



Forblad

Lydabsorberende materialer

Fritz Ingerslev og Jørgen Petersen

Tidsskrifter

Arkitekten 1953, Ugehæfte

1953

Lydabsorberende materialer

Af lektor, civilingeniør Fritz Ingerslev og
civilingeniør Jørgen Petersen

699.844

Der gives en kort oversigt over de forskellige typer af lydabsorberende materialer, der for tiden benyttes. De forskellige synspunkter, der har betydning for valg af materialetype, omtales, og der gives detailoplysninger om de enkelte materialetyper.

Indledning

Lydabsorberende materialer anvendes til to beslægtede formål: Lydregulering og lyddæmpning. Ved lydregulering forstås tilpasning af et rums akustiske forhold med det formål at skaffe de bedste høre-mæssige forhold i rummet under hensyntagen til rummets anvendelse. Lydregulering vil i de fleste tilfælde være ensbetydende med, at rummets efterklangstid indreguleres til en optimal værdi, hvis størrelse afhænger af rummets formål. I store rum har lydregulering tillige det formål at forhindre ekkos opståen. Lydregulering opnås ved at beklæde en større eller mindre del af rummets begrænsningsflader med lydabsorberende materialer. Ved lyddæmpning forstås en nedsættelse af støjen i et lokale gennem opsætning af lydabsorberende materialer. De absorptionsmaterialer, der anvendes ved lydregulering og lyddæmpning, er i det store og hele de samme, men mængden af materialer samt materialernes anbringelse er som regel fastlagt ud fra ret forskellige synspunkter.

Der findes et meget betydeligt antal absorptionsmaterialer med stærkt varierende akustiske og mekaniske egenskaber. I det følgende vil der efter en kort omtale af lydregulering og lyddæmpning blive nærmere redegjort for de forskellige typer af materialer samt for de synspunkter, der bør lægges til grund ved valg af materiale i et konkret tilfælde.

Det bør stærkt påpeges, at godt lydabsorberende materialer ikke behøver at give god lydisolations. Der er ikke en lovmæssig sammenhæng mellem lydabsorption og lydisolations. Dette illustreres bedst gennem et ekstrem tilfælde, nemlig et åbentstående vindue. Dette giver 100% absorption og overhovedet ingen isolation.

Lydregulering

Det til et rum hørende inventar m. v. vil kun i de færreste tilfælde give en passende lydregulering; det vil i mange tilfælde være nødvendigt at træffe yderligere foranstaltninger gennem opsætning af lydabsorberende materialer, hvis anbringelse først og fremmest er dikteret af akustiske hensyn, såfremt rummets lyd-mæssige egenskaber skal blive tilfredsstillende.

Den nødvendige mængde lydabsorberende materiale – eller mere korrekt det nødvendige antal absorptionsenheder – beregnes ud fra efterklangstiden i det uregulerede rum og den efterklangstid, der er optimal for rummet. Anvendes et stærkt lydabsorberende materiale til lydreguleringen, kan man nøjes med et væsentlig mindre areal, end hvis der anvendes et svagt absorberende materiale. Det nødvendige areal fås ved at dividere materialets absorptionskoefficient op i det nødvendige antal absorptionsenheder. Det bemærkes, at efterklangstiden skal indreguleres

til sin optimale værdi i hele toneområdet. Det nødvendige antal absorptionsenheder må derfor bestemmes ved et passende antal tonehøjder i den hørbare del af toneområdet. Beregningerne udføres på basis af målinger af absorptionskoefficienten for materialet som funktion af tonehøjden. Eventuelt må man anvende et par typer af materialer for at opnå den tilstræbte efterklangstid i hele toneområdet.

Prisen pr. m² af det lydabsorberende materiale afhænger i højere grad af materialets art end dets lydabsorberende evne, og i mange tilfælde vil materialer med nogenlunde samme udseende også være prismæssig ens, selvom små forskelligheder i materialernes opbygning giver en stor forskel i absorptionsevnen. Set fra et økonomisk synspunkt vil det være en nærliggende løsning at opsætte et lille areal af et kraftigt absorberende materiale i stedet for et stort areal af et svagt absorberende materiale. Det vil dog i mange tilfælde være en dårlig løsning set fra et akustisk synspunkt, da man gerne ønsker at sprede det absorberende materiale over rummets begrænsningsflader for at tilfredsstille de øvrige akustiske krav til en god lydregulering.

Lyddæmpning

Ved lyddæmpningsopgaver vil kravene i de fleste tilfælde være af en anden karakter. Her gælder det oftest om at placere så mange absorptionsenheder så tæt ved støj-kilden som muligt, og der vil derfor hovedsagelig blive tale om stærkt absorberende materialer, der kan anbringes i relativt små arealer. – Det må kraftigt understreges, at man ligesom ved valg af materialer til lydregulering nøje må undersøge, om materialets absorptionsevne ligger i den del af toneområdet, man har brug for. Det kan jo ikke nytte, at materialet har en absorptionskoefficient på 0,9 ved f. eks. 1000 Hz og kun 0,1 ved 200 Hz, hvis støjen, der skal dæmpes hovedsagelig indeholder svingninger, som ligger omkring 200 Hz.

Inddeling af materialer

Set fra et akustisk synspunkt kan de lydabsorberende materialer inddeles på forskellige måder. Man kan klassificere efter den måde, på hvilken materialerne absorberer, idet der skelnes mellem porøs absorption, absorption fra tab i svingende flader eller resonant absorption. Man kan lægge absorptionens afhængighed af tonehøjden til grund for inddelingen, således at forstå, at materialer, der hovedsagelig absorberer i den lave del af toneområdet (f. eks. fra 100 til 500 Hz), hører til en gruppe, materialer, der har maksimal absorption i området fra 500 til 2000 Hz, i en anden gruppe, og materialer, der hovedsagelig absorberer over 2000 Hz, i en tredje gruppe. Da valget af lydabsorberende materialer i mange tilfælde ikke alene er betinget af akustiske forhold, men tillige af forhold, der i høj grad er bestemt af materialets art, kan man benytte materialets stofflige karakter som indledende grundlag. Sidstnævnte fremgangsmåde benyttes her, og man får da følgende fem hovedgrupper.

- 1) Materialer med porøs overflade.
 - a) Tekstiler.
 - b) Materialer sammensat af elementer med porøs overflade.
 - c) Akustisk puds.
- 2) Materialer sammensat af enheder med uperforeret ikke porøs overflade.
- 3) Materialer sammensat af enheder med kunstig perforation.
 - a) Materialer med perforation i forplade.
 - b) Materialer uden forplade, men med perforation i det absorberende materiale.
- 4) Listepaneller.
- 5) Enkeltabsorbenter.

Materialer i gruppe 1 har porøs absorption, medens absorptionen, der opnås med materialer i gruppe 2, må føres tilbage til tab hidrørende fra fladernes svingninger. Den absorption, der opnås med materialerne i gruppe 3, er hovedsagelig resonator absorption. Listepanellerne er spalteresonatorer, medens gruppe 5 enten giver porøs eller resonator absorption.

I nedenstående tabellariske oversigt er opført en række karakteristiske danske absorptionsmaterialer – målt på Lydteknisk Laboratorium – repræsenterende alle 5 grupper. Oversigten må ikke opfattes som en fortegnelse over alt, hvad der forhandles af firmaerne i branchen; de nævnte materialer er kun karakteristiske eksempler på de enkelte grupper.

Faktorer, der har betydning ved valg af materiale

De lydabsorberende materials absorptionsevne.

Ved et akustisk arbejde er det nødvendigt at kende de lydabsorberende materials absorptionsevne som funktion af tonehøjden. Den kurve, der viser denne afhængighed, danner grundlag for alle beregninger. Det bør derfor stærkt fremhæves, at man altid bør afkræve leverandøren en kurve over absorptionsevnen som funktion af tonehøjden, og man bør aldrig købe materialer, som ikke er afprøvet på et anerkendt laboratorium.

Det skal yderligere påpeges, at man kun kan sammenligne to materials absorptionsevne, såfremt materialerne er målt på det samme laboratorium, idet måleresultaterne i nogen grad afhænger af målebetingelserne.

Arkitektoniske hensyn ved valg af materiale

Et forhold, som ofte vil få afgørende betydning for valget af absorptionsmateriale, er materialets arkitektoniske virkning i det rum, i hvilket det opsættes. I mange lokaler (biografer, restaurationer, kontorer) er det almindelig praksis at vælge et perforeret materiale og ikke en træuldplade. Er det derimod et kirkerum, der skal dæmpes, vil mange være betænkelige ved at anvende perforerede paneler, men vil derimod foretrække et akustisk puds, en lys klinkerbeton, f. eks. Leca-beton eller evt. en beklædning med mangelsten – selvfølgelig under forudsætning af, at det pågældende materiale opfylder de akustiske krav.

Standardenheder kontra på stedet opbyggede materialer.

Det akustiske materiale kan i nogen tilfælde købes som fabriksfærdige standardenheder. Dette er således tilfældet med mange af materialerne, der har en hård, perforeret forplade og en bagpå påklæbet blødere bagplade. Men man kan også opbygge materialet på stedet, f. eks. ved at opsætte en hård, perforeret forplade på et lægtesystem og så indlægge en porøs måtte i hulrummet mellem lofts- eller vægfladen og den perforerede forplade. Det hænder, at sidstnævnte fremgangsmåde giver større absorption end førstnævnte, idet man ved fabriksfærdige standardenheder af transportmæssige grunde tit ønsker at anvende en mekanisk relativt solid bagplade, og det vil som regel sige relativt tæt og dermed svagere absorberende bagplade.

Opsætningsmåder for absorptionsmaterialer.

Opsætningsmåden kan ofte være afgørende for et materials anvendelighed til løsning af en dæmpningsopgave. Er det forholdsvis plane og reelle plader uden fremspring, kan der anvendes perforerede enheder eller listepaneller, som begge hovedsagelig opsættes på et lægteskelet. Absorptionsmaterialer med perforation findes også i relativt små standardelementer i form af kassetter, der kan opsættes direkte på rummets begrænsningsflader uden brug af lægteskelet. Skal det absorberende materiale opsættes på meget uregelmæssige flader, vil den bedste løsning ofte blive en opsætning af et akustisk puds. Er der meget lille areal til rådighed for den akustiske dæmpning, som f. eks. i en maskinhal, hvor den største del af væg- og loftsarealet er dækket af rørledninger o. l., vil enkeltabsorbenter muligvis give den simpleste løsning.

Materialernes brandbarhed.

Ved nogle lokaler vil valget af absorptionsmateriale være betinget af krav om brandsikkerhed, og i sådanne tilfælde vil en akustisk beklædning, hvor træ eller træfiber er en væsentlig bestanddel følgelig ikke kunne anvendes, med mindre den overfladebehandles med en effektiv brandhindrende maling. Man har endvidere den mulighed at anvende en ikke brandbar forplade af f. eks. metal eller gips foran en glasuld- eller rockwoolmåtte eller en beklædning af klinkerbeton.

Overfladebehandling af materialer.

Overfladebehandling af akustiske materialer må udføres på en sådan måde, at den akustiske absorptionsevne ikke ændres. Det er særligt vigtigt at sikre, at overfladebehandling, der udføres som vedligeholdelsesarbejde, kun udføres af håndværkere, der har kendskab til den rigtige behandlingsmåde af akustiske absorptionsmaterialer.

Har man til hensigt at anvende et porøst materiale, bør man være specielt opmærksom på overfladebehandlingsproblemet. Det vil som regel være absolut nødvendigt ved målinger at sikre sig, at den påtænkte behandlingsmåde er akustisk tilladelig. Årsagen er at søge i, at de fine porer i materialet let tilstoppes af kalk eller maling.

Ved overfladebehandling af perforerede plader må malingen naturligvis ikke lukke hullerne i den perforerede plade.

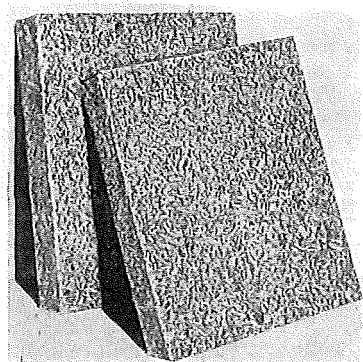
De øvrige akustiske materialer kan i almindelighed overfladebehandles, uden at det har skadelig indflydelse i akustisk henseende.

Krav om støvfrihed m. m.

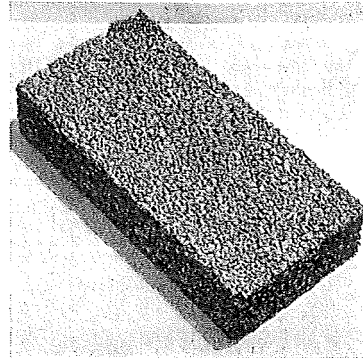
Enkelte steder vil det være en nødvendighed, at det anvendte materiale ikke støver eller på anden måde dekomponeres. I de tilfælde, hvor måtter af tang, glasuld eller rockwool indgår i dæmpningsmaterialet, må man anvende disse indpakket i papir enten crepe- eller karduspapir. Derimod må det frarådes at anvende asfaltpapir, da dette papir er så tæt og tungt, at det nedsætter måtternes absorption meget betydeligt.

På steder, hvor man kan vente, at den akustiske regulering vil kunne blive yngleplads for insekter, må selvfølgelig kun anvendes materialer af uorganisk oprindelse.

Materialernes holdbarhed over for mekaniske påvirkninger. Materialets holdbarhed over for mekaniske påvirkninger vil ofte have afgørende betydning, f. eks. ved lydreguleringer i skoler, hvor materiale, der anbringes for nedden på væggene, skal kunne stå for en kraftig berøring af børnene. Et blødt akustisk puds eller en perforeret blød træfiberplade vil meget hurtigt blive mer eller mindre ødelagt til skade både for udseendet og absorptionen. Disse materialer bør kun anbringes i en højde af over 2 m fra gulv. På den nederste del af væggene må man anvende et materiale med en tilstrækkelig hård overflade (hård træfiberplade, krydsfiner) eventuelt et listepanel.

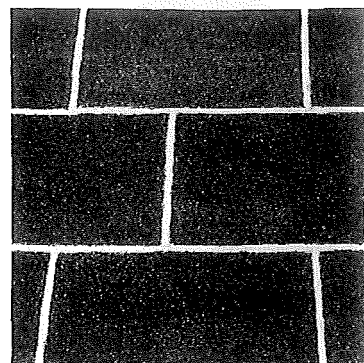


*Materiale nr. 2, Durisol
Dansk Durisol AMBA*

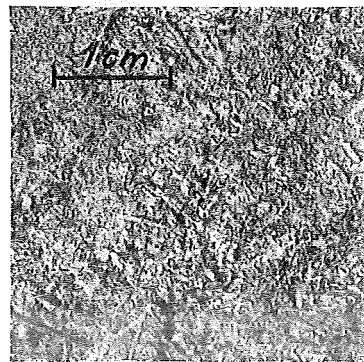


*Materiale nr. 3, Leca-beton
Lemvigh-Müller og Munch*

*Udsnit af væg beklædt med
materiale nr. 7. M.H.-plader.
A/S Manniche og Hartmann*



*Overfladestruktur af materiale
nr. 8. Spray Limpet Asbestos.
A. Jespersen og Son*



Oversigt over materialer

Samtlige i den på de følgende sider gengivne oversigt anførte materialer er undersøgt på Lydteknisk Laboratorium, hvor materialernes absorptionskoefficient er målt ved den såkaldte lydtrummetode:

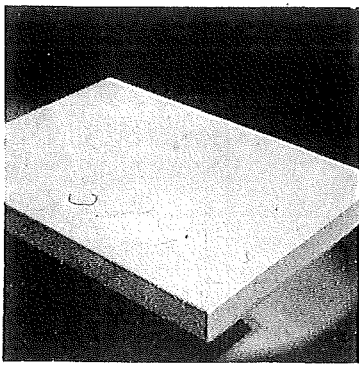
Det pågældende materiale opsættes i et areal på ca. 10 m² fordelt på tre på hinanden vinkelrette begrænsningsflader af et lydhårdt rum, d. v. s. et rum i hvilket efterklangstiden er meget lang. Ud fra den ændring af efterklangstiden, som opsætningen af et absorberende materiale giver i det lyhårde rum, kan absorptionskoefficienten beregnes.

For materialer, der er mærket med *, er målingerne udført på Lydteknisk Laboratoriums eget initiativ. Hvor materialerne har en udpræget maksimumsabsorption ved en frekvens, der ikke er opført i tabellen, er dette angivet i rubrikken: bemærkninger. I mange tilfælde fremstilles materialerne i flere andre dimensioner end de, der er anført i oversigten, og som kun gælder for de prøver af materialet, der blev anvendt ved målingen.

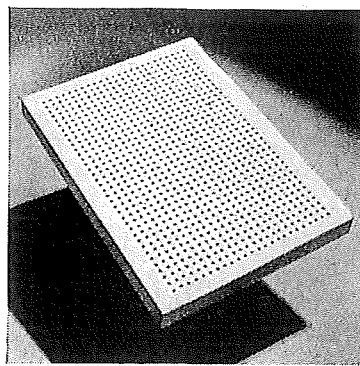
Det bør understreges, at nedenstående oversigt over lydabsorberende materialer som tidligere nævnt *ikke* er en fortegnelse over, hvad der forhandles af disse materialer her i landet. Oversigten viser kun eksempler på hvilke *typer* af akustiske materialer, man kan vælge imellem ved lydregulerings- og lyd-dæmpningsopgaver. Det skal endvidere påpeges, at de værdier, der opgives for de enkelte materialer, ikke uden videre kan betragtes som gældende for andre materialer inden for samme materialgruppe, og man bør derfor altid ved anvendelse af nye lydabsorberende materialer afkræve leverandøren en prøveattest for materialets absorptionssevne.

Nr.	Beskrivelse	Materialbetegnelse og firma	Dimensioner mm	Absorptionskoefficient						Opsætningsmåde	Overflade	Bemærkninger
				125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz			
1	Gardiner (0,2 kg/m ²)	*)		0,05	0,06	Gruppe 1a		0,70	0,73	Ophængt 9 cm fra væg		Maks. absorption v. 3200 Hz = 0,79
2	Durisol	Dansk Durisol AMBA	1500 × 500 × 50	0,10	0,28	Gruppe 1b		0,70	0,77	Opsat direkte på væg	Overfladebehandling farlig for absorptionen	Maks. absorption v. 3200 Hz = 0,86 og v. 640 Hz = 0,69
3	Leca-beton	Lemvig-Müller og Munck	500 × 250 × 50	0,15	0,19	0,44	0,63	0,52	0,75	Muret i forbandt direkte mod væg	—	Maks. absorption v. 800 Hz = 0,71
4	50 mm Træbeton	Træbotex A/S Justco	2500 × 750 × 50	0,08	0,17	0,36	0,79	0,64	0,86	Opsat direkte på væg	—	
5	35 mm Træbeton	Lynol-akustikplader, Midtjylland Bygge- og Isoleringsplade-fabrik	720 × 1320 × 35	0,09	0,14	0,27	0,51	0,53	0,77	Opsat direkte på væg	—	Maks. absorption v. 5000 Hz = 0,88 og 1600 Hz = 0,62
6	50 mm Træbeton	„Troldekt“ træuld-beton-akustikplader Axel Prior A/S	750 × 2000 × 50	0,08	0,24	0,54	0,80	0,68	0,87	Opsat direkte på væg	—	Maks. absorption v. 5000 Hz = 0,93
7	50 mm plader bestående af en blanding af finkornet og grovkornet uorganisk materiale	M.H.-plader A/S Manniche og Hartmann	650 × 500 × 50	0,10	0,38	0,46	0,43	0,46	0,50	Muret i forbandt direkte mod væg	—	
8	Sprøjteasbest	Spray- Limpet Asbestos L.W. 1 A. Jespersen og Son	20	0,14	0,36	Gruppe 1c		0,78	0,86	Sprøjtet på væg	—	Maks. absorption v. 3200 Hz = 0,96
9	Akustisk puds 12 mm + 10 mm udkast	Master-puds Dr. techn. V. L. Jordan	22	0,08	0,10	0,13	0,20	0,17	0,25	Opsat direkte på væg	—	
10	Vinduer med 3 mm glas	*)		0,35	0,25	Gruppe 2		0,07	0,04			
11	36 mm tyk kassette med forplade af 3 mm krydsfiner uden perforering. Bagved 20 mm rockwoolmåtte. Bagplade af 3 mm krydsfiner	STF 1/K Snedkermestrenes Træ- og Finerskæveri	420 × 300 × 36	0,11	0,42	0,15	0,11	0,09	0,06	Opsat direkte på væg	Kan males eller lakeres	Maks. absorption v. 200 Hz = 0,55
12	37 mm tyk kassette. Forplade af 4 mm krydsfiner eller hård træfiberplade med perforering af 4 ^o mm huller med 10,5 mm's afstand. Bagved 25 mm rockwoolmåtte. Bagplade af 3 mm krydsfiner	STF 6/K Snedkermestrenes Træ- og Finerskæveri	420 × 300 × 37	0,07	0,18	Gruppe 3a		0,59	0,33	Opsat direkte på væg (klæbet)	—	Maks. absorption v. 640 Hz = 0,83
13	4 mm hård træfiberplade med perforering af 60 mm lange 2,5 mm brede slidser med 10 mm's afstand. Bagpå er limet 15 mm højporøs træfiberplader	„Dæmpa“akustikplade type B6. Det Fyenske Trælust. kompagni	600 × 400 × 19	~ 0	0,14	0,48	0,74	0,78	0,80	Opsat på 1" tykt listesystem af notlister og tapstykker	—	
14	4 mm hård træfiberplade med perforering af 5 ^o mm huller i 12,5 mm's afstand. Bagpå er limet 13 mm blød træfiberplade med 2 mm brede, 6 mm dybe nedfræsedede slidser med 12,5 mm's afstand	A-17/A (5 ^o) IKAS	600 × 400 × 17	0,03	0,12	0,56	0,70	0,90	0,67	Opsat på 7/8" tykt listesystem af notlister og tapstykker	—	Maks. absorption v. 160 Hz = 0,94
15	4 mm hård træfiberplade med perforering af 5 ^o mm huller med 12,5 mm's afstand. Bagpå er limet 50 mm kramforsplade	E-54/A (5 ^o) IKAS	600 × 400 × 54	0,21	0,79	0,81	0,62	0,83	0,59	Opsat på 2 1/4" tykt listesystem af notlister og tapstykker	—	Maks. absorption v. 320 Hz = 1,15
16	28 mm tyk kassette. Forplade af 3,5 mm masoniteplade med perforering af 4 ^o mm huller med 15 mm's afstand. I 12 mm's afstand fra forplade en bagplade af 12 mm blød træfiberplade. (Danatex)	Masonite akustikplade B 1 Axel Prior A/S	300 × 150 × 28	0,05	0,16	0,37	0,67	0,58	0,36	Opsat direkte på væg	—	Maks. absorption v. 1250 Hz = 0,82

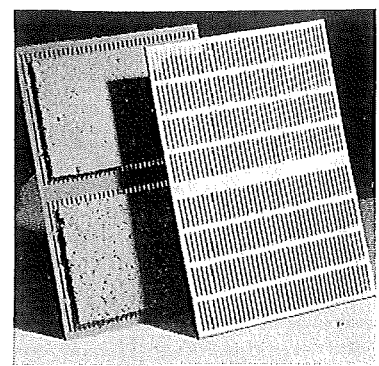
Nr.	Beskrivelse	Materialbetegnelse og firma	Dimensioner mm	Absorptionskoefficient						Opsætningsmåde	Overflade	Bemærkninger
				125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz			
17	66 mm tyk kassette. Forplade af 3 mm hård træfiberplade med perforering af 5 ^o mm huller med 14 mm's afstand. Bagved glasuldmåtte. Bagplade af 3 mm krydsfiner	Type 5014-60 Plesner Davidsen og Co. A/S	600×600×66	0,13	0,73	0,85	0,72	0,58	0,51	Opsat direkte på væg	Kan males eller lakeres	Maks. absorption v. 3200 Hz = 0,90
18	10 mm forplade af gips med med 3 mm brede, 230 mm lange slider med 11 mm's afstand. Forpladen er udstøbt på 50 mm træbeton	Dansk Gips-Industri-Co. A/S	2100×300×60	0,10	0,19	0,64	0,39	0,18	0,26	Opsat direkte på væg		
19	4 mm hård træfiberplade med perforering af 5 ^o mm huller i 12 ¹ / ₂ mm's afstand. Bagpå er klæbet et lag tyndt silkepapir	A-4 (5 ^o) med silkepapir IKAS	600×400×4	0,05	0,11	0,31	0,57	0,60	0,34	Opsat på 7/8" listesystem af notlister og tapstykker	Kan males eller lakeres	Maks. absorption v. 1600 Hz = 0,76
20	Frenger loft med perforering af 3 ^o mm huller med 9 og 15 mm's afstand. Bagved 20 mm rockwoolmåtte. Dybde af hulrum 15 cm	Reck's Opvarmnings Comp. A/S		0,52	0,86	0,60	0,74	0,74	0,57		—	
21	Mangehulsten med 78 huller (6×6 mm ²) pr. sten opmuret ca. 50 mm fra væg. Bagved 50 mm rockwoolbats	*)	230×110×55	0,48	0,77	0,38	0,27	0,65	0,35			Maks. absorption v. 200 Hz = 1,23 og v. 2500 Hz = 0,82
22	23 mm blød træfiberplade med perforering af 4 ^o mm huller i 20 mm's dybde med 13 mm's afstand	STF 5 Snedkermestrenes Træ- og Finerskæreri	300×300×23	0,07	0,22	0,47	0,53	0,67	0,51	Opsat direkte på væg		Maks. absorption v. 2500 Hz = 0,87
23	20 mm blød træfiberplade med perforering af 4,5 ^o mm huller i 10 mm's dybde med 14 mm's afstand	„Minison“-plader. Calofrig Industriaktieselskab	300×300×20	0,16	0,50	0,42	0,49	0,73	0,70	Opsat på 1" lægter		
24	25 mm blød træfiberplade på forsiden beklædt med et lag papir. Perforering af 3 mm brede slider i 17 mm's dybde med 21 mm's afstand	STF 8 Snedkermestrenes Træ- og Finerskæreri	300×300×25	0,20	0,80	0,45	0,62	0,83	0,71	Opsat på 1" tykt listesystem af notlister og tapstykker	Kan males eller lakeres	Maks. absorption v. 3200 Hz = 0,92
25	15 mm tykke og 44 mm brede, profilerede trælister med 6 mm's afstand. Bagved 20 mm rockwoolmåtte	STF 7 Snedkermestrenes Træ- og Finerskæreri		0,21	0,52	0,50	0,52	0,52	0,36	Opsat på 1" lister	—	
26	13 mm tykke og 45 mm brede, profilerede trælister med 5 mm's afstand. Bagved 25 mm rockwoolmåtte	Akts. Rockwool		0,19	0,28	0,89	0,64	0,53	0,36	(Hulrumsdybde 33 mm)	—	Maks. absorption v. 800 Hz = 0,84 og v. 1250 Hz = 0,70
27	12 mm tykke, 70 mm brede lister med 10 mm's mellemrum. Bagved 100 mm glasuldmåtte med crepepapir på den udadvendende side. Karduspapir mellem lister og crepepapir	A/S Dansk Glasuldfabrik		1,05	0,80	0,68	0,49	0,39	0,24	(Hulrumsdybde 100 mm)	—	
28	Kegleformede elementer af papirmasse. Grundflader 48 ^o cm og 5 ^o cm. Højde 23 cm. Overfladen forsynet med 60 mm lange og 5 mm brede slider. Den indvendige overflade beklædt med 25 mm glasuld	B. og E. Dabelsteen		0,12	0,20	0,26	0,30	0,18	0,09			
29	1/2 liter mælkeflasker	*)		Antal m ² -Sabin pr. flaske < 190 195 200 205 > 210 Hz ∞ 0 0,09 0,20 0,11 ∞ 0						Indmuret		Maks. absorption v. 203 Hz = 0,24



Materiale nr. 11. STF 1/K.
Snedkermestrens Træ- og Finerskæveri



Materiale nr. 12. STF 6/K.
Snedkermestrens Træ- og Finerskæveri



Materiale nr. 13. „Dæmpa“ type B6
Det Fyenske Trælaskompagni

Detailoplysninger om de enkelte materialer

1 a. Tekstiler

Eksempler: Materiale nr. 1. (Se den tabellariske oversigt).
Tekstiler er særdeles velegnede som lydabsorberende materialer. De giver altid stor absorption i den øvre del af toneområdet, medens absorptionen er lav i den nedre del af toneområdet, med mindre tekstilerne anbringes passende langt fra væg eller loft. En god absorption i en stor del af toneområdet nås f. eks. med materiale nr. 1. Tekstilerne kan enten hænges som plane flader, eller de kan ophænges draperet.
Tekstilerne kan også opsættes i baner – f. eks. 30–50 cm bredde – anbragt side om side vinkelret på vægfladen eller loft. Afstanden mellem nabo baner kan eksempelvis gøres lig banebredden. Denne ophængningsmåde er bl. a. praktisk, når det er ønskeligt at anbringe lydabsorberende materialer under et glastag i en sportshal. Man opnår derved en afskærmning for direkte sollys, samtidig med at man undgår den nedsættelse af lysstyrken, der følger med at anbringe tekstilerne parallelt med glastaget.
Anbringes tekstilerne direkte op ad en af rummets begrænsningsflader enten som et vægtæppe eller et gulvtæppe, opnås stor absorption i den øvre del af toneområdet. Tykke tæpper giver dog også god absorption i den mellemste del af toneområdet. Absorptionen af et tekstil bør bestemmes ved måling, såfremt man ikke kan skaffe måleresultatet fra en tidligere anvendelse af materialet.

1 b. Materialer sammensat af elementer med porøs overflade

Eksempler: Materialer nr. 2, 3, 4, 5, 6 og 7.
Disse materials absorptionsevne som funktion af tonehøjden har samme karakteristiske forløb som tekstilerne, altså en med stigende tonehøjde stigende absorption.
Materialerne er gennemgående billigere end de fleste andre lydabsorberende materialer, men deres stoflige karakter medfører, at de hovedsagelig anvendes på steder, hvor udsendte ikke er af afgørende betydning. Eksempelvis kan nævnes, at de anvendes i værksteder, gange, bygninger med udpræget tekniske formål (elektricitetsværker), sportshaller, udstillingshaller og skoler. Materialerne anvendes især, hvor de kan anbringes højt oppe, således at man ikke kan skelne detaljerne i strukturen. Man må selvfølgelig sikre sig, at dele af materialerne ikke løsriver sig med tiden og falder ned på gulvet.
En meget billig opsætningsmetode opnås ved at udlægge materialet på åben forskalling inden udstøbning af en etageadskillelse. Da porerne i det lydabsorberende materiale ikke må lukkes, må man anvende en meget lidt vandholdig beton ved udstøbning af de lag, der lægges umiddelbart oven på det porøse materiale. Eventuelt kan man få det porøse materiale leveret med den ene side forholdsvis tæt, således at man på den måde forhindrer, at betonen trænger for langt ned i materialet.
5 cm må normalt anses for den minimalt anvendelige tykkelse for

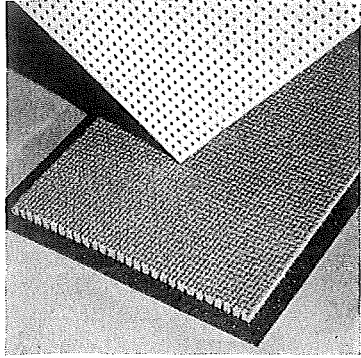
sådanne materialer, såfremt man skal opnå en passende absorption i den mellemste og laveste del af toneområdet.
Absorptionen ved lave frekvenser kan i visse tilfælde forbedres ved at opsætte det porøse materiale i nogen afstand fra væg eller loft i stedet for på disse flader. En afstand på 5–10 cm vil eksempelvis være hensigtsmæssig.
Absorptionsevnen af materialerne under denne gruppe er i flere tilfælde meget følsom over for selv ganske små ændringer i materialernes sammensætning eller i fabrikationsprocessen, således at man i et konkret tilfælde bør udvise stor forsigtighed ved anvendelse af måleresultater fundet for tidligere leverancer af samme materiale.

1 c. Akustisk puds

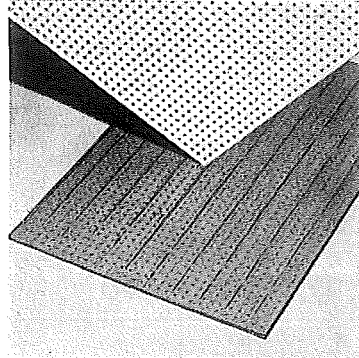
Eksempler: Materiale nr. 8 og 9.
Disse materials absorptionsevne som funktion af tonehøjden har samme karakteristiske forløb som materialerne sammensat af elementer med porøs overflade.
Materialerne kan uden vanskelighed anbringes på meget uregelmæssige flader, hvor det er umuligt at anbringe andre lydabsorberende materialer.
Et akustisk puds giver kun god absorption, såfremt det har en tykkelse af $\frac{1}{2}$ –1", og såfremt pudsen er meget porøs. De fleste af de i handelen værende arter af akustisk puds tåler overhovedet ikke stød eller anden mekanisk påvirkning. De må derfor anbringes på steder, der til daglig er utilgængelige.
Overfladebehandling kan i mange tilfælde ikke tillades, såfremt den lydabsorberende evne skal bevares.
Det må meget stærkt pointeres, at ordet akustisk puds fra gammel tid ofte er knyttet til materialer, hvis lydabsorberende værdi er overordentlig ringe. En prøveattest for absorptionsevnen af et akustisk puds bør derfor altid kræves forevist, før man indlader sig på at anvende et sådant materiale til støjdemning eller lydregulering.

2. Materialer sammensat af enheder med uperforeret ikke porøs overflade

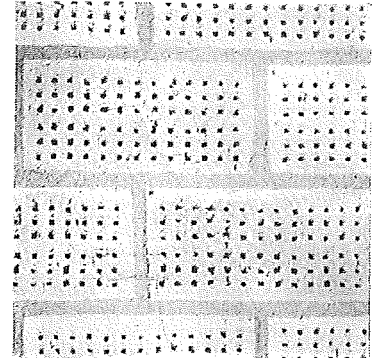
Eksempler: Materialer nr. 10 og 11.
Ved en del lydreguleringsopgaver skal man anvende materialer, hvis lydabsorption hovedsagelig er i den lavere del af toneområdet. Materialer med uperforeret ikke porøs overflade er særdeles anvendelige til dette formål.
Der findes flere muligheder.
Glas giver en særdeles god absorption, jfr. materiale nr. 10.
Vægpaneler er ligeledes gode. Bedst resultat opnås med forholdsvis tynde paneler (4–6 mm tykke plader) opsat på et 1"–2" lægtesystem. Hulrummet mellem pladen og væggen bør dæmpes ved opsætning af en blød måtte.
Trægulv på strøer hører også ind under denne gruppe, men gulvbrædderne er for tykke til at give stor absorption.
Der findes desuden kommercielle materialer, jfr. materiale nr. 11



Material nr. 14. A-17/A (5°)
IKAS



Material nr. 19. A-4 (5°) med silkepapir
IKAS



Material nr. 21
Mangehulsten

3a. Materialer sammensat af enheder med kunstig perforation. Perforation i forpladen

Eksempler: Materialer nr. 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 og 21. Denne type lydabsorberende materiale omfatter det man i daglig tale her i landet forstår ved lydabsorberende materiale. Der findes et stort antal materialer i handlen, og en meget stor del af disse er målt på Lydteknisk Laboratorium. I den efterfølgende oversigtstabel er der kun medtaget et lille udvalg, som illustrerer de mest almindelige materialearter og perforeringstyper. Perforationen af forpladen har afgørende betydning for materialets absorptionsevne betragtet som funktion af tonehøjden. Ved passende valg af perforeringen, forpladens tykkelse samt dybden af rummet bag den perforerede plade har man mulighed for at lægge den maksimale absorption det sted i frekvensområdet, man måtte ønske. Såfremt man ikke kan benytte et af de i handlen værende materialer, må der foretages en beregning af de ovennævnte størrelser til fastlæggelse af et materiale, der har de ønskede akustiske egenskaber. Denne dimensionering må normalt foretages af specialister i akustik.

De i handlen værende akustiske absorptionsmaterialer hørende til den her behandlede type er næsten alle dimensionerede, således at de giver maksimal absorption for ret høje toner. Grunden til den stærke ensretning i akustisk henseende skyldes, at langt den overvejende procentdel af det fabrikerede lydabsorberende materiale anvendes til at give støjdemping i kontorer, korridorer, værksteder m. v. Ved støjdemping er man især interesseret i en lydæmping af de høje toner, idet disse dels er de mest generende, dels de hyppigst forekommende.

Perforeringen udføres i de fleste tilfælde med runde huller af en diameter på 3-5 mm og en centerafstand på 10-15 mm. En perforationsprocent på ca. 10-12 pct. er den almindeligst anvendte for de i handlen forekommende materialer. Ca. 25 pct. er det maksimalt anvendelige, idet større perforation i almindelighed vil svække forpladen for meget i mekanisk henseende. Under 8 pct. skal kun anvendes i specielle tilfælde. Perforeringen kan også udføres med aflange slidser. Der gælder her samme regler angående perforationsprocenten som ved de runde huller. Forpladen er oftest af en hård træfiberplade, tykkelse 4-6 mm. Krydsfiner kan også bruges, men er dyrere. Forplader af jern eller aluminium anvendes i de sidste par år i stærkt stigende omfang. Når disse plader trods den større pris alligevel kommer i betragtning, skyldes det bl. a. brandtekniske årsager. Uden betydning er dog heller ikke, at de kan anvendes i forbindelse med strålevarmesystemer. Ved jernplader må man tage sig meget i agt for rustdannelse.

Større tykkelser af forplader forekommer også. Møbelplader anvendes undertiden, hvor økonomiske hensyn ikke er tungtvejende. I akustisk henseende fås dog en noget anden virkning, og af akustiske grunde foretrækker man gerne de tyndere forplader. En ganske speciel arkitektonisk effekt opnås ved at benytte

mangehulsten som den perforerede forplade, jfr. materiale nr. 21. Bag den perforerede forplade anbringes næsten altid et porøst materiale, som i de fleste tilfælde er absolut nødvendigt, såfremt en rimelig stor absorptionsevne skal opnås. Der foreligger da tre muligheder.

1) Man kan anvende Rockwool- eller glasuldmatte, rockwoolbats eller iporka.

En tykkelse af 25 mm vil sædvanligvis være den optimale, når der både tages akustiske og økonomiske hensyn. Såfremt hulrummet bag den perforerede forplade har en dybde, der er større end 25 mm, hvilket er ønskeligt ud fra akustiske synspunkter, skal måtten anbringes umiddelbart bagved den perforerede forplade, således at hulrummet opstår mellem måtte og bagvæg og ikke mellem forplade og måtte.

2) Man kan klæbe det porøse materiale på bagsiden af den perforerede plade, da dette giver en handelsmæssig mere bekvem vare, der er let at transportere. Dette udelukker dog anvendelse af måtte. Højporøse træfiberplade og Rockwoolbats anvendes ved adskillige kommercielle lydabsorberende materialer. Man må nøje passe på, at der ikke anvendes et for tæt porøst materiale, hvilket desværre undertiden forekommer.

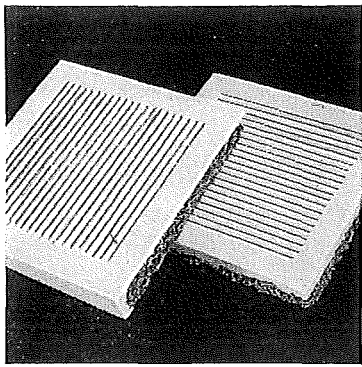
3) Den sidste og på mange måder mest tiltalende form for porøst materiale består af et enkelt lag tekstil eller et eller flere lag højporøst papir, der klæbes på bagsiden af den perforerede plade. Ejendommeligt nok har denne metode hidtil ikke været anvendt kommercielt i større udstrækning. Det bør meget nøje påses, at klæbematerialet ikke trænger ud i papiret, der ligger ud for hullerne. Sker dette er der stor risiko for, at porerne i papiret lukkes, hvilket atter medfører en betydelig nedsættelse af absorptionen.

Hulrumsdybden bag den perforerede plade bør ud fra akustiske hensyn næsten altid gøres så stor, som man overhovedet kan få mulighed for. Hovedparten af de i handlen værende materialer er baseret på en samlet tykkelse af den lydabsorberende beklædning på 1" à 1½". Undtagelser findes dog. Tyndere materialer bør betragtes med skepsis, medens tykkere materialer kan anbefales.

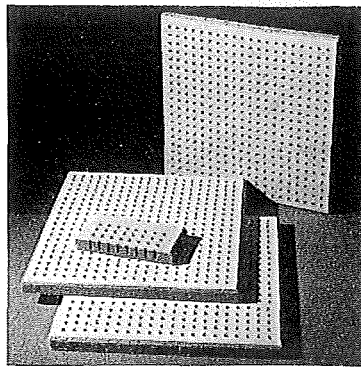
3b. Materialer sammensat af enheder med kunstig perforation. Perforationen i det absorberende materiale

Eksempler: Materialer nr. 22, 23 og 24.

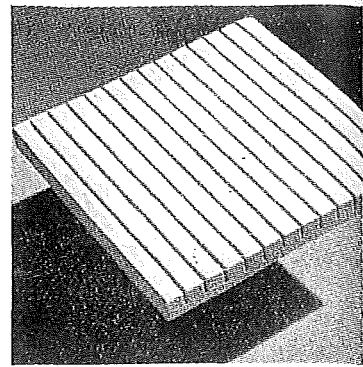
Der forekommer enkelte materialer af denne type i handlen. De er fremstillet af ca. 1/2"-1" bløde træfiberplader, der er perforeret med runde huller eller slidser, sidstnævnte normalt gående tværs over pladen. De tynde plader har kun en stor absorption for meget høje toner, såfremt pladerne opsættes direkte på væg eller loft. Et væsentlig bedre resultat opnås ved at montere pladerne på et lægtesystem, jfr. måleresultaterne for materiale nr. 22. 1" lægter vil næsten altid være tilstrækkelige.



Materiale nr. 18
Dansk Gipsindustri-Co. A/S



Materiale nr. 23. „Minison“
Calofrig Industriaktieselskab



Materiale nr. 24. STF 8
Snedkermestrenes Træ- og Finerskereri

4. Listepaneller

Eksempler: Materiale nr. 25, 26 og 27.

Listepaneller har ikke en væsentlig anden akustisk virkning end de allerede beskrevne materialer. Listepanellernes fremkomst skyldes derimod især ønsket om at få et lydabsorberende materiale, hvis udseende er helt forskellig fra de perforerede plader. Listerne fremstilles hovedsagelig af træ. De opsættes på et lægteskelet og med en indbyrdes afstand mellem listerne som er ca. 10–20 pct. af listebreddens. Bag listerne anbringes en blød måtte. Listerne bør ikke gøres tykkere end nødvendigt af mekaniske grunde. Listetværsnittet kan være simpelt rektangulært, hvilket f. eks. er særdeles brugbart i værksteder, eller tværsnittet kan være væsentlig mere kompliceret. Ved udformningen kan man tilstræbe dels at vælge tværsnittet således, at man udefra ikke kan se ind gennem spalten mellem to nabolister, dels at profilere listen således, at overfladen af den listebeklædte væg ikke er en simpel plan flade.

5. Enkeltabsorbenter

Eksempel: Materiale nr. 28 og 29.

Enkeltabsorbenter anvendes ikke i stor udstrækning. Der findes to væsentlig forskellige typer, nemlig dels en type, hvis funktion ganske svarer til de perforerede plader med porøst materiale bagved, men hvor den mekaniske udformning blot er en anden, dels de såkaldte lydpotter.

Til den første type hører materiale nr. 28, der i udseende fuldkommen ligner en af de sædvanlige kegleformede skærme, der anvendes ved loftsbelysning til afskærmning af en elektrisk pære. Keglen er perforeret med korte slidser, og bag den perforerede forplade er anbragt et porøst materiale. Enkeltabsorbenter af denne art er lette at opsætte og nedtage, da de monteres ganske

som skærmene til loftsbelysninger. Denne form for lydabsorberende materiale er især tænkt anvendt i værksteder, hvor montage af gængse lydabsorberende materialer er vanskelig at gennemføre på grund af rørinstallationer.

Lydpotter er en anden form for enkeltabsorbenter. Deres historiske oprindelse, messingvaser i græske teatre, har medført en meget betydelig interesse for denne form for lydabsorberende materialer. Selvom man ikke nu anvender messingvaser, men den mere prosaiske udformning: mælkeflasker eller hule sten, har interessen været lige levende. Her skal det blot fastslås, at lydpotter ikke er anvendelige til løsning af almindelige lydregulerende eller lyd-dæmpende opgaver, da de kun absorberer i et meget snævert frekvensområde, jfr. materiale 29. De kan kun anvendes i forbindelse med ganske specielle akustiske problemer, og da løsningen af disse problemer ligesåvel som dimensioneringen af lydpotterne kun kan udføres af specialister, skal lydpotterne ikke behandles nærmere her.

Afslutning

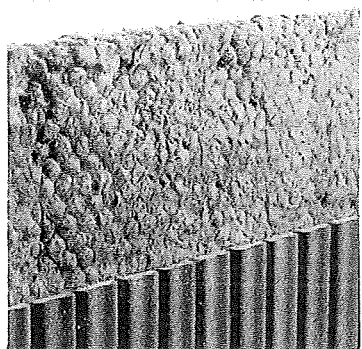
Den her givne oversigt over lydabsorberende materialer kan selvfølgelig kun i ringere grad gå ind på en række af de problemer, der knytter sig til anvendelse af lydabsorberende materialer. Det er nødvendigt at henvise til den almindelige akustiske litteratur.

Af danske bøger kan der henvises til:

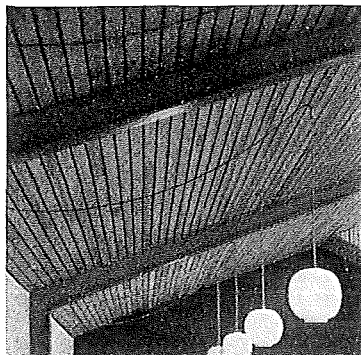
P. V. Brüel: Lydisolation og Rumakustik. Göteborg 1946.

F. Ingerslev: Akustik. Lærebog i bygningsakustik for ingeniører. København 1949.

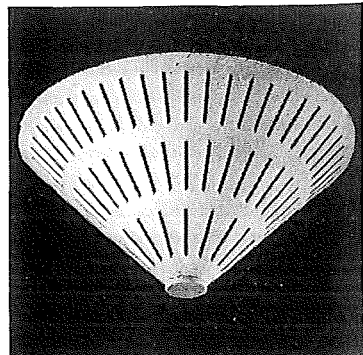
F. Ingerslev: Lille akustik. Lærebog i bygningsakustik for arkitekter. København 1949.



Materiale nr. 26. Listepanel
Aktis. Rockwool



Udsnit af loft beklædt med materiale nr. 27
A/S Dansk Glasuldfabrik



Materiale nr. 28. Enkeltabsorbent
B. og E. Dabelsteen