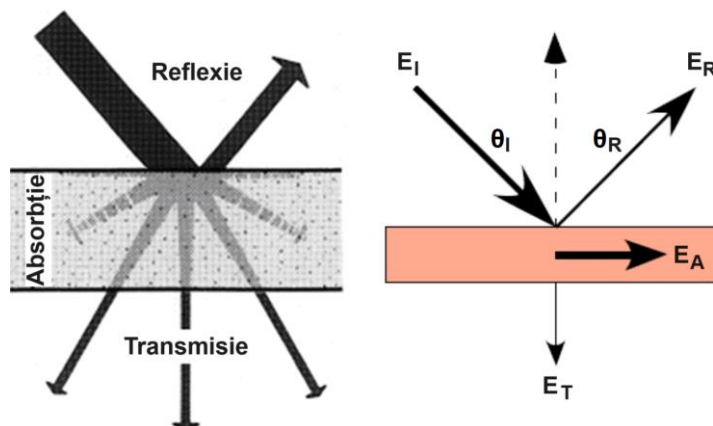


Fig. 1 - Conservarea energiei sonore

Valorile coeficientului de absorbție sunt determinate prin diverse metode standardizate. O abordare implică efectuarea măsurătorilor într-o cameră reverberantă, urmând standardul ISO 354:2003. Alternativ, sunt folosite tehnica tubului cu undă staționară (standard ISO 10534-1:1998) și metoda tubului de impedanță (standard ISO 10534-2:1998). Ultima metodă este denumită în mod obișnuit metoda funcției de transfer.

Metoda tubului cu undă staționară prezentată în standardul ISO 10534-1:1998 se bazează pe calculul raportului dintre valoarea maximă și minimă a amplitudinii unei sonore staționare. Astfel, se determină mărimea și faza coeficientului de reflexie a sunetului și apoi coeficientul de absorbție α .

$$\alpha = \frac{I_1}{I_2} = \frac{|p_I|^2 - |p_R|^2}{|p_I|^2} = 1 - \left(\frac{n-1}{n+1} \right)^2 \quad \text{cu } n = \frac{p_{\max}}{p_{\min}} \quad (4)$$

în care I_1 și I_2 sunt intensitățile undelor incidente și reflectate; p_I și p_R sunt presiunile sonore ale undelor incidente și reflectate; n este raportul undelor staționare; p_{\max} și p_{\min} sunt valorile maxime și minime ale presiunii sonore.

1.2. Măsurarea coeficientului de absorbție cu tubul Kundt. Probe folosite

Tubul Kundt, figura 2, este adesea preferat datorită ușurinței în utilizare. Metoda Kundt permite manevrarea facilă a probelor, iar măsurătorile obținute sunt caracterizate de o precizie mai mare [1-2].

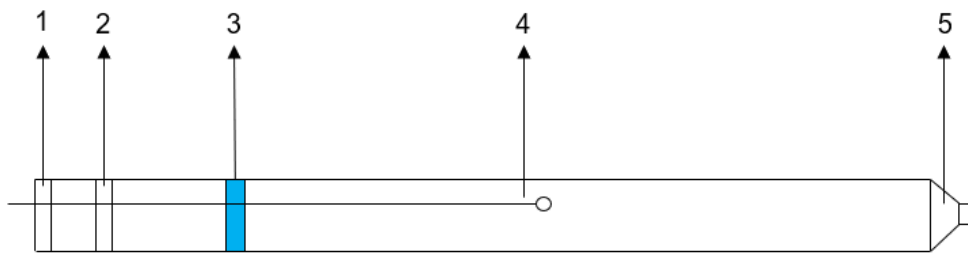


Fig. 2 - Schema tubului Kundt cu un microfon
(1 - capac, 2 - ghidaj pentru microfon, 3 - probă, 4 - microfon mobil, 5 - difuzor).

În interiorul tubului Kundt se determină valorile U_{\max} (tensiunea electrică maximă, corespunzătoare presiunii sonore maxime) și U_{\min} (tensiunea electrică minimă, corespunzătoare presiunii sonore minime). Aceste tensiuni sunt măsurate la bornele microfonului, iar coeficientul de absorbție poate fi calculat cu relația:

$$\alpha = 1 - \left(\frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\max} + U_{\min}} \right)^2 \quad (5)$$

Într-un tub acustic, odată ce frecvența de propagare depășește frecvența de tăiere, impedanța acustică specifică devine dependentă de poziție, ca urmare a formării modurilor transversale și a undelor staționare perpendiculare pe direcția de propagare principală. Această variație compromite caracterul propagării și face dificilă interpretarea corectă a măsurătorilor. Din acest motiv, tuburile acustice sunt utilizate exclusiv sub frecvența de tăiere, unde impedanța rămâne uniformă și reprezentativă. Frecvențele de tăiere pot fi calculate cu relația:

$$\frac{3c}{4L} < f < \frac{c}{1.67d} \quad (6)$$

Pentru evaluarea performanței acustice a materialului testat, s-a utilizat un tub Kundt având lungimea de 1 metru și diametrul de 0.07 metri. Presupunând o viteză de propagare a sunetului în aer de 334 m/s, s-a urmărit comportamentul coeficientului de absorbție acustică în funcție de frecvență. Analiza a fost realizată în intervalul 250 Hz - 2500 Hz, cu scopul de a evidenția variațiile coeficientului de absorbție în domeniul frecvențelor joase și medii, relevante pentru aplicațiile practice vizate.

Determinarea coeficienților de absorbție pentru materialele analizate presupune măsurarea tensiunilor U_{\min} și U_{\max} la diverse frecvențe de excitare acustică. Pentru efectuarea acestor măsurători, a fost utilizat un ansamblu experimental compus dintr-un tub Kundt și un osciloscop digital PeakTech 1245, figura 3. Experimentul s-a desfășurat în condiții controlate de laborator pentru a asigura stabilitatea vitezei de propagare a sunetului în aer. Osciloscopul a fost setat cu o bază de timp și o sensibilitate

ajustate în funcție de frecvența semnalului, astfel încât să permită identificarea clară a valorilor maxime și minime ale tensiunii generate la bornele microfonului.

Probele folosite la măsurători au fost realizate din materialele prelevate de la panouri din plăci din fibre de lemn (PFL) sau plăci din fibre lemnoase cu densitate medie (MDF) cu un diametru de 63 mm, o grosime de 3 mm sau 18 mm și cu un orificiu central de 6 mm, potrivit pentru introducerea microfonului prin ele și pentru a-l putea deplasa transversal. Probele absorbante din materiale reciclate au fost decupate cu foarfeca la un diametru de 63 mm cu grosime de 30 mm pentru buretele reciclat și 3 mm pentru materialul pestriț reciclat din fibre de bumbac.



Fig. 3 - Setarea experimentală cu tub Kundt

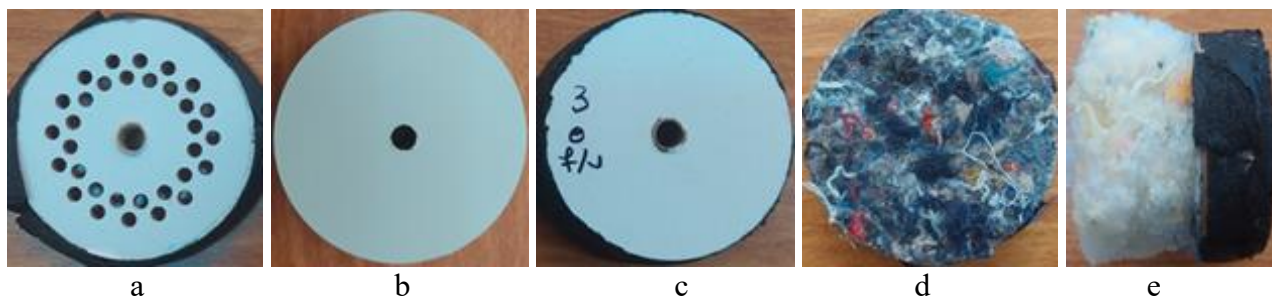


Fig. 4 - Probe utilizate la măsurători: a - PFL subțire cu perforații, b - MDF crem, c - MDF alb față/verso, d - MDF cu material pestriț, e - MDF cu material alb

S-au utilizat la măsurători la câte o probă din fiecare tip de specimen: PFL subțire 3mm cu perforații fig.4. a. , MDF 18mm crem fig. 4 b., MDF alb față/verso fig. 4 c., MDF cu material pestriț fig.4 d. și MDF cu material alb fig.4e. Pentru fiecare probă s-au realizat câte 3 măsurători ale valorilor maxime și minime ale tensiunii generate la bornele microfonului pentru a determina coeficientul de absorbție.

1.3. Rezultate

Interpretarea coeficientului de absorbție acustică presupune evaluarea capacității unui material de a atenua energia sonoră în funcție de frecvență. Un coeficient ridicat indică o eficiență sporită în absorbția undelor sonore, ceea ce contribuie la reducerea nivelului de zgomot prin diminuarea energiei reflectate. Analiza acestor valori permite identificarea frecvențelor la care materialul prezintă performanțe optime, având în vedere că eficiența acustică poate varia semnificativ în funcție de structura și compoziția materialului.

Pentru proba PFL subțire cu perforații rezultatele coeficientului de absorbție sunt centralizate în

tabelul 1 și variația coeficientului de absorbție cu frecvența este prezentată în figura 5.

Din figură se poate observa o creștere a coeficientului de absorbție de la 0.4 la 0.6 pentru frecvența de 500 Hz, scade până la 0.3 la frecvența de 1500 Hz, după care prezintă o tendință crescătoare ajungând până la valoarea de 0.45 la frecvența de 2000 Hz, scăzând în final până aproape de 0.2 la frecvența de 2500 Hz.

Totodată, din tabel rezultă o valoare medie a coeficientului de absorbție de 0.42, corespunzător pentru clasa D de absorbție conform standardului C125-2012 Normativ privind acustica în construcții și zone urbane.

Tabelul 1 - Rezultate ale coeficientului de absorbție obținute pentru proba PFL subțire cu perforații

$f(\text{Hz})$		250	500	1000	1500	2000	2500	
U_{max}	1	4.24	1.4	2.28	7.28	0.55	4.2	
	2	4.26	1.42	2.3	7.3	0.54	4.18	
	3	4.24	1.42	2.29	7.26	0.55	4.2	
U_{min}	1	0.3	0.44	0.64	0.08	0.26	0.3	
	2	0.31	0.45	0.66	0.08	0.25	0.31	
	3	0.3	0.45	0.63	0.08	0.25	0.3	media
α	1	0.412	0.581	0.542	0.297	0.443	0.220	0.416
	2	0.422	0.588	0.547	0.304	0.450	0.213	0.421
	3	0.418	0.576	0.549	0.294	0.443	0.212	0.415

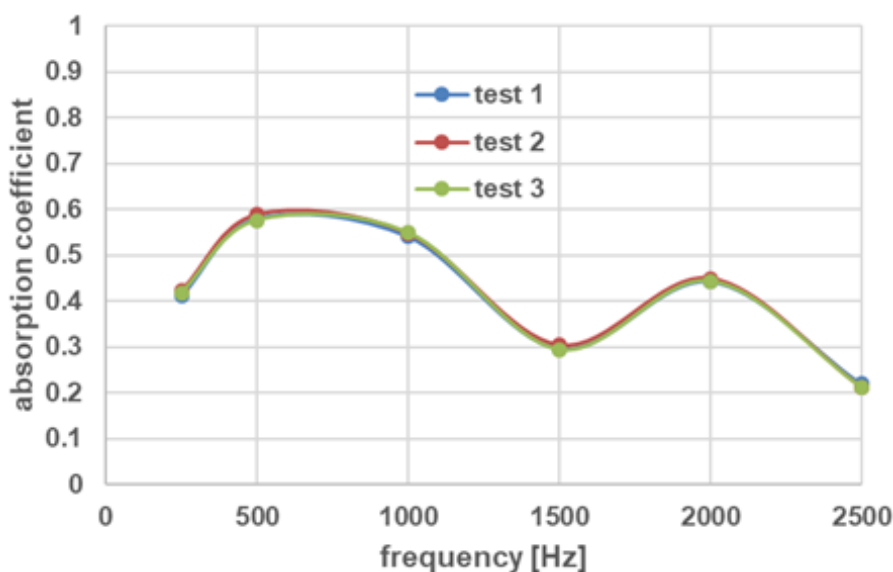


Fig. 5 - Variația coeficientului de absorbție pentru proba MDF subțire cu perforații

Pentru proba MDF crem rezultatele coeficientului de absorbție sunt centralizate în tabelul 2 și variația coeficientului de absorbție cu frecvența este prezentată în figura 6.

Din figură se poate observa o creștere a coeficientului de absorbție de la 0.38 la 0.52 pentru frecvența de 500 Hz, scade până la 0.3 la frecvența de 1000 Hz, după care prezintă o tendință crescătoare ajungând până la valoarea de 0.45 la frecvența de 1500 Hz, scăzând în final până aproape de 0.36 la frecvența de 2500 Hz.

Tabelul 2 - Rezultate ale coeficientului de absorbție obținute pentru proba MDF crem

$f(\text{Hz})$	250	500	1000	1500	2000	2500
----------------	-----	-----	------	------	------	------

U_{max}	1	5.44	1.38	3.28	1.46	0.54	1.88	
	2	5.46	1.36	3.3	1.44	0.55	1.88	
	3	5.44	1.38	3.28	1.44	0.54	1.86	
U_{min}	1	0.64	0.26	0.28	0.22	0.06	0.22	
	2	0.66	0.25	0.29	0.21	0.06	0.21	
	3	0.66	0.25	0.29	0.22	0.06	0.21	media
α	1	0.377	0.534	0.290	0.455	0.360	0.375	0.398
	2	0.385	0.525	0.297	0.444	0.355	0.362	0.395
	3	0.386	0.519	0.299	0.460	0.360	0.365	0.398

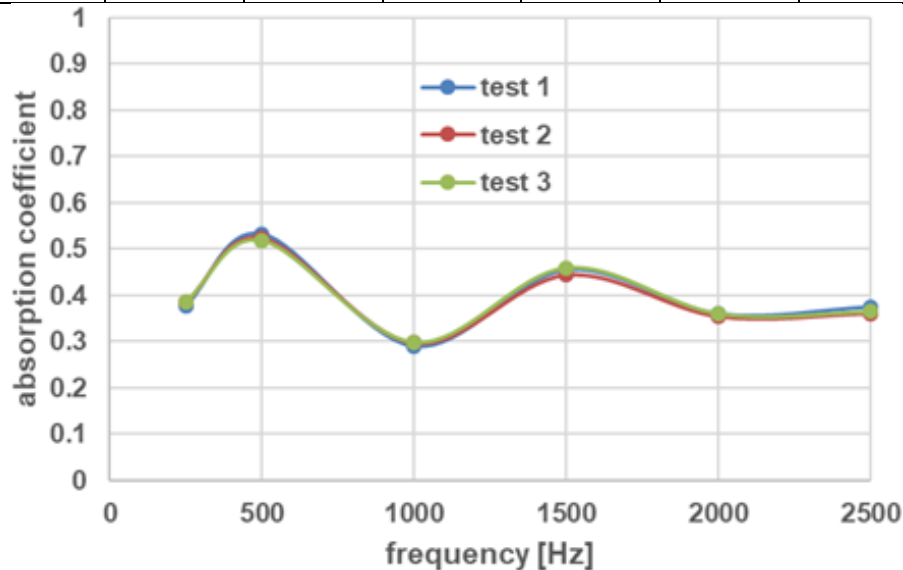


Fig. 6 - Variația coeficientului de absorbție pentru proba MDF crem

Totodată, din tabel rezultă o valoare medie a coeficientului de absorbție de 0.4, corespunzător pentru clasa D de absorbție conform standardului C125-2012 Normativ privind acustica în construcții și zone urbane.

Pentru proba MDF alb față/verso rezultatele coeficientului de absorbție sunt centralizate în tabelele 3 și 4, iar variația coeficientului de absorbție cu frecvența este prezentată în figurile 7 și 8.

Tabelul 3 - Rezultate ale coeficientului de absorbție obținute pentru proba MDF alb față

$f(\text{Hz})$		250	500	1000	1500	2000	2500	
U_{max}	1	5.44	1.4	3.44	1.4	0.54	1.56	
	2	5.46	1.38	3.42	1.41	0.55	1.56	
	3	5.44	1.38	3.44	1.39	0.55	1.54	
U_{min}	1	0.56	0.23	0.24	0.25	0.11	0.22	
	2	0.55	0.22	0.22	0.24	0.11	0.22	
	3	0.54	0.21	0.24	0.24	0.11	0.2	media
α	1	0.338	0.485	0.244	0.514	0.562	0.433	0.429
	2	0.333	0.474	0.227	0.497	0.556	0.433	0.420
	3	0.329	0.459	0.244	0.502	0.556	0.407	0.416

Tabelul 4 - Rezultate ale coeficientului de absorbție obținute pentru proba MDF verso

$f(\text{Hz})$	250	500	1000	1500	2000	2500
----------------	-----	-----	------	------	------	------

U_{max}	1	5.36	1.38	3.6	1.42	0.55	1.36	
	2	5.38	1.36	3.6	1.43	0.56	1.36	
	3	5.38	1.38	3.62	1.42	0.56	1.35	
U_{min}	1	0.56	0.22	0.24	0.22	0.12	0.22	
	2	0.57	0.2	0.24	0.21	0.12	0.22	
	3	0.58	0.2	0.24	0.22	0.11	0.22	media
α	1	0.343	0.474	0.234	0.465	0.588	0.479	0.431
	2	0.346	0.447	0.234	0.447	0.581	0.479	0.423
	3	0.351	0.442	0.233	0.465	0.549	0.482	0.420

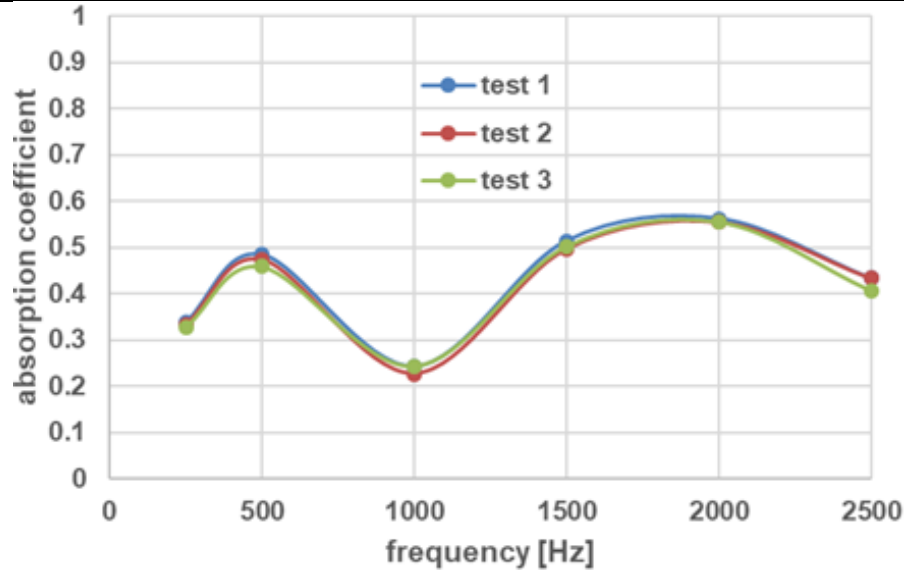


Fig. 7 - Variația coeficientului de absorbție pentru proba MDF alb față

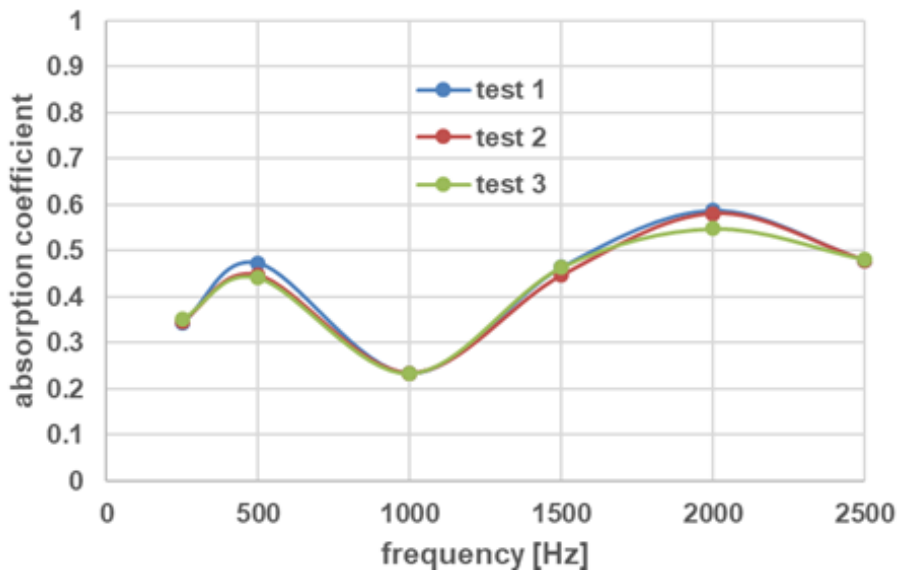


Fig. 8 - Variația coeficientului de absorbție pentru proba MDF verso

Din cele două figuri se poate observa o variație similară a coeficientului de absorbție, acesta crescând de la 0.33 până la 0.47 pentru frecvența de 500 Hz, după care scade până la valoarea de 0.23 la frecvența de 1000 Hz, după care crește până la valoarea de 0.58 pentru frecvența de 2000 Hz, scăzând în final până aproape de 0.4 la frecvența de 2500 Hz pentru zona albă, respectiv la valoarea de 0.5 pentru parte verso a probei.

Totodată, din cele două tabele rezultă o valoare medie a coeficientului de absorbție de 0.42, corespunzător pentru clasa D de absorbție conform standardului C125-2012 Normativ privind acustica în construcții și zone urbane.

Pentru proba MDF cu material pestriț rezultatele coeficientului de absorbție sunt centralizate în tabelul 5 și variația coeficientului de absorbție cu frecvența este prezentată în figura 9.

Din figură se poate observa o scădere a coeficientului de absorbție de la 0.5 la 0.21 pentru frecvența de 1000 Hz, crescând până aproape de 0.8 la frecvența de 2000 Hz, scăzând în final la valoarea de 0.4 la frecvența de 2500 Hz.

Totodată, din tabel rezultă o valoare medie a coeficientului de absorbție de 0.47, corespunzător pentru

Tabelul 5 - Rezultate ale coeficientului de absorbție obținute pentru proba MDF cu material pestriț

$f(\text{Hz})$		250	500	1000	1500	2000	2500	
U_{max}	1	5.6	1.44	3.28	1.58	0.54	2	
	2	5.6	1.42	3.3	1.6	0.54	2.02	
	3	5.6	1.42	3.3	1.58	0.54	1.98	
U_{min}	1	0.96	0.22	0.2	0.23	0.22	0.24	
	2	0.98	0.22	0.21	0.24	0.22	0.24	
	3	1	0.21	0.2	0.24	0.2	0.24	media
α	1	0.500	0.460	0.217	0.444	0.823	0.383	0.471
	2	0.507	0.465	0.225	0.454	0.823	0.380	0.475
	3	0.514	0.449	0.216	0.458	0.789	0.386	0.469

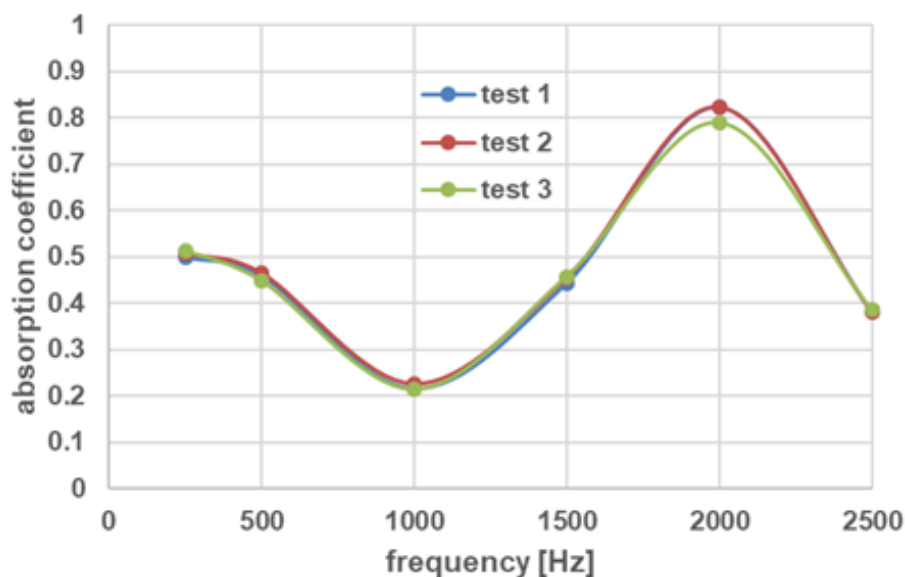


Fig. 9 - Variația coeficientului de absorbție pentru proba MDF cu material pestriț

clasa D de absorbție conform standardului C125-2012 Normativ privind acustica în construcții și zone urbane.

Pentru proba MDF cu material alb rezultatele coeficientului de absorbție sunt centralizate în tabelul 6 și iar variația coeficientului de absorbție cu frecvența este prezentată în figura 10.

Tabelul 6 - Rezultate ale coeficientului de absorbție obținute pentru proba MDF cu material alb

$f(\text{Hz})$	250	500	1000	1500	2000	2500
----------------	-----	-----	------	------	------	------

U_{max}	1	5.2	1.3	3.92	1.22	0.62	0.63	
	2	5.22	1.28	3.9	1.24	0.63	0.64	
	3	5.2	1.3	3.92	1.2	0.63	0.64	
U_{min}	1	0.64	0.24	0.44	0.22	0.23	0.22	
	2	0.64	0.26	0.44	0.22	0.24	0.23	
	3	0.66	0.26	0.46	0.22	0.23	0.23	media
α	1	0.390	0.526	0.363	0.518	0.789	0.767	0.559
	2	0.389	0.561	0.364	0.512	0.799	0.778	0.567
	3	0.400	0.556	0.376	0.524	0.784	0.778	0.569

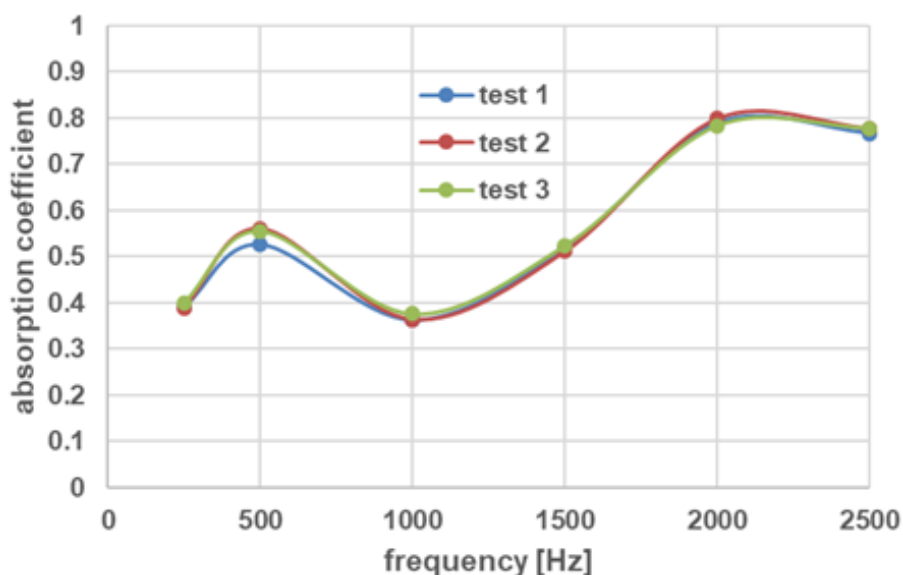


Fig. 10 - Variația coeficientului de absorbție pentru proba MDF cu material alb

Din figură se poate observa o creștere a coeficientului de absorbție de la 0.4 la 0.55 pentru frecvența de 500 Hz, scade până la 0.36 la frecvența de 1000 Hz, după care prezintă o tendință crescătoare menținându-se la valoarea de 0.8 în gama de frecvențe 2000 - 2500 Hz.

Totodată, din tabel rezultă o valoare medie a coeficientului de absorbție de 0.56, corespunzător pentru clasa D de absorbție conform standardului C125-2012 Normativ privind acustica în construcții și zone urbane [3].

1.4. Integrarea coeficienților de absorbție de la probe standard la panouri mari

Acustica camerei și acustica clădirii sunt aspecte ale acusticii arhitecturale, dar se concentrează pe diferite domenii de control al sunetului. *Acustica camerei* se ocupă de modul în care sunetul se comportă într-un anumit spațiu, având ca scop optimizarea calității sunetului pentru utilizarea prevăzută. *Acustica clădirii*, pe de altă parte, se concentrează pe modul în care sunetul se transmite între camere sau din interior spre exterior, punând accent pe izolarea și controlul zgomotului.

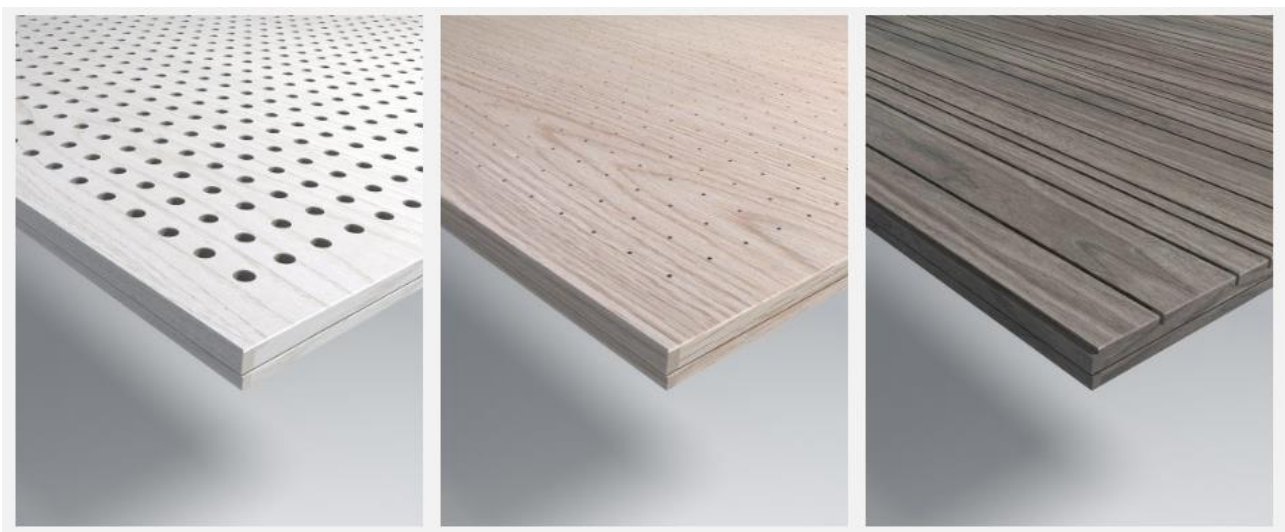
În figura 11 este prezentat un panoul acustic fabricat din 24 de lamele de MDF de 22 mm lățime și 3 mm înălțime, cu o distanță de 3 mm între ele. Șipcile sunt montate pe o bază de fetru care îi oferă proprietăți acustice, fetru acustic având o grosime de 5 mm. Astfel panoul are o grosime de 8 mm (șipci+fetru) și este recomandat pentru acustica camerei sau a spațiilor interioare. Pentru acustica clădirii se va consulta tabelul 7 de la pagina 14.



Fig. 11 - Îmbunătățirea acusticii spațiilor interioare utilizând riflaje acustice flexibile în plan vertical și orizontal (https://panelli.ro/produs/set-4-buc-riflaj-acustic-flexibiltec240x60x0-8cm/?gad_source=1&gad_campaignid=22525584636&gbraid=0AAAAA-WUhjqJVzYOSEILh_zCsXPzjZQev&gclid=Cj0KCCQjw1JjDBhDjARIsABIM2SuREdpGPLeX79ZbLlu5O_IeVk1SYK9Vml2YSO8MWIx1mONfg1gS7qgaAgzpEALw_wcB#&gid=1&pid=1)

2. Comparații cu alte produse de pe piața și perspectivele materialului

În domeniul acusticii clădirilor și a spațiilor interioare, fig.12 sunt o serie de lideri în piață care comercializează produse de tip panouri din MDF cu perforații, riflaje, zone frezate (<https://gustafs.com/product-category/gustafs-panel-system/>) sau cu posibilitatea montajului manual al elementelor din lemn sau MDF pentru obținerea unor suprafețe absorbante cu coeficienți de absorbție mai mari 0,3-0,4, fig.13.



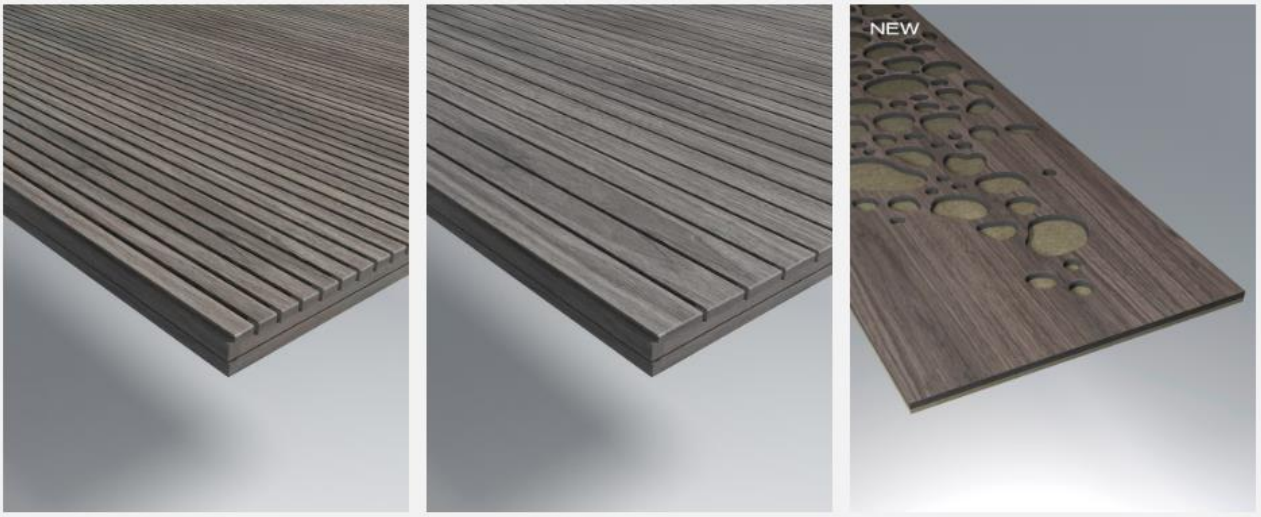


Fig. 12 - Panouri absorbante Gustafs cu perforații, riflaje și decupaje frezate

3. Discuții și concluzii

Materialul MDF deși are un coeficient de absorbție mic dacă este prelucrat corespunzător prin perforare sau frezare se poate folosi la realizarea panourilor absorbante sau reflectante. Unele panouri sunt proiectate să poată absorbi undele sonore la frecvențe medii și înalte, fig.13 sau pot fi utilizate ca panouri absorbante pentru frecvențe joase fig. 14.

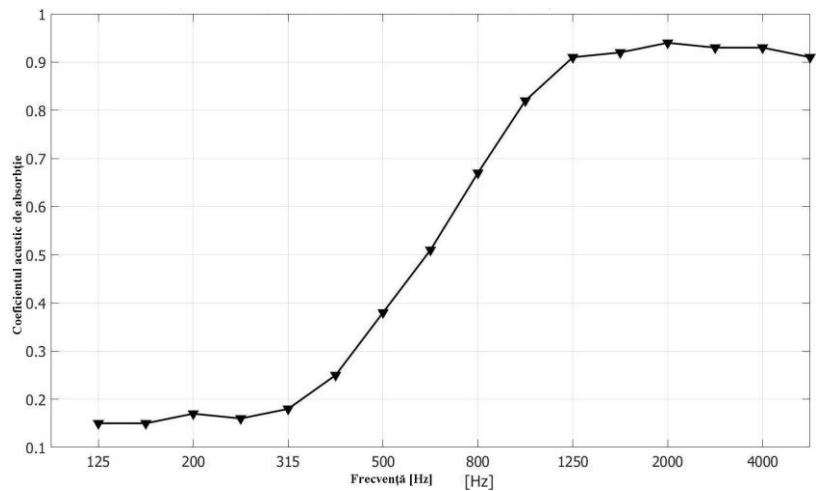
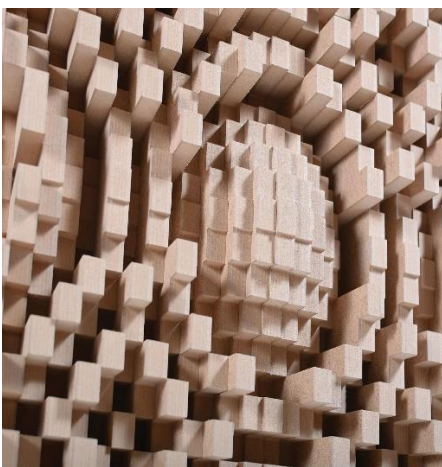


Fig. 13 - Panou de tip Skyfuser (<https://www.muziker.ro/mega-acoustic-skyfuser29-raw>)

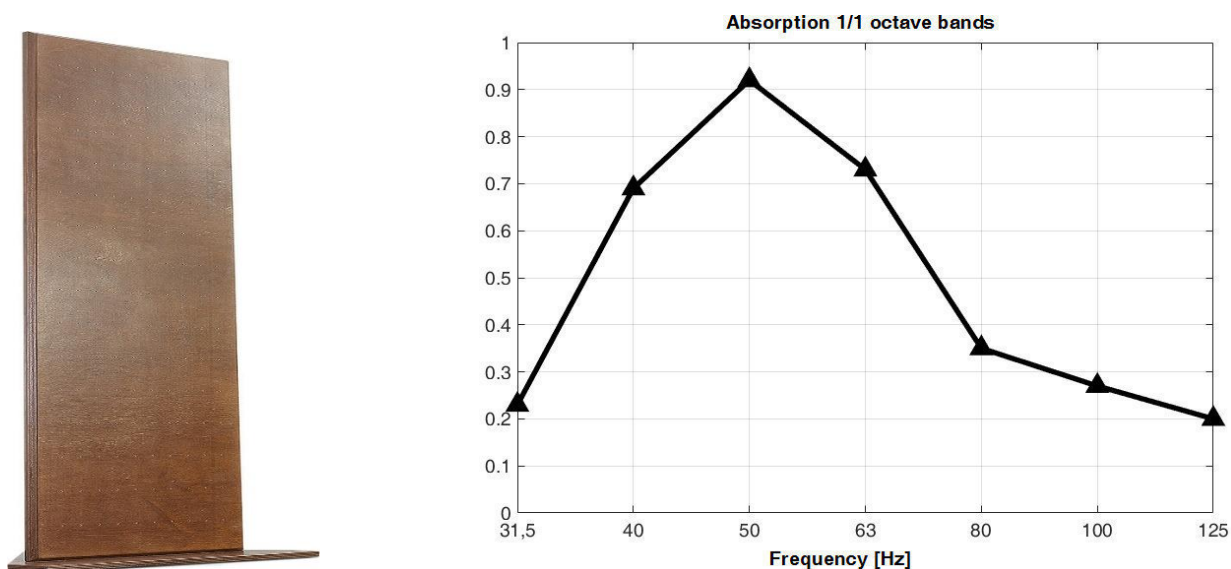


Fig.14 - Panou denumit “capcana de bas” Mega Acoustic CBT corner 50 Hz
 (<https://www.muziker.ro/mega-acoustic-cbt-corner-bass-trap-50-hz-walnut>)

În fig. 15 sunt prezentate panouri de fonodifuzie care pot fi asamblate manual folosind o placa cu perforații, cepuri și paralelipede din lemn de diverse înălțimi.

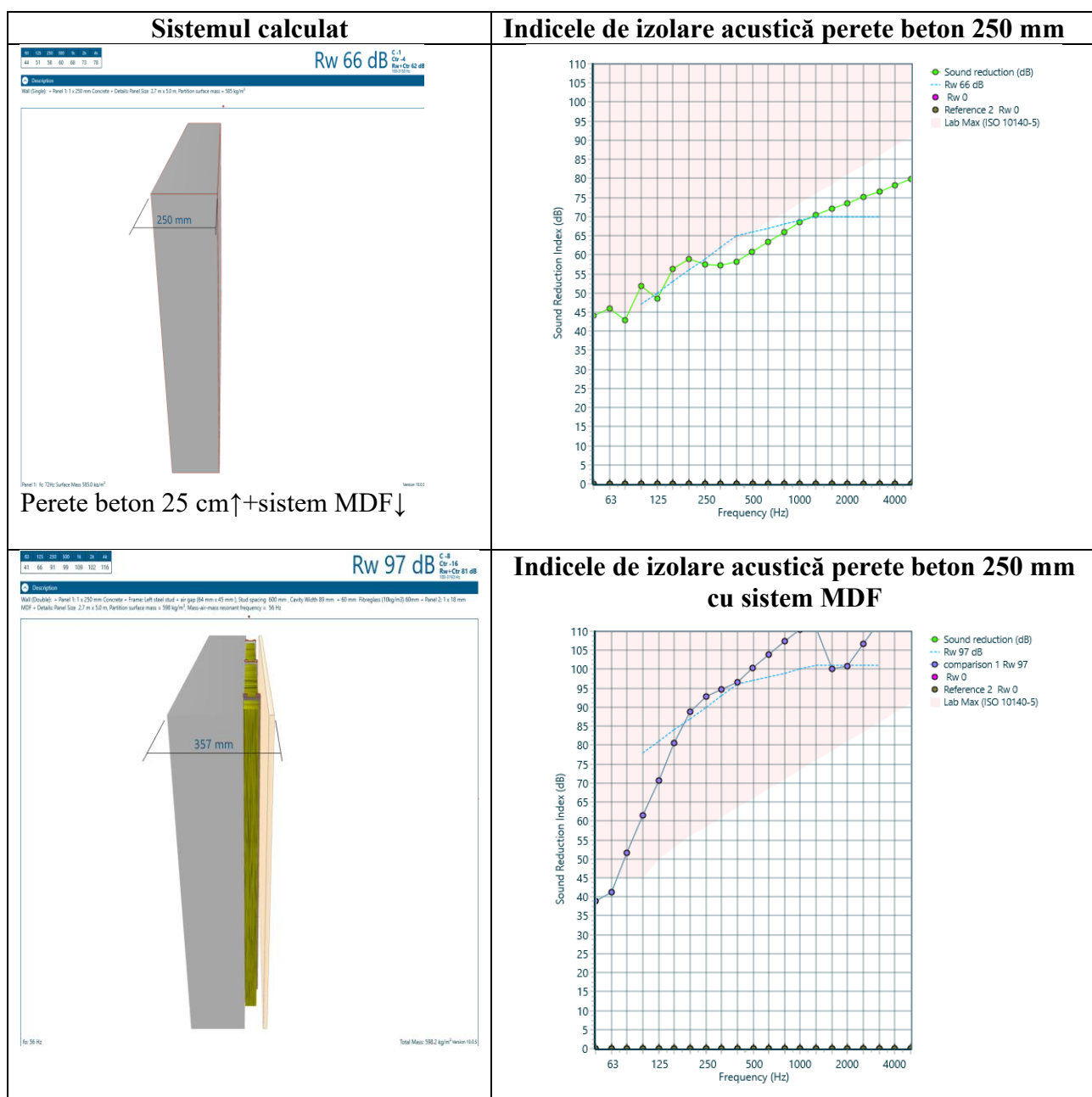


Fig.15 - Panou fonodifuzie înainte de asamblare (stânga) și după asamblare (dreapta)

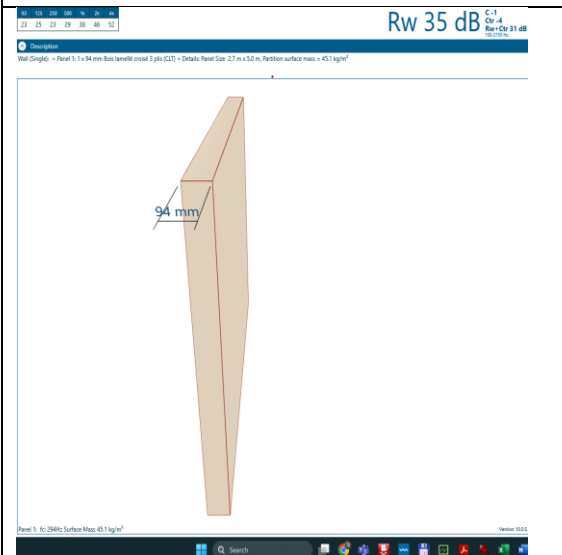
Recomandarea utilizării panourilor absorbante sau reflectante în acustica unei încăperi depinde de mai mulți parametri acustici și funcționali. Cei mai importanți sunt: *timpul de reverberație* notat cu RT60 (dacă RT60 este prea mare atunci sunetul persistă prea mult se recomandă panouri absorbante pentru a reduce ecoul și a controla claritatea iar dacă RT60 este prea scurt se pot folosi suprafețe reflectante pentru a menține un anumit nivel de energie sonoră în cameră), *destinația spațiului* (de exemplu în cazul Sălilor de conferință, studiouri, cinematografe acestea necesită absorbție acustică pentru claritate vocală, în sălile de concerte, biserici, amfiteatre acestea necesită reflexii controlate pentru a amplifica sunetul și a păstra naturalitatea iar în sălile de clasă trebuie asigurat un echilibru între absorbție și reflexie, pentru a evita atât ecoul, cât și o ambianță acustică plăcută), *geometria și materialele din încăpere* (dacă există deja multe suprafețe dure cum ar fi sticla, betonul, gresia) se preferă panouri absorbante pentru a reduce reflexiile excesive iar dacă sunt multe materiale moi (cum ar fi covoare, mobilier tapițat) poate fi nevoie de panouri reflectante pentru a nu înăbuși sunetul [4-

7]. Panourile multistrat din MDF pot fi utilizate în izolarea la zgomot aerian și zgomot de impact, dar cu anumite condiții și în combinație cu alte materiale. Pentru zgomotul aerian (voci, muzică, TV, zgomot trafic) panourile din MDF pot reflecta și bloca zgomotul aerian deoarece sunt au densitate mare și se pot folosi la pereți falși, dubli sau uși acustice, eficiența acestora crescând dacă sunt în combinație cu straturi de vată minerală/fibră de sticlă, etanșați perfect fără goluri și fixați cu decuplare mecanică (pe șine elastice cu benzi de cauciuc antivibrație), în tabelul 7 fiind prezentate o serie de soluții de izolare fonica cu MDF a pereților realizați din materiale tradiționale (beton, lemn lamelat incleiat, caramidă, beton celular autoclavizat BCA) . În combinație cu materiale elastice (membrane din cauciuc sau spume dense poliuretanic) panourile din MDF pot forma pardoseli flotante cu proprietăți de izolare la zgomote de impact [8].

Tabelul 7 - Evidențierea indicelui de izolare acustică R_w la pereți cu lungime de 5m și înălțime 2,7 m în variantă simplă și cu izolație din vata de sticlă cu grosime 60 mm sau 90 mm și densitate de 10kg/m^3 și panou din MDF cu densitate de 700kg/m^3



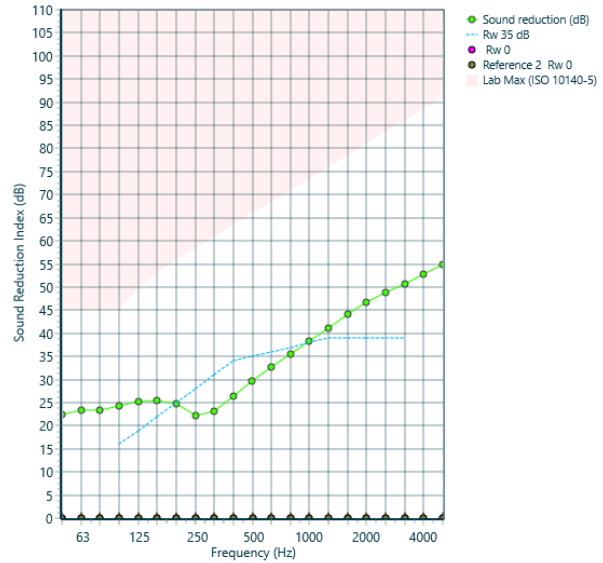
Sistemul calculat



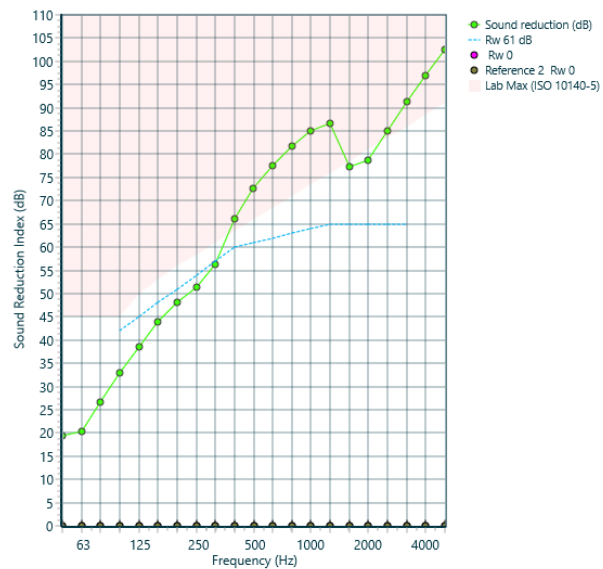
Perete din lemn de tip CLT↑
(94mm/90mm/18mm) + sistem MDF↓



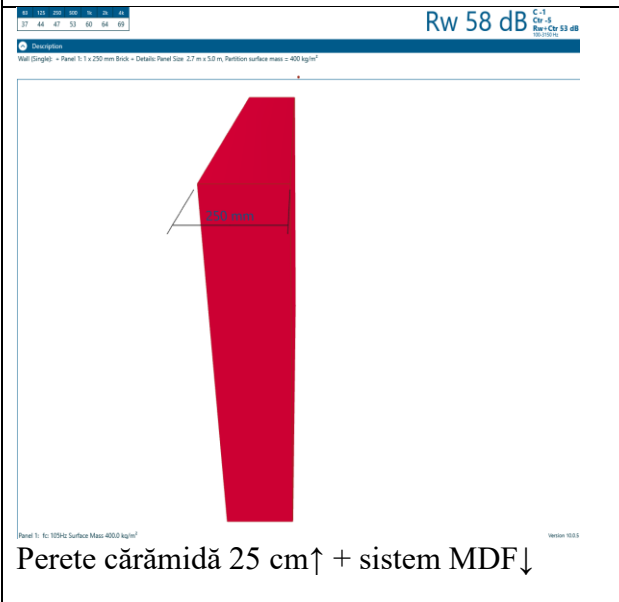
Indicele de izolare acustică perete LEMN CLT 94 mm



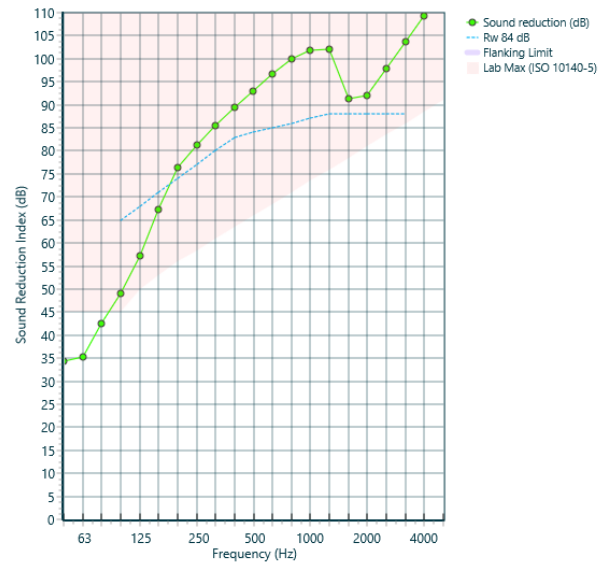
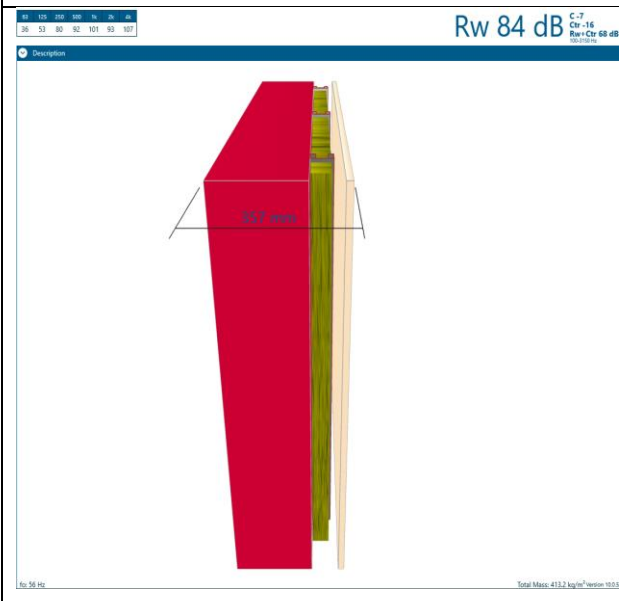
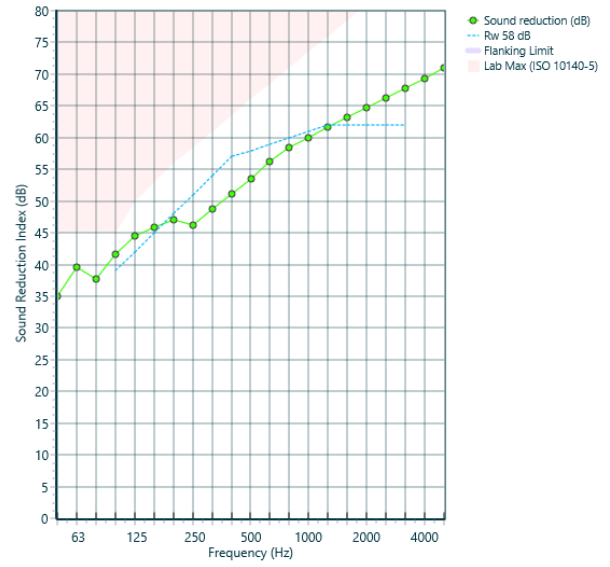
Indicele de izolare acustică perete CLT cu sistem MDF 201mm

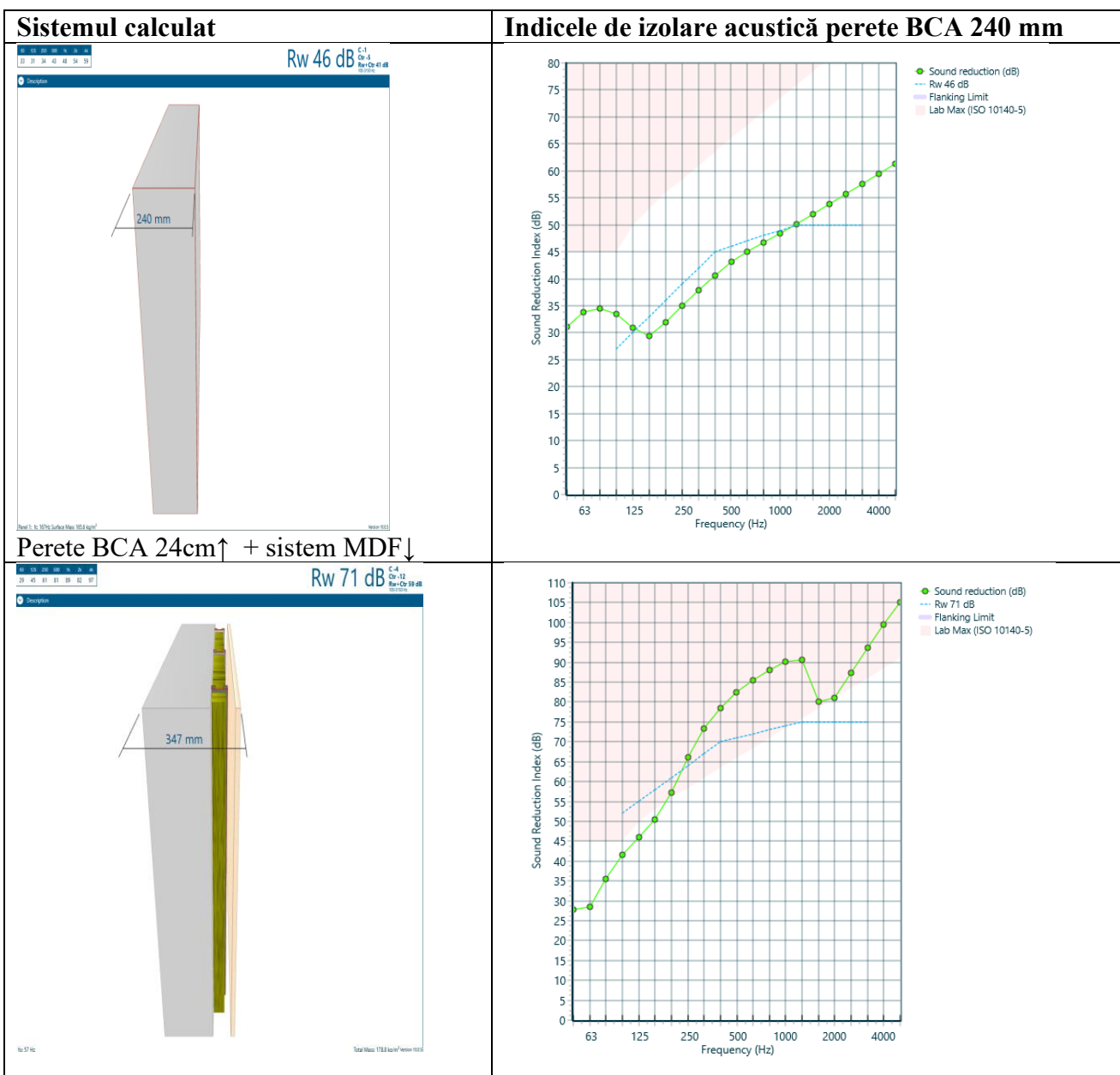


Sistemul calculat



Indicele de izolare acustică perete cărămidă 250 mm





4. Bibliografie

1. Dogra, S., Gupta, A. (2024). Acoustic Material Testing Using Impedance Tube. In: Garg, N., Gautam, C., Rab, S., Wan, M., Agarwal, R., Yadav, S. (eds) Handbook of Vibroacoustics, Noise and Harshness. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-4638-9_24-1.
2. ASTM E1050-19 (Test Method) Standard Test Method for Impedance and Absorption of Acoustical Materials Using a Tube, Two Microphones and a Digital Frequency Analysis System.
3. Indicativ C 125-2013 “Normativ privind acustica în construcții și zone urbane”, Monitorul Oficial al României, Partea I, Nr. 812 bis/20.XII.2013.1.828.
4. SR EN ISO 3382-2:2008/AC:2009 Acustică. Măsurarea parametrilor acustici ai încăperilor. Partea 2: Durata de reverberație a încăperilor obișnuite, Asociația de Standardizare din România (ASRO).
5. SR EN ISO 717-2:2021 Acustică. Evaluarea izolării acustice în clădiri și a elementelor de construcții. Partea 2: Izolare la zgomot de impact, Asociația de Standardizare din România (ASRO).
6. SR EN ISO 717-1:2021 Acustică. Evaluarea izolării acustice în clădiri și a elementelor de construcții. Partea 1: Izolare la zgomot aerian, Asociația de Standardizare din România (ASRO).
7. <https://svantek.com/applications/building-acoustics/>
8. <https://www.insul.co.nz/media/29388/Seminar-1.pdf>

Întocmit,
prof.univ.ab.dr.ing. Marcelin Benchea
prof.univ.ab.dr.ing. Carmen Bujoareanu
conf.dr.ing. Gabriel Oprișan