

Teglmurværks lydabsorberende egenskaber

Ledeord:

Akustik
Absorptionskoefficient
Målinger
Beregninger
Lydregulering
Støjdæmpning
Hultegl

**Udbygning af Gladsaxe rådhus**

Arkitekt Knud Munk

For at undgå fokusering af lyd fra de krumme vægge i Byrådsalen, er disse udført med absorberende hultegl (ventilsten).

**Vandværket, koncertsal for rytmisk musik i København**

Ombygning:

Københavns Kommunes Tekniske Service. Vandværket havde i starten akustiske problemer, fordi efterklangstiden i salen var for lang til rytmisk musik. Specielt var der problemer i det lavfrekvente område. Ved den senere lydregulering blev der blandt andet anvendt hulteglsbeklædninger (stentype 1) med afstemt resonansfrekvens.

Murerfagets byggeblade

Nr. 34

Murerfagets Oplysningsråd
Peblinge Dossering 36

Telefon 01 37 25 00
2200 København N

Juni 1988
Bilag til TEGL 2/88



I 1979 udsendte Murerfagets Oplysningsråd Murerfagets byggeblade Nr. 19 »Teglmurværks lydabsorberende egenskaber«. Byggebladet udkom som bilag til TEGL 1/79. Hermed var der for første gang på dansk udgivet en samlet oversigt over forskellige typer hultegl med beskrivelse af deres lydabsorberende egenskaber.

Nu – næsten 10 år efter – kan det konstateres, at interessen for at benytte hultegl som et lydregulerende element har været stærkt stigende, hvilket også afspejler sig i, at der er fremkommet en række nye stentyper. Det er derfor naturligt at genudsende byggebladet i ajourført form.

Teglinformation har ladet Rådgivende Ingeniørfirma Johs. Jørgensen A/S foretage målinger af lydabsorptionen for vægbeklædninger opbygget med nogle af de nye typer hultegl. Resultaterne af de nye målinger følger sig til den række målinger, der blev foretaget i 1979.

Akustisk projektering

Ved projektering af nybyggeri indgår akustikken som en integreret disciplin på linie med statik, VVS, EL og geoteknik.

Ved projekteringen skal det sikres, at de lovmæssige og brugsmæssige krav, der stilles til det pågældende byggeri, vil være opfyldt, når byggeriet er færdigt. Den projekterende har derfor brug for pålidelige oplysninger om de anvendte materialers akustiske egenskaber.

Det er her vigtigt at skelne mellem følgende to forskellige begreber: Lydisolation og lydabsorption.

Lydisolation

Lydisolation betegner de foranstaltninger, der har til formål at reducere lydtransmissionen fra et rum til et andet.

Et materiales lydregulerende egenskab beskrives ved reduktionstallet R. I faglitteraturen findes en så omfattende dokumentation for bygningskonstruktioners lydisolerende egenskaber, at der normalt ikke savnes materialeverdier for projekteringen.

Teglvægge er i den forbindelse godt repræsenteret, og det kan nævnes, at da bygningslovgivningen i de nordiske lande for mere end 35 år siden blev suppleret med bestemmelser om luftlydisolation mellem boliger, blev kravet fastsat på grundlag af de talværdier for lydisolationen, der erfaringsmæssigt kan tilvejebringes i en veludført bygning, hvor adskillelsen mellem de enkelte boliger består af 1/1-stens teglvægge.

Hultegl har ikke nogen særlig høj lydisolation, meningen er jo netop, at lyden skal trænge ind i hulteglbeklædningen. Her adskiller hultegl sig ikke fra de andre typer absorberter.

Hvis den væg, hvorpå hulteglbeklædningen etableres, tillige skal have en høj lydisolation, er det den bagvedliggende konstruktion, der skal tilgodesee dette krav.

Lydabsorption

Begrebet lydabsorption beskriver de foranstaltninger, der gøres for at regulere eller dæmpe den lyd, der er i samme rum som lydgifveren.

Et materiales lydabsorption angives ved absorptionskoefficienten.

I faglitteraturen og i datablade fra producenter findes der omfattende tabeller, der angiver absorptionskoefficienten under forskellige montageforhold for traditionelle »akustiske« materialer, fx akustiklofter.

Med Murerfagets byggeblade Nr. 19 og dette blad er der søgt rådet bod på den manglende information om teglproduktens lydabsorptionsmæssige egenskaber.

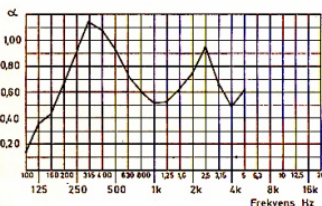
Lydabsorption af murværk opbygget af hultegl

Lydabsorption af hulsten beror på en resonanseffekt i modsætning til den absorption, der fremkommer ved porøse absorberter som mineraluld, porøse Lecaplader, læppeforhæng og lignende. Med resonatorabsorberter kan der opnås meget kraftig lydabsorption ved lave frekvenser (mellem 100 og 500 Hz) uden anvendelse af store konstruktionstykkelser, men absorptionen sker kun i et relativt snævert frekvensområde.

Absorptionskoefficienten for en hulsten (gittertegl type 17) med 23 huller og en perforationsprocent på ca. 23%, opmuret på højkant i 7 cm afstand fra bagvæggen og med 5 cm mineraluld i hulrummet er her vist som funktion af frekvensen. Dette frekvensforløb er typisk for hulsten med perforationsprocenter (hulprocenten) på mellem 10 og 30, og det ses, at der er et kraftigt absorptionsmaksimum i det lave mellemtonområde (315 Hz), som skyldes resonans mellem stenens huller og det bagvedliggende hulrum. Den frekvens, hvor absorptionsmaksimum optræder, kan ændres ved at ændre på hulrumsdybden. Øges hulrumsdybden forskydes

Akustik er læren om lyd, som omfatter bl.a. bygningsakustik (lydisolering), rumakustik (lydregulering) og støjbekæmpelse.

Absorptionskoefficienten er en talstørrelse, som angiver hvor stor en brøkdel af den indfaldende lydenergi, der optages af materialet. Absorptionskoefficienten betegnes normalt med bogstavet α (alfa).



maksimum mod lavere frekvenser mindskes hulrummet forskydes maksimum mod højere frekvenser.

Der optræder endvidere to mindre absorptionsmaksima ved høje frekvenser (2,5 og 5 Hz); disse er en følge af resonanssvingninger i stenens huller, og kan derfor ikke ændres.

For at opnå en tilstrækkelig lydregulering i hele frekvensområdet er det oftest påkrævet at kombinere resonatorabsorbenter med forskellige resonansfrekvenser eller at anvende resonatorabsorbenter i forbindelse med porøse absorbenter.

Måling af absorptionskoefficienter

På side 8 er vist målte absorptionskoefficienter for en række vægge med hultegl. De målte værdier er bestemt ved en såkaldt lydruksmetode, der består i, at materialet anbringes i et rum med lydharde overflader (glat beton), som betinger, at rummet i tom tilstand har en meget lang efterklangstid. Når materialet, som i dette tilfælde er en væg af hultegl, er placeret i rummet, vil efterklangstiden blive kortere som følge af prøveemnets lydabsorberende virkning. Det er derfor muligt at bestemme materialets absorptionskoefficient på grundlag af målinger af de ændringer af rummets efterklangstid, som tilstedeværelsen af materialeprøven giver anledning til.

Bestemmelse af absorptionen ved lydruksmetoden er således ikke en direkte måling af den pågældende materialeegenskab, men en beregning på grundlag af prøvefeltets indvirkning på lydruksmets efterklangstid sammenholdt med teorien for lydfeltets hændelse i et sådant rum.

Teorien for lydfeltets hændelse blev første gang formuleret af W. C. Sabine i begyndelsen af dette århundrede. Han opstillede den berømte formel:

$$T = \frac{0,16 \cdot V}{A}$$

hvor T er efterklangstiden i sek.

V er rumvolumenet i m^3

A er det ækvivalente absorptionsareal i m^2 sabin.

Det ækvivalente absorptionsareal A for et rum er lig med summen af samtlige overfladers areal multipliceret med deres respektive absorptionskoefficienter

$$A = S_1 \cdot \alpha_1 + S_2 \cdot \alpha_2 + S_3 \cdot \alpha_3 + \dots + S_n \cdot \alpha_n$$

Ved at anbringe en absorberende flade, prøveemnet, foran en af rummets vægge øges A , og dermed reduceres T .

Målemetoden og krav til lydruksmets indretning m.v. er beskrevet i en international standard, International Standards Organisation Recommendation R354: "Measurement of absorption coefficients in a reverberation room".

Lydruksmetoden hos Rådgivende Ingeniørfirma Johs. Jørgensen A/S er på 188 m^3 . Rummets akustiske egenskaber er kortlagt ved en fælles nordisk undersøgelse (Nordtest projekt nr. 6/74), der havde til formål at samordne prøvebetingelserne hos samtlige nordiske laboratorier, som udfører målinger af materialers lydabsorptionskoefficient efter lydruksmetoden.

For hver af de undersøgte hultegltyper blev udført et ca 10 m^2 stort prøvefelt, som blev opmuret foran lydruksmets endevægge i en afstand fra denne, der svarede til den ønskede hulrumdybde. Efter målingerne af efterklangstiden var foretaget, blev prøvefeltet fjernet og erstattet af det efterfølgende i forsøgsrækken.

Det ses af kurverne på side 8, at for nogle af prøveemnerne er absorptionskoefficienten større end 1,0 ved resonansfrekvensen. Dette tilsyneladende paradoks skyldes den såkaldte randeffekt, som optræder, når stærkt absorberende materialer anbringes i flader, der kun delvist dækker lydharde flader. Randeffekten har til følge, at prøvefeltet i akustisk henseende virker større end det faktiske geometriske areal, der indgår i formeludtrykket for beregning af absorptionskoefficienten. Randeffekten er mest udtalt ved lave frekvenser.

Randeffekten kan i specielle tilfælde udnyttes i rumakustiske foranstaltninger, fx. felter af hultegl, der fordeles i et skakbræt-mønster på en blank væg. Ved normalt forekommende beregninger sættes absorptionskoefficienten dog til maksimalt 1,0, selvom måleattesten ved enkelte frekvenser viser værdier større end 1,0. Det skal påpeges, at de fundne absorptionskoefficienter kun kan anvendes ved projektering af efterklangstiden i et lokale, såfremt de pågældende hultegltyper indgår i projektet under samme forhold som under målingen, dvs. at dybden af hulrummet bag ved teglvæggen og tykkelsen af mineraluldslægget bør svare nøje til prøvebetingelserne.

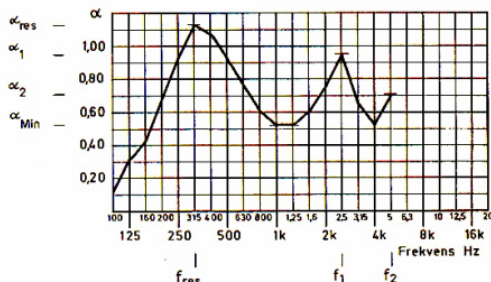
Hvis dette ikke er tilfældet, fx. når hulrummet er større, må der foretages en vurdering af, hvorledes absorptionskoefficienten kan forventes at være ændret.

Efterklangstid er den tid der forløber fra en lyd giver i et rum afbrydes, indtil lydtrykniveauet i rummet er faldet 60 dB, eller til en tusindedel af begyndelseshøjden.

Et »hårdt« rum som f.eks. et badeværelse har en lang efterklangstid; men et dæmpet rum som en tæt møbleret dagligstue har en kort efterklangstid. Ved beregningen af efterklangstiden i et rum benyttes absorptionskoefficienterne for rummets begrænsningsflader.

Beregning af absorptionskoefficienter

Til brug ved beregninger af efterklangstiden i lokaler, i hvilke der påtænkes anvendt hulteglbeklædninger, der ikke er i nøje overensstemmelse med de undersøgte typer, er der i det efterfølgende givet en oversigt, der vil kunne anvendes ved fastlæggelse af absorptionskurvens forløb for sådanne vægtyper. De anførte formlerudtryk, der er baseret på teoretiske og empiriske forudsætninger, angiver sammenhænge mellem hulstenenes og opmuringens geometriske data og de betydende akustiske parametre. Det karakteristiske forløb for absorptionskurven for en hulteglbeklædning med bagvedliggende hulrum fremgår af figuren.



Her betegner

f_{res} : resonansfrekvensen svarende til størrelsen af hullerne i teglstenene og dybden af det bagvedliggende hulrum.

f_1 og f_2 : resonansfrekvenser svarende til hullængden = stentykkelsen.

α_{res} : absorptionskoefficienten ved f_{res} .

α_1 og α_2 : absorptionskoefficienten ved f_1 og f_2 .

α_{min} : absorptionskoefficientens minimumsværdi mellem f_{res} og f_1 .

Resonansfrekvensen f_{res} kan beregnes ud fra teorien for Helmholtzske resonatorer:

$$f_{res} = 4940 \sqrt{\frac{p\%}{d \cdot l_k}} \text{ Hz,}$$

hvor

d : hulrumsdybden bag teglvæggen i mm.

$p\%$: perforationen i % af det pågældende beklædningsareal.

l_k : den korrigerede halslængde i mm.

$l_k = 1 + 1,7 \cdot r$ (cirkulære huller)

$l_k = 1 + 0,96 \cdot A$ mm (firkantede huller)

r = hulradius i mm for cirkulære huller

A = hulareal i mm² for firkantede huller

l = stentykkelsen.

De to frekvenser f_1 og f_2 beregnes af

$$f_1 = \frac{340000}{2 \cdot l_k} \text{ Hz}$$

$$f_2 = \frac{340000}{l_k} \text{ Hz}$$

For 55 mm tykke hultegl er således $f_1 = 2,5$ kHz og $f_2 = 5$ kHz.

α_{res} vil normalt kunne sættes til lidt over 1,0 (randeffekt indregnet). Absorptionskoefficienten vil være større end 0,9 i et frekvensområde å 2 til 3 gange 1/3 oktav bredde omkring f_{res} , idet faktorer som lille stentykkelse og stor perforationsprocent vil medføre et bredere absorptionsmaksimum.

α_1 og α_2 er stort set uafhængige af hulstenens geometriske data og kan sættes til henholdsvis 0,9 og 0,7 ved beklædninger med mineraluldsfyldt hulrum.

$\alpha_{\min}$ afhænger af perforationsprocenten samt af differensen $f_{\text{res}} - f_1$. Et sammen drag af de forskellige målinger i litteraturen viser den empiriske sammenhæng:

$$\alpha_{\min} = \sim 0,4 \cdot \log(p\%)$$

Anvendelse af hultegl

Oversigten over de målte og beregnede værdier for lydabsorptionskoefficienten for vægge opbygget af kantstillede hultegl viser, at absorptionskoefficientens frekvensmæssige forløb beror på kombinationen: stentype, hulrumsdybde og mineraluldslæg.

Det er muligt at opbygge en hulteglvæg således, at dens lydabsorption kan afstemmes efter den frekvensmæssige sammensætning af lyden i det lokale, hvor væggen skal anvendes.

Hulteglvæggens lydabsorberende egenskaber kan udnyttes til to formål: lydregulering og støj dæmpning.

Lydregulering

Som mål for et rums akustiske kvalitet i denne henseende anvendes hyppigst efterklangstiden, der ved hjælp af Sabines formel kan beregnes på grundlag af rummets volumen og de begrænsede fladers areal og absorptionskoefficient. I den akustiske faglitteratur findes anvisninger for hvilke efterklangstider, der bør tilstræbes i rum af forskellig art.

Beregninger af efterklangstiden i mindre lokaler til tale og musik viser hyppigt, at der kun er behov for stærkt absorberende flader på en begrænset del af det samlede vægareal. I sådanne tilfælde vil det ofte være hensigtsmæssigt at udføre lokalets bagvæg som en absorberende hulteglvæg, der udover at tilføre rummet den fornødne absorption tillige hindrer, at lydreflektioner fra bagvæggen kan give anledning til ekkodannelse på lokalets forreste tilhørspladser og på podie eller talerstol.

I lokaler, der udføres med blanke teglstensmure i normalt murværk og et lydreflekterende loft, som er påkrævet af hensyn til behovet for en jævn lydfordeling på tilhørspladserne, vil der med fordel kunne anvendes hultegl i mindre felter på sidevæggene. Størrelsen af disse fastlægges på grundlag af en beregning af efterklangstiden. Det vil navnlig være kombinationer af tegltyper og hulrumsdybde, der fortrinsvis giver absorption ved lave frekvenser, som vil være aktuelle, idet behovet for absorption ved mellemhøjde og høje frekvenser ofte vil være opfyldt alene med lokalets inventar og tilhørere.

Støjdæmpning

Begrebet støjdæmpning omfatter forholdsregler, der tager sigte på at nedsætte støjniveauet i et lokale med en eller flere støj kilder.

Støjen i et sådant rum består dels af lyd, der udstråles direkte fra støj kilden imod modtageren, dels af lyd som først når modtageren efter at være blevet reflekteret en eller flere gange fra rummets begrænsningsflader.

I nærheden af de enkelte støj kilder vil støjniveauet være betinget af den direkte lyd, medens den reflekterende lyd vil være fremherskende i større afstand fra støj kilderne. I de områder, hvor støjen hovedsageligt består af reflekteret lyd, nedsættes støjniveauet, såfremt reflektionerne svækkes. Dette opnås ved, at de reflekterende flader ændres til at være absorberende.

Ligesom ved lydregulering er det vigtigt, at de pågældende fladers absorptionskoefficient er nøje afpasset efter støjens frekvensmæssige sammensætning. Støjen i produktionslokaler vil ofte indeholde kraftige lavfrekvente rentonekomponenter, hvis frekvens er bestemt af maskinernes omløbstal. Hulteglvægge er særligt velegnede til at absorbere denne form for støj, idet stentype og hulrumsdybde kan afpasses, således at resonansfrekvenser svarer til de generende rene toner.

Andre vigtige egenskaber ved hulteglbeklædninger, der anvendes i industrilokaler, er deres store modstandsevne mod mekaniske påvirkninger i form af stød og slag, samt at de normalt ikke kræver vedligeholdelse.

Lydregulering er betegnelsen for foranstaltninger, hvis formål er at skabe gode forhold for opfattelse af tale eller musik.

Støjdæmpning er betegnelsen for de foranstaltninger, der tager sigte på at nedsætte støjniveauet i et rum, herunder anvendelse af lydabsorberende materialer til at dæmpe lydreflektioner.

STENTYPER

DN format : 228 x 108 x 55 mm
 Petringer : 220 x 48 x 55 mm
 70 mm sten: 228 x 70 x 55 mm *)
 PS: Hulprocenten er baseret på
 stenens areal.

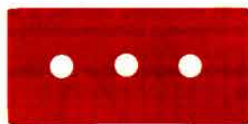
Nr.	Dansk Normalformat	Petringer	Antal huller	Hulprocent ca.
1	x	x	4	23
2	x		7	19
3	x	x	11	17
4	x	x	11	37
5		*) x	3	10
6	x	x	7	16 23
7	x	x		28 34



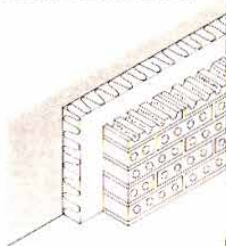
STENTYPER

DN format : 228 x 108 x 55 mm
 Bredsten : 228 x 168 x 55 mm
 2-skiftssten, hvor de 122 mm = 2 sk.
 + 1 fuge (2 x 55 + 12 = 122):
 DN format : 228 x 108 x 122 mm
 Sten med dobbelt højde:
 DN format : 228 x 108 x 110 mm

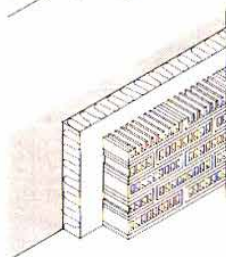
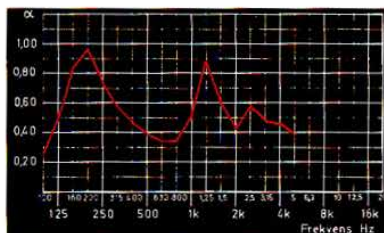
Nr.	Dansk Normalformat	2-skiftssten	Dobbelt højde	Antal huller	Hulprocent ca.
8	x		x	3	9
9	x		x	55	25
10	x		x		10
11	x			22	25
12	x			19	24
13	x	x	x	33	23 28
14	x		x	33	23



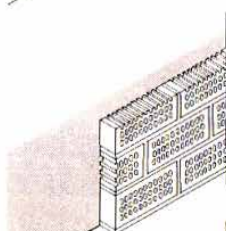
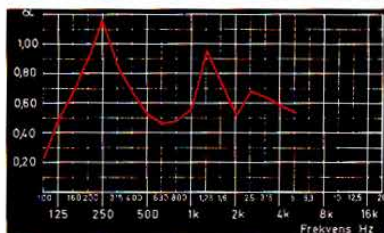
Målte absorptionskoefficienter



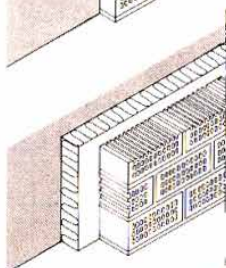
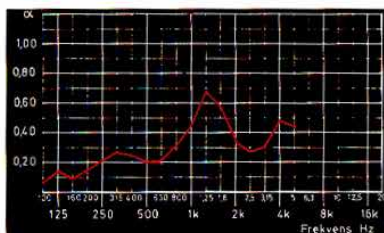
Mur af
Ventilsten nr. 1
perforation: 19%
på fladen, normalformat,
7 cm hulrum med 5 cm
mineraluld



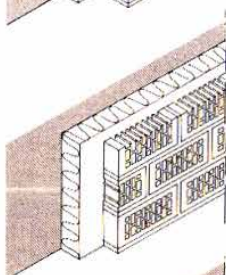
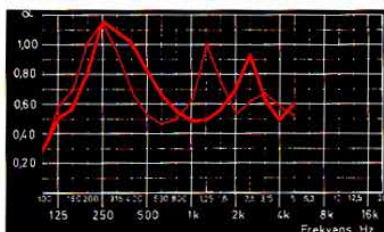
Mur af
Ventilsten nr. 7
perforation: 20%
på fladen, normalformat,
7 cm hulrum med 5 cm
mineraluld



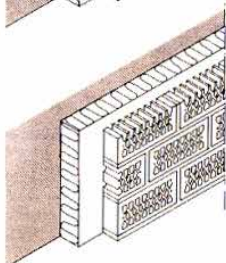
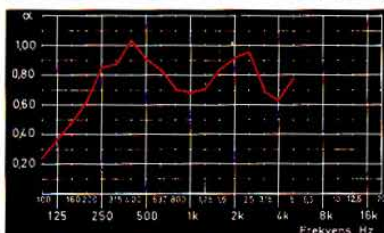
Mur af
Hulsten nr. 13
perforation: 18%
normalformat, direkte mod
bagvæg, intet hulrum



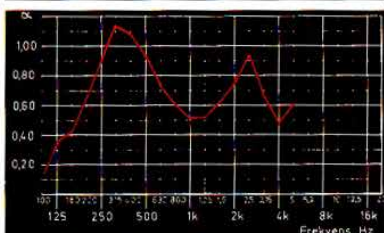
Mur af
Hulsten nr. 13
perforation: 18%
dobbelthøjde
normalformat
7 cm hulrum med 5 cm
mineraluld



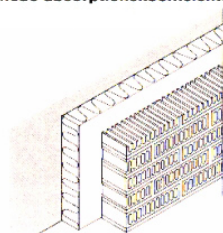
Mur af
Gittersten nr. 15
perforation: 30%
normalformat,
7 cm hulrum med 5 cm
mineraluld



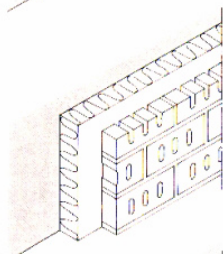
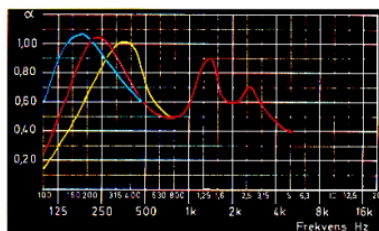
Mur af
Gittersten nr. 17
perforation: 22%
normalformat,
7 cm hulrum med 5 cm
mineraluld



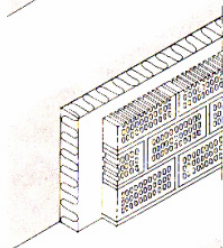
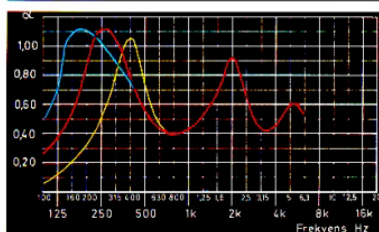
Beregne absorptionskoefficienter



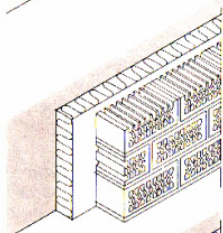
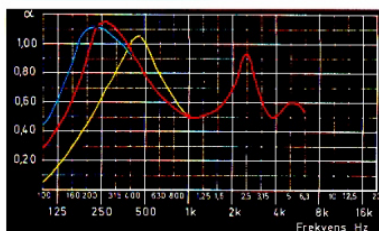
Mur af
Ventilsten nr. 2, 3, 4 og 7
på fladen, normalformat,
3 cm hulrum
7 cm hulrum
12 cm hulrum
med mineraluld



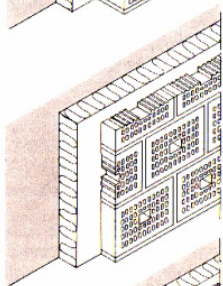
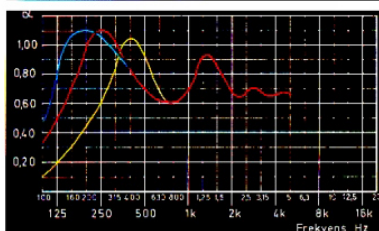
Mur af
Hulsten som type
nr. 8 og 10
(ringe perforation)
3 cm hulrum
7 cm hulrum
12 cm hulrum
med mineraluld



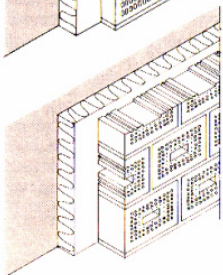
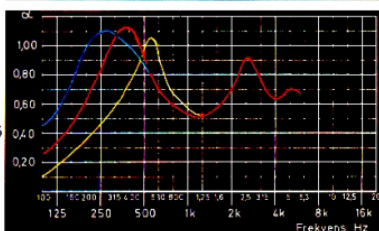
Mur af
Hulsten som type
nr. 9, 13 og 14
3 cm hulrum
7 cm hulrum
12 cm hulrum
med mineraluld



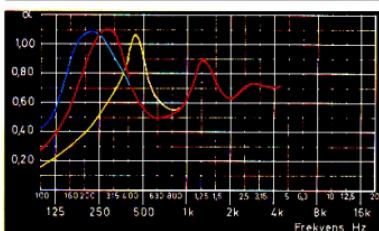
Mur af
Gittersten, type nr. 16 og 17
dobbelthøjde
3 cm hulrum
7 cm hulrum
12 cm hulrum
med mineraluld



Mur af
Hulsten i bredformat,
type nr. 18, 20, 21, 24 og 25
3 cm hulrum
7 cm hulrum
12 cm hulrum
med mineraluld



Mur af
Hulsten i bredformat,
type nr. 18 og 25
dobbelthøjde
3 cm hulrum
7 cm hulrum
12 cm hulrum
med mineraluld



Siden Murerfagets byggeblade Nr. 19 udkom i 1979, er der sket væsentlige ændringer i udbuddet af stentyper, hultegl, som kan anvendes til at løse akustiske opgaver.

6"-stenen er udgået af produktionen og blevet erstattet af bredstenen. En velegnet stentype er ventilstenen. Sten i normalformat eller som petringer med huller vinkelret på løbersiden. I dag fremstilles 6 forskellige typer mod 2 i 1979. Enkelte producenter markedsfører stenene som akustiksten. Stentypen er velegnet, fordi den passer ind i murværkets skiftegang og den leveres med hulprocenter, som giver gode lydabsorberende egenskaber. De gængse stentyper, som fremstilles dags dato og som kan leveres som lagervarer, fremgår af de på side 6 og 7 viste typer og følgende nr. er nye: 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 19, 21, 22 og 23.

Andre formater kan i et vist omfang fremstilles på bestilling. Ligeledes vil en række af de viste stentyper på side 6 og 7 kunne leveres i andre formater, f.eks. i dobbelt højde eller som 2-skiftssten efter aftale. Ønsker i denne forbindelse bør drøftes med teglproducenten i god tid, f.eks. under skitseprojekteringen.

Yderligere oplysninger om stentyper og producenter kan fås hos Kalk- og Tegl-information, Teglvej 20, 8361 Hasselager, tlf. 06 28 38 11.

Vejledning vedrørende projektering med hultegl

Vægtykkelser

I det følgende ses bort fra bagmuren, som muren af hultegl fastholdes til, f.eks. ved hjælp af murbindere. Tykkelsen af muren af hultegl plus hulrummet er beskrevet foran i bladet under de målte og beregnede eksempler på side 8 og 9. I praksis vil der ud fra den frekvensmæssige sammensætning af lyden i lokalet, hvor væggen skal placeres, vælges stentype og hulrumsdybde og isolering således, at der opnås det ønskede resultat m.h.t. rummets lydregulering/støjdæmpning. Ud fra de på side 6 og 7 viste stentyper fås følgende dimensioner på vægge af hultegl: 48, 55, 108, 110 og 122 mm.

Murværkets lodrette mål

Murværkets lodrette mål kaldes skiftegangsmål, og disse mål angiver murværkets højder. Skiftegangen sættes normalt til 3 skifter = 200 mm = 2M (2M er planlægningsmodulen for højdemål i boligbyggeri).

På tegningen overfor vises, hvorledes hultegl med følgende højdemål: 70, 108, 168 og 228 mm kan indpasses i den normale skiftegang.

Skiftegangstabel

Tabellen viser stenhøjder og fuger – skiftegangsmål – i mm. I tabellen kan endvidere ses, hvordan de forskellige stenformater kan sammenbygges, noget som har betydning m.h.t. sammenmuring af forskellige stenformater i samme vægflade.

Murværkets vandrette mål

For anvendelse af de viste stentyper gælder de normale regler for projektering med murværk. Følgende afsnit er hentet fra TEGL 3, Murmål: » Murværkets vandrette mål fastsættes normalt efter murstensmodulen på 60 mm svarende til $\frac{1}{4}$ sten + fugeandel (48 + 12 = 60 mm).

Denne murstensmodul på 60 mm svarer til forbandspringet på $\frac{1}{4}$ sten, som anvendes i den overvejende del af de gængse forbandter. Endvidere går murstensmodulen op i planlægningsmodulen (3M = 300 mm = 5 x ($\frac{1}{4}$ sten + fugeandel)), som skal anvendes ved modulprojektering.

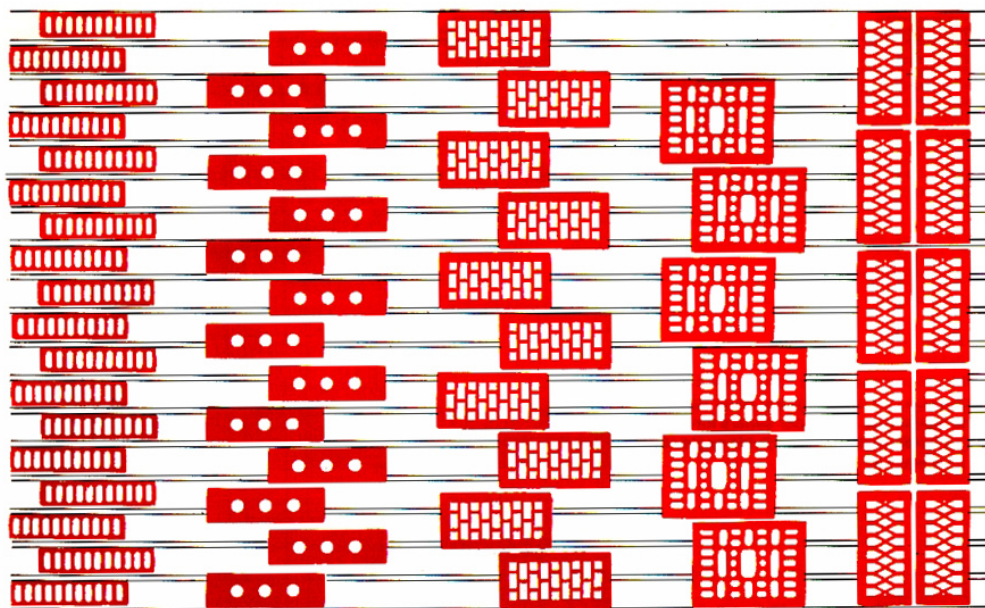
Forbandter

Forbandtet vælges ud fra praktiske og æstetiske krav.

Praktiske krav: kan beregnes og optegnes under projekteringen bl.a. ved hjælp af TEGL 3, Murmål m.v.

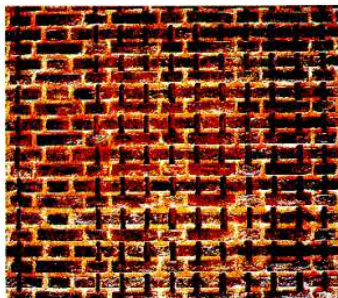
Æstetiske krav: kan i et vist omfang bedst afklares ved at opføre prøvemure. $\frac{1}{4}$ og $\frac{1}{2}$ stens forbandter anvendes ofte, bl.a. fordi de er enkle og skifterne gentages hveranden gang. Ved feltopdelinger, f.eks. udfyldningsfelter, vælges ofte et filseforbandt.

Generelt må det understreges, at formgiveren, arkitekten, igennem arbejdet med stentyper, fuger, forbandter og de lyd-mæssige krav, kan skabe rum, der med hensyn til de lyd-mæssige forhold og udseendet går op i en større enhed, simpelthen forener skønheden og nytten. Hertil kommer, at den blanke teglmur er vedligeholdelsesfri, den er sej og robust m.h.t. modstandsevnen overfor stød og slag – derfor vil en blank teglmur også være velegnet i de fleste industrilokaler.



Skiftegangstabel

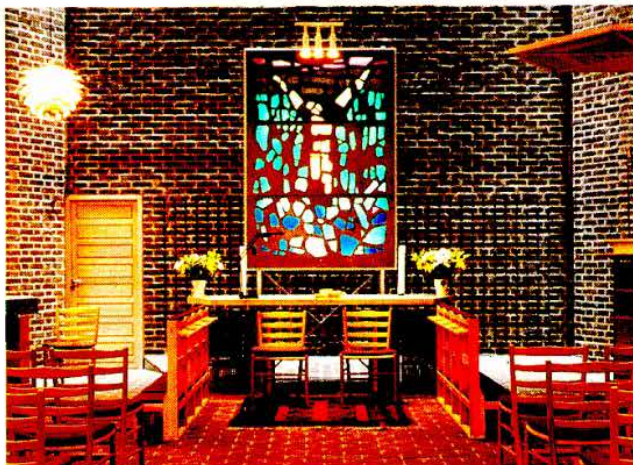
DN format og petringer		70 mm sten på kant		Rulleskifter		Bredsten på kant		Standerskifter	
Sten:	55 mm	Sten:	70 mm	Sten:	108 mm	Sten:	168 mm	Sten:	228 mm
Fuge:	12 mm	Fuge:	13 mm	Fuge:	12 mm	Fuge:	10 mm	Fuge:	12 mm
Skifte:	67 mm	Skifte:	83 mm	Skifte:	120 mm	Skifte:	178 mm	Skifte:	240 mm
antal skifter	mm	antal skifter	mm	antal skifter	mm	antal skifter	mm	antal skifter	mm
18	1200			10	1200			5	1200
17	1134	14	1166	9	1080				
16	1067	13	1083			6	1067		
15	1000	12	1000	8	960			4	960
14	934	11	916			5	890		
13	867	10	833	7	840				
12	800	9	750	6	720	4	712	3	720
11	734	8	667						
10	667	7	583	5	600				
9	600	6	500	4	480	3	534	2	480
8	534	5	417						
7	467	4	334	3	360	2	356		
6	400	3	250	2	240			1	240
5	334	2	167			1	178		
4	267	1	83	1	120				
3	200								
2	134								
1	67								
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Gl. Holte kirke

Arkitekter:

Halldor Gunnløgsson og Jørn Nielsen
Absorption for denne teglvæg beror på de åbne studsfuger. Her er der senere foretaget en finregulering ved at udfylde nogle af de åbenstående studsfuger.



Svømmehal ved Sofiedalsskolen i Skalborg

Arkitekt Henning B. Agesen.



Tilbygning til maskinfabrik i Agerskov

Bygherre: EPOKE A/S Alfred Thomsen

Arkitekt: Jacob Mortensen

Maskinfabrikken er udført med bærende søjle/drager-konstruktion af jernbeton med ydervægge af tegl.

Bagmuren består af mangenhulsten i dobbelt højde muret på kant, altså normal 1/2-slens vægtykkelse. Denne bagmurstype blev valgt for at få reduceret støjniveauet i hallen mest muligt. Bygherren valgte endvidere det murede byggeri ud fra de erfaringer, der var gjort ved en række om- og tilbygninger, idet man gerne fortsat ville være frit stillet ved evt. udvidelser og ombygninger.

