



## 0 GENERELT

01 Dette bladet beskriver hvilke hensyn som må tas ved prosjektering av lydforhold i skoler. De krav som stilles, er regulert gjennom byggeforskriftene, krav fra Røyk-skaderådet og rundskriv fra Miljøverndepartementet. Bladet tar sikte på å angi konstruksjoner og prinsipper som vil tilfredsstille disse kravene.

02 Hensikten med bladet er å trekke fram og belyse de faktorer som bestemmer lydforholdene i skoler, med henvisninger til andre byggdetaljblad som viser mere detaljerte løsninger.

Ved planlegging av skoler vil det være en rekke hensyn å ta for å skape et godt fysisk miljø omkring skolevirk-somheten. To fundamentale krav stilles til det akustiske klimaet:

- Undervisningslokalene skal overalt by de best mulige forhold for oppfattelse av tale. Dette har med den akustiske reguleringen av de enkelte rommene å gjøre.
- Lydoppfattelsen må ikke sjeneres av andre lyder, hvilket bestemmes av skillekonstruksjonenes lydiso-lasjonsegenskaper.

Bladet viser hvilke hensyn som må tas til akustikk og lydisolasjon under prosjektering av vanlige klasserom, skolelandskap, spesialrom og såkalte flerformålssaler.

## 03 Henvisninger

Følgende byggdetaljblad har tilknytning til dette bladet:

G 421.423 Skjermer mot støy. Beregningsgrunnlag

G 421.425 Isolering mot utendørs støy. Beregnings-metode

A 523.421 Lydisoleringsegenskaper for yttervegger, vinduer og ventiler. Prosjekterings- og ut-bedringsanvisninger

A 524.323 Lydisolering av vegg mellom undervis-ningsrom i skoler. Eksempler på forbedring

A 527.305 Lydregulering i skoler

## 1 FORSKRIFTENES KRAV

Forskriftenes krav uttrykkes enten som et funksjonskrav med krav til maksimalt tillatt støynivå eller til etter-klangstiden, eller som et ytelseskrav med krav til skille-konstruksjonenes lydegenskaper. Nedenfor følger de viktigste kravene som angår lyd og støy.

## 11 Utendørs støynivå

111 Vegtrafikkstøy. Rundskriv T 8/79 fra Miljøverndeparte-

mentet [721] gir følgende retningslinjer for støynivå som planleggingsgrunnlag:

- Ekvivalent støynivå utenfor skolen  $< 50-55$  dB(A). Støynivå mellom laveste og høyeste verdi kan godtas i spesielle tilfeller, men høyere enn øverste støygrense «anbefales ikke».

112 Flystøy. Forslag til retningslinjer for arealutnyttelse til utbyggingsformål innenfor støysoner rundt flyplasser er gitt i [722]. Her angis veiledende støygrenser for ulike byggeformål innendørs og utendørs. Grensene er angitt som ekvivalent og maksimalt flystøynivå (EFN og MFN).

113 Industristøy. Retningslinjer for begrenning av indu-stristøy m.m.

Røyk-skaderådet (1975) setter som krav i områder med undervisningslokaler:

|                     | Dag           | Kveld         | Natt          |
|---------------------|---------------|---------------|---------------|
|                     | kl. 0600–1800 | kl. 1800–2200 | kl. 2200–0600 |
| Ekvivalent støynivå | 50 dB(A)      | 45 dB(A)      | 40 dB(A)      |

Kravet er noe strengere enn for vegtrafikkstøy.

## 12 Innendørs støynivå

121 Byggeforskriftene stiller følgende ytelseskrav til skille-konstruksjoner i skoler:

Luftlydisolasjon

Mellom undervisningsrom samt mellom undervisningsrom og andre rom:

Horisontalt .....  $I_a \geq 48$  dB

Vertikalt og diagonalt .....  $I_a \geq 51$  dB

Mellom undervisningsrom og felles gang

atskilt med dør .....  $I_a \geq 34^1)$

Mellom undervisningsrom atskilt med dør  $I_a \geq 39^2)$

Mellom rom for gymnastikk, sang, musikk

eller tre- og metallsløyd og andre under-

visningsrom .....  $I_a \geq 60$  dB

1) Det skal nyttes dør av minst lydklasse 30 dB. Veggen for øvrig skal ha en verdi for  $I_a$  på minst 48 dB.

2) Det skal nyttes dør av lydklasse 35 dB. Veggen for øvrig skal ha en verdi for  $I_a$  på minst 48 dB.

Trinnlydisolasjon:

Fra undervisningsrom til undervisnings-

rom og andre rom .....  $I_i \leq 68$  dB

Fra felles gang, trapperom, trapp o.l.

til undervisningsrom .....  $I_i \leq 63$  dB

Fra rom for gymnastikk, sang, musikk

eller tre- og metallsløyd til andre under-

visningsrom .....  $I_i \leq 54$  dB

122 Støynivå. I undervisningsrom skal støynivået fra tekniske installasjoner målt i møblert, men for øvrig tomt rom, ikke overstige 35 dB(A).

### 13 Etterklangstid

Byggeforskriftene setter også krav til etterklangstiden i forskjellige rom til undervisningsformål. For vanlige klasserom skal etterklangstiden ha en gjennomsnittsverdi som ligger mellom 0,6 og 0,9 sek. i frekvensområdet 125–2000 Hz.

Det stilles også krav til etterklangstiden i spesialklasserom for hørsels- og synshemmede, i gymnastikksaler og svømmehaller og i trapperom/felles gang.

### 14 Lydkrav til ytterveggskonstruksjoner

Byggeforskriftene gir bygningsrådet i de enkelte kommunene anledning til å stille lydkrav til ytterveggskonstruksjoner når skolen ligger i et område som er særlig utsatt for utendørs støykilder.

## 2 STØYPROBLEMER I SKOLEBYGG

I en undervisningssituasjon vil forstyrrelser og støysjenanse enten ha årsak i innendørs eller utendørs støykilder. Dette er illustrert ved en enkel skisse i fig. 2.

Utendørs vil elever/undervisning kunne bli sjenert av vegtrafikkstøy, flystøy og støy fra industrivirksomhet. Innendørs vil undervisningen være sjenert av støy fra andre klasserom, spesialrom, korridor, fra skolegården, fra ytre støykilder (bil, fly) og fra aktiviteter i eget undervisningsrom.

For å kunne oppnå et godt akustisk klima som vil tilfredsstille forholdene både innendørs og utendørs, vil det i mange situasjoner være gunstigere å fordele aktivitetene i flere bygninger og fløyer enn å samle hele skolen i en bygning.

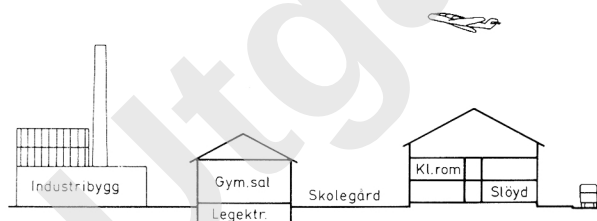


Fig. 2

Støysjenanse utendørs

1. Vegtrafikkstøy
2. Flystøy
3. Industristøy

Støysjenanse innendørs

1. Støy fra andre klasserom
2. Støy fra spesialrom
3. Støy fra korridor
4. Støy fra skolegård
5. Støy fra veg, fly, industri
6. Støy fra aktiviteter i eget undervisningsrom
7. Støy fra tekniske installasjoner

## 3 PLANLEGGING M.H.T. YTRE STØYKILDER

Ved planlegging er det særlig to hensyn som står sentralt:

- Undervisningsrom skal ikke sjeneres av støy utenfra.
- Aktiviteter på skolen skal ikke sjenere skolens naboer, særlig hvis disse er sykehjem, rekreasjonshjem o.l.

Grundig kartlegging av eksisterende støykilder som vegtrafikk, flytrafikk, industrivirksomhet etc. og kjennskap til mulige fremtidige utbygginger må derfor legges til grunn når byggetomten velges. Skolen bør i utgangspunktet legges så langt fra disse støykildene at avstandsdempingen blir tilfredsstillende. I dagens situasjon med mangel på tomter, særlig i pressområdene, må avstandene til støykildene kortes inn. Det er da viktig å utnytte de topografiske forholdene, skjermer og bruk av skolens enkelte enheter/fløyer slik at disse formes som en del av en skjerm.

### 31 Støyskjerming

Med bruk av støyskjermer (2–3 m høy) kan det oppnås en skjermingseffekt av størrelse 6–10 dB(A). Dette avhenger imidlertid av flere faktorer, høyde, lengde, plassering av skjerm, skjermmateriale, skjermens tetthet samt reflekterende flater i nærheten av skjermen. Utnyttelse av vegetasjon gir vanligvis liten støydempingseffekt.

Det finnes flere forenklete beregningsmetoder for å bestemme skjermdempingen. Det vises til byggdetaljblad G 421.423.

### 32 Plassering av skolens forskjellige enheter

Skolens atskilte enheter med støyskapende virksomhet som f.eks. gymnastikksal, skolekjøkken o.l. plasseres nærmest støykilden, se fig. 32 a.

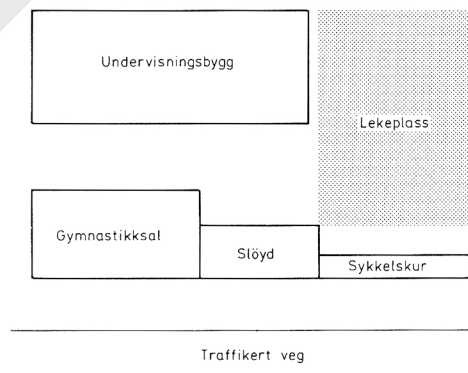


Fig. 32 a

«Støyskapende» enheter/fløyer kan legges som en lydsjerm mot en trafikkert veg.

Dersom en del av undervisningsbygget likevel må legges mot en støykilde, bør planløsningen utformes slik at sekundærrom vender mot støykilden.

Dersom en støykilde ligger nær utenfor et undervisningsrom, må ytterveggskonstruksjonene med vinduer prosjekteres så de gir nødvendig demping. En normal lett yttervegg med vindu vil ha en lydisolasjonsevne mot vegtrafikkstøy på 25–30 dB(A). Eventuell forbedring av veggens lydisolasjon blir m.a.o. aktuell når det utendørs støynivået 2 m fra fasaden overstiger ca. 60 dB(A) (ekvivalent over døgnet). En fasades lydisolerende evne er i første rekke bestemt av vinduene lydisolerende egenskaper, utettheter/lekkasjer rundt disse og av ventilasjonsåpninger. Når det stilles strengere krav, vil selve veggene være kritisk. For flystøy vil imidlertid også tak, pipeløp o.l. være mulige lydveger.



En beregning av resulterende lydisolasjon kan utføres etter skjemaer og diagrammer som er gitt i byggetalblad G 421.425.

Spesielt godt lydisolerende vinduer er bare effektive når de er lukket. Det betyr at det må brukes et ventilasjonsanlegg som fører tilstrekkelig friskluftmengde til de enkelte rom selv på de varmeste dagene og med vinduene lukket. Vinduene bør være fastmontert fordi det selv med bruk av riktige tettelisten sjelden oppnås samme resultat som det de fast monterte vinduene gir. I et klasserom som ligger utsatt til, bør derfor alle vinduene unntatt ett (eller en lufteluke) være fast montert. Det ene vinduet kan brukes til lufting i frikvarterene.

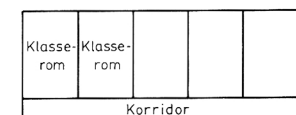


Fig. 32 b  
Planløsning med en korridor mot støykilden

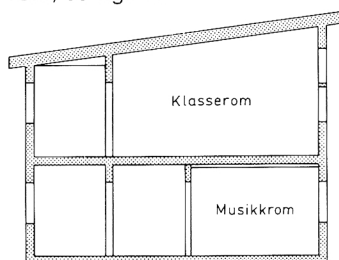
#### 4 SKOLENS PLANLØSNING

Det er viktig å velge en fornuftig planløsning ut fra akustiske hensyn, fordi det da kan bli betydelig billigere å oppfylle kravene til lydisolasjon. Bladet forsøker ikke å skissere noen ideell planløsning i den hensende, men nevner en rekke forhold man må ta hensyn til ved planløsningen.

Den viktigste lydtekniske regelen er at rom med støyende aktiviteter legges lengst mulig unna rom som krever lavt støynivå. Sløydrom, skolekjøkken, sangrom, gymnastikksal og svømmehall bl.a. regnes som særlig støyende. De rom som krever lavt støynivå, er først og fremst vanlige undervisningsrom, lesesal, lærerværelse, bibliotek, legeværelse osv.

#### 41 Sang- og musikkrom

Sang- og musikkundervisning bør alltid legges til et eget lokale, godt isolert fra annen undervisning. Det er praktisk talt umulig under normale forhold å oppnå så god lydisolasjon at sang i ett rom ikke virker sjenerende i naborommet. Som et eksempel gjengis erfaringer fra en skole der musikkrommet ligger under et vanlig klasserom, se fig. 41.



Vertikalsnitt

Fig. 41  
Skillekonstruksjonen mellom musikkrommet og klasserommet tilfredsstiller kravet  $I_a = 60$  dB. Likevel var det vanskelig å undervise i klasserommet hvis det samtidig var sang med rytmeinstrumenter i rommet under.

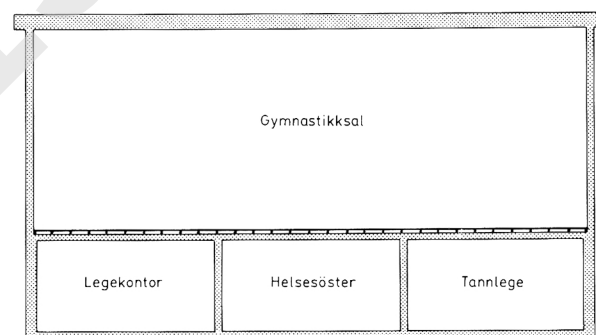
#### 42 Sløydrom

Plasseringen av sløydlokale bør overveies nøye. I tillegg til den vanlige luftflyden som kan oppstå, vil man også få konstruksjonslyd fra enkelte av redskapene og maskinene som brukes. Disse vibrasjonene kan overføres via den bærende bygningskonstruksjonen til alle rommene i skolen. Konstruksjonslyden kan til en viss grad hindres i å forplante seg ved å montere maskinene på elastiske mellomlegg eller ved å legge golvet flytende. Golv i sløydrom bør være tregolv, slik at den sistnevnte løsningen vil være å foretrekke. Det vises til byggetalblad A 522.515. Sløydlokalet bør fortrinnsvis plasseres i underetasjen, men det beste er å legge slike rom i en egen fløy, uavhengig av resten av skolebygningen.

#### 43 Gymnastikksal

Når barn løper og hopper på golvet, vil konstruksjonslyd i form av trinnlyd lett bre seg i bygningsstrukturen. Mellom gymnastikksal og undervisningsrom bør man derfor legge sekundære rom – lager, omkleddingsrom, korridor o.l. Det beste er imidlertid å plassere gymnastikksalen for seg selv, uavhengig av skolebygningen for øvrig.

Legkontoret bør plasseres slik at lege og pasient ikke blir forstyrret av støy. Sangrom, sløydlokale, gymsal og fyrrrom er typiske eksempler på uheldige naborom til legkontor.



Vertikalsnitt

Fig. 43  
Selve skillekonstruksjonen består av 180 mm betong oppført med et idrettsgolv på elastiske gummiklosser. Trinnlydindeksen er målt til  $I_t = 45$  dB, dvs. vesentlig under forskriftenes krav. Likevel ble både lege og tannlege sterkt forstyrret.

#### 44 Tekniske rom

De fleste moderne skoler i dag utstyres med ventilasjonsanlegg. Forskriftene setter ingen spesielle krav til skillekonstruksjonene mot slike rom, men støynivået fra tekniske installasjoner må ikke overstige 35 dB(A). Ved planløsning av skoler er det viktig at slike rom ikke legges mot støyømfintlige rom, slik at spesialkonstruksjonen må brukes.

#### 45 Plassering av dører

Av branntekniske årsaker, eller ut fra mer generelle planmessige vurderinger, plasseres i visse fall en dør i skilleveggen mellom to klasserom. Dette tillates i forskriftene, og lydkravet til slike vegger reduseres med 9 dB. Dette fører til mindre bruksverdige rom da en lydisolasjon på  $I_a = 39$  dB må betraktes som meget dårlig og bør unngås.

I den senere tiden har mange skoler blitt planlagt med større foldedører (vegger) mellom to og to undervisningsrom for å kunne øke fleksibiliteten, utnytte rommene til flere formål. Se fig. 45. Ofte oppfattes da forskriftenes krav som  $I_a = 39$  dB, mens NBI vil hevde at hovedkravet på  $I_a = 48$  dB bør gjelde.

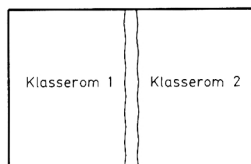


Fig. 45

To klasserom som er atskilt med en foldevegg, bør utformes med to enkle foldevegger med mellomliggende sluse på 0,3–0,5 m for å tilfredsstille kravet til  $I_a = 48$  dB. En enkel foldevegg vil vanskelig tilfredsstille selv kravet til  $I_a = 39$  dB.

## 5 LYDISOLASJON MELLOM DE FORSKJELLIGE ROMMENE

Skillekonstruksjonens lydisolerende evne er avhengig av flere forhold der tyngde, stivhet og oppbygging av konstruksjonen er avgjørende faktorer. De tilstøtende konstruksjoner med knutepunkt detaljer og faren for lydoverføring via ventilasjons-anlegg må også vies stor oppmerksomhet for at tilfredsstillende resultater skal oppnås.

Vi vil her, for oversiktens skyld, vise aktuelle skillekonstruksjoner som under «normale forhold» vil tilfredsstille forskriftenes krav. «Normale forhold» forutsetter at knutepunkt detaljene er fornuftig utført og at den håndverksmessige utførelsen er god. De angitte konstruksjonene vil ved målinger i et større byggeprosjekt ha gjennomsnittsverdier som er 1–2 dB bedre enn lydklassekravet.

Det er også angitt hvilke brannkrav de forskjellige skillekonstruksjonene tilfredsstiller.

- 51 Mellom undervisningsrom, vertikal lydveg  
Byggeforskriftene setter som lydkrav at  $I_a > 51$  dB og  $I_i < 68$  dB, og som brannkrav klasse A 60.

- 511 *Tunge etasjeskillere*. Plastøpt betong samt betongelementer kan tilfredsstille kravene hvis det legges ut et trinnlyddempende belegg i tillegg. Eksempler er vist i fig. 511 a og b.

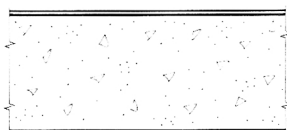


Fig. 511 a

Minst 160 mm betongdekke med trinnlyddempende belegg av vinylfyll, vinylskum, nålefyll eller parkett på korksmulepapp e.l.

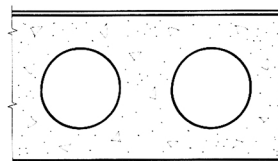


Fig. 511 b

Betongelement med flatevekt minimum 320 kg/m<sup>2</sup> inkl. pussavretting  
Trinnlyddempende belegg som i fig. 511 a

## 512 *Tunge etasjeskillere m/flytende golv eller nedfôret himling*

Lettere bærekonstruksjoner kan brukes hvis det i tillegg benyttes flytende golv eller nedfôret himling. Eksempler er vist i fig. 512 a og b.

Et alternativ til den nedfôrede himlingen er å montere himlingen elastisk til etasjeskilleren, se blad A 522.512.

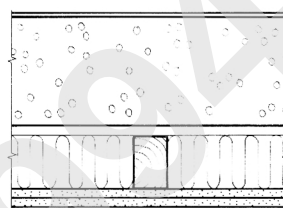


Fig. 512 a

150 mm lettbetongelementer i kombinasjon med frittstående nedfôret himling. I hulrommet er det 75 mm mineralull, og kledningen må være klassifisert som A 10 (f.eks. 13 mm gipsplater). Trinnlyddempende belegg på oversiden

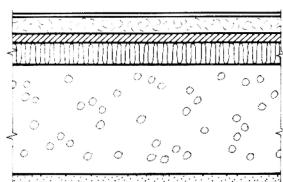


Fig. 512 b

Bærekonstruksjon som i fig. 512 a, men med tilleggskonstruksjon av lett, flytende golv  
Oppbygging av lette, flytende golvkonstruksjoner er angitt i byggedetaljblad A 522.515

- 513 *Lette etasjeskillere*. Det kreves brannklasse minimum A 60. Trebjelkelag og sponplater kan ikke brukes. Ved bruk av bærebjelker av tynnplateprofiler av stål samt brannklassifiserte golvplater e.l., kan lette etasjeskillere brukes. En prinsippskisse er vist i fig. 513.

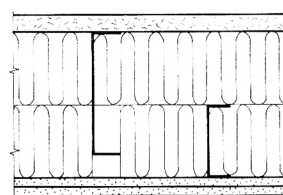


Fig. 513

Etasjeskillere med hovedbjelkelag og sekundærbjelkelag av tynnplateprofiler av stål. Golvplatene kan bestå av sementsponplater eller tilsvarende klassifiserte plater og himling av to lag 13 mm gips eller tilsvarende.



52 Mellom undervisningsrom, horisontal lydveg  
Byggeforskriftene setter som lydkrav at  $I_a > 48$  dB og som brannkrav A 60 (B 60 for branncellebegrensende vegger).

521 *Massive vegger*. Plasstøpt betong, visse typer lettklinkerbetong og 1/2-steins tegl med puss på begge sider kan alle tilfredsstille kravet til lydisolasjon. Tunge dobbeltvegger er lite aktuelt mellom vanlige undervisningsrom da disse også krever separate fundamenter.

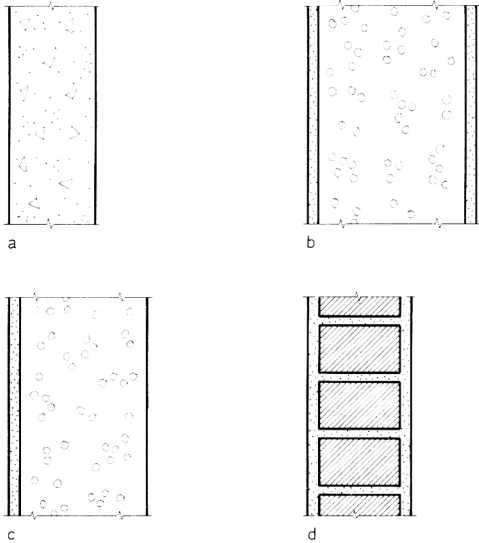


Fig. 521

- a) 120 mm betong
- b) 200 mm lettklinkerbetong ( $770 \text{ kg/m}^3$ ) med puss på minst 1 side
- c) 175 mm lettklinker ( $1300 \text{ kg/m}^3$ ) med puss på en side
- d) 1/2-steins tegl med 15 mm puss på begge sider

522 *Lette dobbeltvegger*. En rekke varianter av lette dobbeltvegger kan tilfredsstille kravene både til brann- og lydisolasjon. I fig. 522 er det vist noen eksempler med gipsplater som kledning. Der det er to lag kledning, kan det ene gipsplatelaget erstattes med 12 mm sponplate eller halvhard trefiberplate. Der det er bare en plate, må kledningen være brannklassifisert (A 20).

53 Mellom undervisningsrom med dør

Er det dør i en vegg, vil lydreduksjonstallet for hele skilleflaten være bestemt av dørens reduksjonstall pluss et tillegg for selve vegg. Kjenner man selve veggens og dørens reduksjonstall hver for seg, kan det resulterende reduksjonstallet beregnes. Byggeforskriftene har tatt hensyn til dette ved å kreve  $I_a > 39$  dB når det er dør mellom undervisningsrom, og med sekundærkrav at døren skal være av lydklasse 35 dB og vegg for øvrig  $I_a > 48$  dB. Ved planlegging anbefaler imidlertid NBI at det ikke settes inn dør, foldedør eller foldevegg mellom to undervisningsrom, se pkt.44.

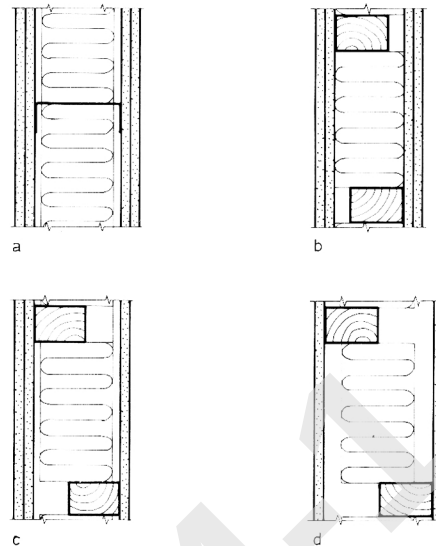
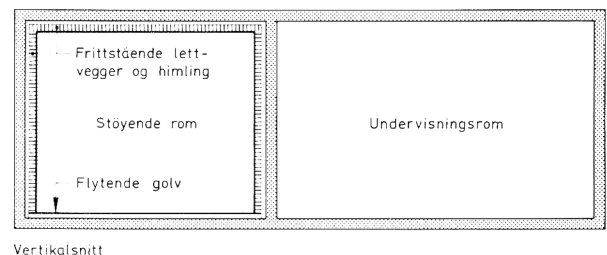


Fig. 522

- a) To lag gipsplater på hver side av felles stendere (tynnplateprofiler av stål, 100 mm min. ull. Innvendig avstand 120 mm)
- b) To lag gipsplater på hver side av separate stendere (stål eller tre). Hulrommene, 95 mm, fylt med mineralull
- c) Som b, men bare ett lag gipsplate på den ene siden. Innvendig avstand må økes til 120 mm.
- d) Som b, men bare ett lag gipsplater på begge sider. Innvendig avstand må økes til 150 mm.

54 Mellom undervisningsrom og spesialrom

Byggeforskriftene setter som lydkrav at mellom undervisningsrom og rom for gymnastikk, sang, musikk eller tre- og metallsløyd skal luft- og trinnlydisolasjonen være henholdsvis  $I_a > 60$  dB og  $I_l < 54$  dB. Slike krav krever spesialkonstruksjoner der både skillekonstruksjon og flankerende konstruksjoner blir nøye vurdert. Se fig. 54. Det henvises også til byggdetaljblad A 527.308 som angir prinsipp-løsninger ved prosjektering. I praksis vil det ofte være bedre å endre planløsningene, f.eks. ved å legge sekundære rom imellom som buffersoner.



Vertikalsnitt

Fig. 54

Eksempel på hvordan et støyende rom er atskilt fra et undervisningsrom ved både en god hovedkonstruksjon (180 mm betong) og ved at det er bygd et rom i rommet ved hjelp av et flytende golv og frittstående lettvegger og himling

## 55 Mellom spesialrom

Byggeforskriftene spesifiserer ikke hvilke krav som gjelder mellom to spesialrom, f.eks. mellom to sløydrom eller mellom en gymnastikksal og et musikkrom. Mins-tekravet på  $I_a > 48$  dB bør i alle tilfeller gjelde. I praksis bør det kreves en lydisolasjon som er tilpasset de akti-vitetene som skal foregå i de to naborommene. Kravene vil da ligge mellom  $I_a = 48$  dB og  $I_a = 60$  dB.

*Eksempel*

Det er ønskelig å legge flere små musikkøvingsrom som krever meget god lydisolasjon ( $I_a > 60$  dB), ved siden av hverandre ved å bygge hver enhet for seg, fullstendig elastisk opplagret fra resten av bygningen. Det bør imidlertid påpekes at også riktig valg av dør med tettelist og en kraftig neddemping av korridoren er viktige faktorer for at en person som øver, ikke skal bli forstyrret av en i naborommet.

Fig. 55 viser hvordan maksimal lydisolering kan oppnås ved å bygge øvingsrommene som fullstendig atskilte enheter.

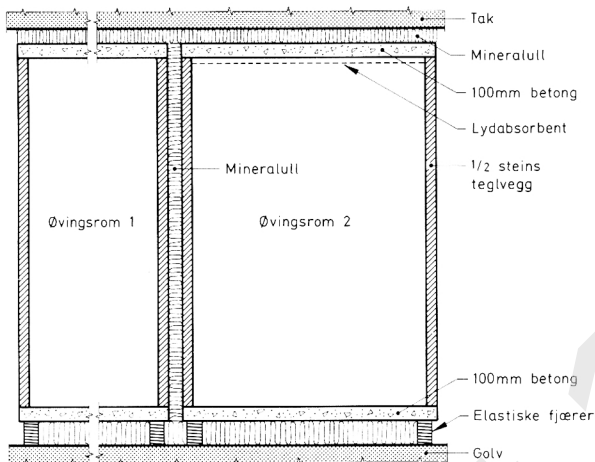


Fig. 55

Maksimal lydisolasjon kan oppnås ved å bygge øvingsrommene som fullstendig atskilte enheter.

## 6 AKUSTISK REGULERING AV FORSKJELLIGE ROM

I skoler med tradisjonell undervisning, med en skole-klasse i hvert sitt rom, vil man være tilfreds med de akustiske forholdene når klasserommene er tilstrekke-lig avdempet og lydisolasjonen mellom dem oppfyller byggeforskriftenes krav.

Åpen planløsning er i løpet av de siste årene blitt svært alminnelig og anvendes nå i mange nye skoler. Graden av «åpenhet» kan variere sterkt, fra moderat åpen skole hvor den vesentlige delen av undervisningen foregår i tradisjonelle klasserom, til helt åpne skoler hvor all undervisning – bortsett fra spesialrom for musikk, sløyd o.l. – finner sted i ett og samme rom eller skolelandskap.

## 61 Vanlige klasserom

Gode akustiske forhold i et klasseværelse innebærer først og fremst at lyden fordeles jevnt over hele rommet og at talen oppfattes godt.

Klasserommet bør være rektangulært og etasjehøyden ikke for stor; kubisk utformede rom bør unngås. Et nor-malklasserom på ca. 65 m<sup>2</sup> bør være minimum 3, mak-simum 4 m høyt.

De viktigste faktorene i denne forbindelsen er etter-klangstiden, utnyttelsen av reflekterende flater og støy-nivået. Prøver har vist at etterklangstiden bør være 0,5–0,6 sek.når rommet er i vanlig bruk for at ordene skal

oppfattes tydelig. Dette tilsvarer en etterklangstid på ca. 0,8 sek.når rommet er tomt for mennesker. Etterklangs-tiden bør ikke avvike vesentlig fra disse verdiene i fre-kvensområdet 125–2000 Hz. Vi viser til byggdetaljblad A 527.305 som angir hvordan etterklangstiden kan be-regnes og hvor lydreflekterende og absorberende flater bør plasseres i klasserommet. Når det gjelder støy-nivået fra tekniske installasjoner, krever forskriftene at dette samlet ikke skal overstige 35 dB(A). Ved prosjektering anbefales det å ta 30 dB(A) som et utgangspunkt.

## 62 Skolelandskap

Skolelandskapet er beregnet for selvstudier for den en-kelte elev og arbeid i grupper på høyst 10–12. Flere grupper og individer skal kunne utnytte landskapet samtidig uten å forstyrre hverandre. Antallet elever og grupper vil variere i løpet av dagen. Både planløsningen og undervisningsopplegget medfører ofte større uroligheter enn ved konvensjonell undervisning. Dette innebærer at det må stilles visse minimumskrav til selve lokalet. Det er imidlertid viktig å understreke at under-visning for større grupper, eller arbeid som krever mindre støyende omgivelser, bør henlegges til andre lokaler – vanlige klasserom, mindre grupperom eller spesialrom. De kan plasseres rundt om skolelandska-pet. (Som nevnt i punkt 4 skal lokaler med mer støyende aktiviteter som sløydrom o.l., plasseres i god avstand fra skolelandskapet.)

I tillegg til de rent akustiske kravene må man også sette visse funksjonelle krav. For å eliminere visuelle og akustiske forstyrrelser kreves en stor flate, helst større enn 400 m<sup>2</sup>, og formen bør være tilnærmet kvadratisk. De faktorer som i første rekke er med på å bestemme det akustiske miljøet i et skolelandskap, er bakgrunns-støyen, etterklangstiden og avstandsdempingen.

621 *Bakgrunnsstøyen* skal være så lav at den ikke forstyrrer samtale og kommunikasjon innenfor den enkelte grup-pen. Samtidig skal den være såpass høy at man ikke forstyrres av tale fra andre grupper i nærheten. Bak-grunnsstøyen skal «maskere» direkte lyd fra nærliggen-de aktiviteter. Dette betyr en vanskelig balansegang for å oppnå det beste resultatet.

Bakgrunnsstøyen bør være høyere i et skolelandskap enn i et vanlig klasserom. Den skal være jevnt fordelt i hele landskapet samtidig som den bør ha en frekvens-fordeling som tilsvarer ca.6 dB senking av lydnivået pr. oktav ved økende frekvenser. Rene toner må ikke fore-komme.

Når mange personer arbeider med ensartede oppgaver i samme rom, oppstår en relativt jevn bakgrunnsstøy. I et skolelandskap varierer denne mellom 40–45 dB(A), av-hengig av hva slags virksomhet som foregår. Er rommet dårlig akustisk avdempet, kan lydnivået bli vesentlig høyere.

Er det få elever i rommet, bestemmes bakgrunnslyden vanligvis av ventilasjonsstøyen. Ved beregning av ven-tilasjonsstøyen må man ta hensyn til den samlede effekten som oppstår fra vifter, i kanaler og gjennom kanalvegger, ventiler og spjeld, samt antall ventiler i rommet. Erfaringer fra kontorlandskap og skoleland-skap med tilfredsstillende akustiske forhold viser at bakgrunnslyden fra ventilasjonsanlegget vanligvis lig-ger mellom 37 og 42 dB(A).



622 *Etterklangstiden* skal være kort for å oppnå størst mulig avstandsdemping. Arbeid i forholdsvis små grupper vil da være mest hensiktsmessig slik at avstanden mellom taler og tilhører ikke blir større enn at normal stemmebruk er tilfredsstillende. Den innbyrdes avstanden mellom gruppene og mellom grupper og individer kan dermed også minskes.

I et skolelandskap er det ønskelig med en etterklangstid  $T < 0,3-0,4$  sek. Dette innebærer at først og fremst må himlingen være sterkt lydabsorberende. Det gjelder hele rommets takflate. Bare flater som er nødvendig for belysningsarmaturer og ventilasjonsåpninger er unnatt.

Resultater fra målinger av etterklangstiden i landskapslokaler som er godt avdempet, vil gjerne være noe unøyaktige. Grunnen er at det ikke er et diffust lydfelt – lydnivået i slike rom vil m.a.o. variere sterkt med avstanden fra lydkilden. Men resultatene gir likevel en god rettleiding for vurdering av de akustiske forholdene i lokalet.

Etterklangstiden kan beregnes etter Sabines formel  $T = 0,16 V/A$ . For å oppnå  $T < 0,4$  sek. ved f.eks. 500 Hz, må både himlingen og golvbelegget være lydabsorberende. I tillegg må etasjehøyden være mindre enn 3,5 m. Minimumskravet som bør stilles til den lydabsorberende himlingen, er at den har en absorpsjonsfaktor i henhold til klangrommetoden på  $\alpha > 0,90$  i frekvensområdet 500–2000 Hz. Ved høyere og ved lavere frekvenser kan noe lavere verdi aksepteres. Egnede produkter er gjengitt i [722]. I skolelandskap der rombredden er liten,  $< 15$  m, vil det også være nødvendig at veggene gjøres lydabsorberende. Veggkledninger av typen spaltepanel, hulltegl, upusset lettklinkerbetong o.l. må da velges og må også tåle de mekaniske påkjenningene en slik vegg vil bli utsatt for i en skole.

En annen måte å øke absorpsjonsmengden i rommet på, er å stille opp lydskjærmer.

Lydskjærmer er i prinsippet bygget opp av en tett, lyd-isolerende plate i midten og med en lydabsorberende kledning på hver side. Skjermene bør slutte tett til ved golvet og ha en høyde på 1,6–2,0 meter, avhengig av etasjehøyden i rommet. De bør være lett mobile slik at de uten vanskeligheter kan flyttes etter behov. Det kan i tillegg være behov for soneinndeling med høyere skjærmer.

623 *Avstandsdemping*. I store, godt avdempede rom, f.eks. skolelandskap, vil lyden utbres på en annen måte enn i mindre godt avdempede rom. I et kraftig avdempet rom vil lydnivået avta med 4–6 dB pr. avstandsdobling. Dette gjelder bare dersom avstanden mellom lydkilden og nærmeste reflekterende vegg er mer enn 10–15 meter. Er avstanden mindre, må også veggene være lydabsorberende om man skal oppnå tilsvarende demping.

#### Eksempel

En lærer A snakker med en stemmestyrke på ca. 65 dB(A) i 1 m avstand. Bakgrunnsstøyen i rommet er 45 dB(A). Læreren stemmestyrke utover i lokalet vil avta som følger:

| Avstand | 1 m      | 2 m      | 4 m      | 8 m      | 16 m     | 32 m     |
|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Styrke  | 65 dB(A) | 60 dB(A) | 55 dB(A) | 50 dB(A) | 45 dB(A) | 40 dB(A) |

For at en elev skal kunne oppfatte hva læreren sier, bør læreren stemme være 10 dB over bakgrunnsstøyen. En elev bør derfor ikke sitte lenger enn 4 m unna læreren.

Dersom det også er en annen elevgruppe i samme rom, bør lærer A's stemmestyrke ligge noe under bakgrunnsstøyen. Læreren avstand til den andre gruppen bør være større enn 20 m.

På grunn av den forstyrrende innvirkningen grupper på 4–10 elever har på hverandre, bør persontettheten i lokaler av dette slaget ikke overstige 0,25 personer pr. m<sup>2</sup> bruttoflate. Da «befolkningen» i skolelandskapet rimeligvis ikke kommer til å overstige 75 %, kan man som dimensjoneringsgrunnlag forutsette 0,35 personer pr. m<sup>2</sup> bruttoflate. Erfaringer fra skolelandskap og kontorlandskap viser imidlertid at dette tallet må betraktes som maksimalt.

Elevgrupper som er plassert i nærheten av hverandre og driver med forskjellige virksomheter, vil til en viss grad forstyrre hverandre. Skolelandskapet bør derfor disponeres slik at grupper med likeartet virksomhet plasseres i nærheten av hverandre. Ønskes større fleksibilitet, må man kalkulere med et mindre antall personer pr. m<sup>2</sup>.

Bruk av lydskjærmer mellom de enkelte gruppene er en effektiv måte å øke avstandsdempingen på. Effekten av en lydskjerm er imidlertid avhengig av at den ikke står ved en reflekterende, flankerende flate (vegg eller himling).

#### 63 Spesialrom

631 *Musikkrom*. Sangrom skal lydreguleres slik at sangen lyder godt og det er lett å synge i rommet. Etterklangstiden bør ligge i området 0,8–1,2 sek, selvfølgelig avhengig av rommets form og størrelse. Dersom et sangrom dempes ned for mye, vil det virke «tørt og tungt». Piano eller flygel må være vibrasjonsisoleret fra golvet. Det kan gjøres med gummiknotter som har en sammentrykning på minst 1–2 mm ved belastning.

632 *Svømmehall*. Det vises til byggdetaljblad A 527.303 Lydregulering og støyreduksjon i svømmehaller.

633 *Gymnastikksal*. Det vises til byggdetaljblad A 527.304 Lydregulering og støyreduksjon i idrettshaller. Dersom gymnastikksalen også skal brukes til andre formål som teater, musikk etc., henvises det til pkt. 64. For å hindre ekko fra kortvegg, bør denne gjøres lydabsorberende.

#### 634 Andre spesialrom

- Skolekjøkken
- Sløysaler
- Håndarbeids- og maskinskrivingssaler
- Kantine
- Mediatek (bibliotek og lesesaler)

I alle disse lokalene bør etterklangstiden ved fullsatt sal være ca. 0,5 sek.

I de tre førstnevnte spesialrommene må støy fra elevene og fra virksomheten bringes så lavt ned som mulig, bl.a. for å minske den lyden som kan overføres til tilstøtende rom.

I skolekjøkkenet vil matos og fett kunne avsette seg på absorpsjonsmaterialet. Det er viktig å velge materiale som kan tas ned og vaskes eller som tåler slik påkjenning. I slike rom ser man helst at etterklangstiden er kortere enn 0,5 sek.

For bibliotek og lesesal kan etterklangstiden være noe over 0,5 sek; der vil det sjelden oppstå høye støyninger. Dersom kantinen bare skal brukes til bespising, bør rommet dempes sterkt. Skal kantinen også nyttes til andre formål, kommer flere viktige hensyn inn. Se punkt 64.

635 *Trapperom og korridor*. Det vises til byggdetaljblad A 527.307 Støydemping i trapperom og korridorer.



## 64 Flerformålssaler

Med flerformålssaler menes saler som skal brukas til en rekke forskjellige og mangesidige aktiviteter. De vanligste typer flerformålssaler er gymnastikksaler og aulaer i skoler og samlingslokaler i samfunnshus.

Mange slags bruk av salen krever varierende akustisk regulering. Publikum vil utgjøre et vesentlig bidrag til den akustiske absorpsjonen som derfor vil variere med antall menneske i salen. For å oppnå gunstige forhold ved forskjellige aktiviteter, bør det la seg gjere å forandre salens akustikk. To hovemetoder kan da benyttes:

- Ved såkalt varierbar, akustisk absorpsjon, slik at etterklangstiden og lydfordelingen i rommet kan justeres.
- Ved «fast akustikk», men da må man ta hensyn til de forskjellige aktiviteter og krav – og finne fram til et kompromiss.

Følgende forhold er med på å bestemme akustikken i en sal:

- Fordeling av direktelyd og tidlig reflektert lyd
- Diffusitet (jevn fordeling av lyden)
- Etterklangstiden
- Bakgrunnsstøyen.

Det er viktig at romformen som bestemmer fordelingen av direktelyd og refleksjoner, bestemmes først. Med en rektangulær romform oppnås som oftest god akustikk. Verdien for etterklangstiden angir delvis usikkerhetsmarginer, delvis er verdien avhengig av salens volum. Ved små saler (inntil 1000 m<sup>3</sup>) bør man ligge ved nedre grense, ved store (6000 m<sup>3</sup>) ved den øvre.

Gymnastikk og musikk utgjør praktiske ytterpunkter. Ved gymnastikk ønsker man kort etterklangstid, også med et fåtall personer i salen, mens det i musikk er ønskelig med en relativt lang etterklangstid selv når salen er fullsatt.

Det bør presiseres at akustisk prosjektering av flerformålssaler er så komplisert at konsulenter med spesialkompetanse bør trekkes inn på et tidlig stadium.

|            | Ønskelig etterklangstid i sek. med menneske i salen | Direktelyd | Diffusitet    | De akustiske kravenes betydning |
|------------|-----------------------------------------------------|------------|---------------|---------------------------------|
| Gymnastikk | Lav (1,0)                                           |            | Ikke viktig   | Mindre vesentlig                |
| Tale       | 0,7–1,1                                             | Høy        | Mindre viktig | Meget vesentlig                 |
| Konferanse | 0,9–1,1                                             | Moderat    | Viktig        | Vesentlig                       |
| Teater     | 0,7–1,1                                             | Høy        | Mindre viktig | Vesentlig                       |
| Kino       | 1,0                                                 | Høy        | Mindre viktig | Mindre vesentlig                |
| Dans       | Lav (1,0)                                           | –          | Ikke viktig   | Mindre vesentlig                |
| Musikk     | 1,3–2,0                                             | Moderat    | Viktig        | Meget vesentlig                 |

## 7 REFERANSER

71 Dette bladet er skrevet av Pål Cappelen i samarbeid med lydgruppen ved Norges byggforskningsinstitutt. Redaksjonen avsluttet mars 1982.

## 72 Litteratur

721 Rundskriv T 8/79 av 29. august 1979 fra Miljøvern-departementet

722 KROKSTAD, A., PETERSEN, O. K. Ø. og STORHEIER, S. Å. Flystøy. Forslag til måleenheter, beregningsmetode og soneinndeling. ELAB rapport STF44 A81046. ELAB, NTH. Trondheim 1981. Rev. utg. mars 1982.

723 Retningslinjer for begrensning av støy fra industri m.v. Vedtatt på Røykskaderådets møte 2. juni 1975