

HD 617

Alivels

Yrkeshygienisk Institutt

HD 617

STØY OG HØRSELSKADER

Korrigert 1973

Overingeniør Jørgen Jahr

=====  
ooOoo

# Støy og hørselskader

(Korrigert 1973)

Overingeniør Jørgen Jahr, Yrkeshygienisk Institutt, Oslo.

## I. INNLEDNING

Nedsatt hørsel er antagelig den hyppigst forekommende yrkesbetingede skade i industrien. I en større bedrift fant man således at ca. 1/3 av arbeiderne hadde nedsatt hørsel. I virksomheter hvor det er spesielt sterk støy som f.eks. i plateverksteder, må man regne med at alle som til stadighet er utsatt for støyen vil bli hørselskadet hvis de ikke bruker hørselsvern.

Hensikten med dette notatet er å gi det minimum av kunnskaper som er nødvendig for å kunne vurdere resultatene av en støyundersøkelse, og til en viss grad også resultatene av en hørselsundersøkelse.

For dem som bare ønsker en kortest mulig orientering, anbefales det å lese kapittel II, IV, V, VI og VII.

Den mest alminnelig forekommende støy oppstår ved vibrasjoner i et fast legeme, f.eks. ved at de roterende deler i en maskin ikke er helt i balanse slik at maskinen eller deler av denne blir satt i svingninger. Disse svingningene overføres så til luften som lyd-bølger som brer seg utover i rommet inntil de støter mot en vegg eller til svingningene blir så dempet at de ikke lenger kan påvises. Andre støykilder er strømmende gasser eller væsker, spesielt gasser som strømmer ut av en åpning med stor hastighet. Operasjoner som foregår med pressluft gir ofte en høyfrekvent støy som er farlig for hørselen.

Slik støy som er nevnt foran kan være mer eller mindre "kontinuerlig" og den kan spenne over et større eller mindre frekvensområde. Slik støy kan måles med de vanlige "støymålere".

En annen type støy oppstår ved f.eks. eksplosjoner, slag av en gjenstand mot en annen og lignende. Denne type kalles for slagartet støy, og må måles og vurderes på en annen måte enn den kontinuerlige støy.

Støy kan forplante seg gjennom både gasser, væsker og faste stoffer. Når støyen støter på en vegg vil en del bli reflektert eller kastet tilbake fra veggen, en annen del blir absorbert i veggen og en tredje del passerer gjennom denne og kommer ut i luften på den andre siden. Hvor meget som reflekteres, absorberes og går gjennom er avhengig av materialets beskaffenhet. Dette er nærmere omtalt i kapittel IX.

## II. BEGREP OG MÅLEENHETER

De viktigste begrep er lydtryknivå, frekvens, etterklang og eksponeringstid. Før disse forklares må imidlertid lydintensitet og lydtrykk defineres.

Følgende enheter er brukt:

N = Newton = 0,1 kp

W = Watt = Nm/sek.

Hz = Hertz = frekvens = svingninger pr. sek.

dB = decibel = 0,1 Bel

Lydintensiteten  $I$  uttrykkes i  $W/cm^2$  og angir den energi som pr. sekund strømmer gjennom et enhetsareal av lydfeltet eller tilnærmet den effekt som overføres fra støykilden til en  $cm^2$  av f.eks. øret eller et måleinstrument.

Lydtrykk  $p$  er de trykkvariasjoner i luften som overlages atmosfæretrykket og får ørets trommehinne til å bevege seg og gi oss hørselsinntrykket. Lydtrykket angis i  $N/m^2$ .

Frekvensen i Hz angir antall ganger pr. sekund lydtrykket svinger fra høyere til lavere og tilbake til høyere verdi enn atmosfæretrykket. Vårt øre kan normalt oppfatte lyd med frekvens fra ca. 20 000 ned til 16 Hz. Lyd under 500 Hz kalles lavfrekvent, fra 500–1000 Hz mellomfrekvent, fra 1000–8000 Hz høyfrekvent og over 8000 Hz regnes som ultralyd. Vi regner støyen for *bredbåndet* hvis den er uten rene toner og har omtrent samme intensitet over minst 2 oktaver.

Lydtryknivået  $L$  angis av rent praktiske grunner i dB istedenfor i  $W/cm^2$  eller  $N/m^2$ . Decibel er en relativ størrelse, dvs. at man angir lydtryknivået for en støy med lydtrykk  $p$  eller lydintensitet  $I$  sammenlignet med en støy med et referanselydtrykk  $p_0 = 0,00002 N/m^2$  eller etter en referanseintensitet  $I_0 = 10^{-16} W/cm^2$ .

Matematisk er lydtryknivået definert slik:

$$L = \log(I/I_0) \text{ Bel} = 10 \cdot \log(I/I_0) \text{ dB}$$

Lydintensiteten er proporsjonal med kvadratet av lydtrykket og man får da

$$L = \log(p^2/p_0^2) \text{ Bel} = 2 \cdot \log(p/p_0) \text{ Bel} \\ = 20 \cdot \log(p/p_0) \text{ dB.}$$

Det menneskelige øre kan oppfatte lydtrykkvariasjoner fra over 20 N/m<sup>2</sup> ned til ca. 0,00002 N/m<sup>2</sup>. Dette gir et forhold på 1 million eller mer. Ved å bruke decibelskalaen får man tallverdier fra 120 til 0.

I kapittel VIII er vist hvordan man kan beregne det totale lydtryknivå ut fra målinger i smalere frekvensområder eller ut fra de enkelte lydtryknivå fra flere støykilder.

Ved en økning av lydtryknivået fra  $L_1$  til  $L_2$  blir:

$$L_2 - L_1 = 10 \cdot \log (I_2/I_1) \text{ dB} = 20 \cdot \log (p_2/p_1) \text{ dB.}$$

I tabellen nedenfor angir tallene i annen og tredje kolonne hvor mange ganger sterkere henholdsvis lydintensiteten og lydtrykket blir når lydtryknivået økes med det antall dB som er angitt i første kolonne.

| $L_2 - L_1$<br>decibel | $I_2$<br>$I_1$ | $P_2$<br>$P_1$ |
|------------------------|----------------|----------------|
| 1                      | 1,25           | 1,12           |
| 2                      | 1,58           | 1,26           |
| 5                      | 3,16           | 1,77           |
| 10                     | 10,0           | 3,16           |
| 15                     | 31,6           | 5,62           |
| 20                     | 100            | 10,0           |
| 30                     | 1000           | 31,6           |
| 40                     | 10000          | 100            |
| 60                     | 1000000        | 1000           |
| 80                     | 100000000      | 10000          |
| 100                    | 10000000000    | 100000         |

Hvis et lydtryknivå øker med 20 dB, f.eks. fra 50 – 70 dB, så blir lydintensiteten 100 ganger større og lydtrykket 10 ganger større. Øker lydtryknivået med 40 dB, f.eks. fra 50 – 90 dB, blir lydintensiteten 10.000 ganger større og lydtrykket 100 ganger større enn det var før økningen.

Har man to like sterke støykilder i samme avstand fra målepunktet blir det totale lydtryknivå

$$L_{\text{total}} = 10 \cdot \log (2I/I_0) = 10 \cdot \log (I/I_0) + 10 \log 2$$

$$\text{eller } L_{\text{total}} \approx L_{\text{enkelt}} + 3 \text{ dB}$$

*Eksponeringstiden* angis vanligvis i antall minutter pr. dag. Hvis eksponeringen ikke er sammenhengende, bør det også angis hvor lang tids opphold det er mellom hver eksponering. Dessuten bør det angis hvor mange år vedkommende har vært utsatt for støyen. Denne siste angivelsen brukes vesentlig i forbindelse med hørselsmålinger.

NOISE-RATING er kurver som er vist i bilag 3, hvor frekvensen er abscisse og lydtryknivået ordinat. Hver enkelt kurve er betegnet med et nummer som tilsvarer lydtryknivået ved 1000 Hz. Kurvene betegnes ofte med store bokstaver ISO N eller bare N med angivelse av et tall etterpå.

Hensikten med å bruke Noise Rating-tall er å kunne uttrykkes alle målingene i de enkelte oktavebånd med ett tall.

Begrep som er viktige ved *støydemping*:

Når lyd med intensitet  $I$  støter mot en vegg, vil én del reflekteres =  $I_r$ , én del absorberes i veggen =  $I_a$  og én del gå igjennom veggen og transmitteres ut på den annen side med intensitet  $I_t$ , antydnet skjematisk i figur 1.

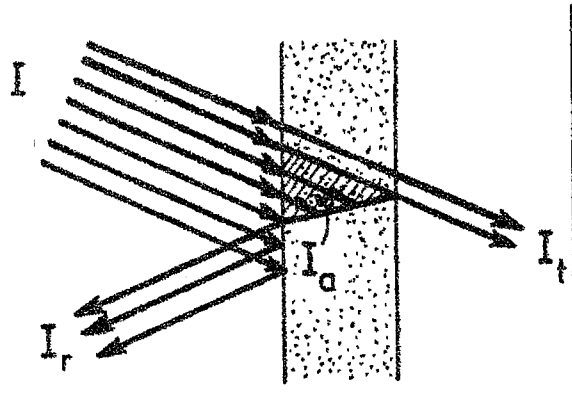


Fig. 1

Ut fra ovenstående har man laget følgende begrep:

$$\text{Refleksjonskoeff.: } \rho = I_r/I = (I - I_a - I_t)/I$$

$$\text{Absorpsjonskoeff.: } \alpha = I_a/I = (I - I_r - I_t)/I$$

$$\text{Transmisjonskoeff.: } \tau = I_t/I = (I - I_r - I_a)/I$$

Multipliseres verdiene med 100, fås koeffisientene uttrykt i prosent, noe som av og til brukes.

Av definisjonene sees at  $\rho + \alpha + \tau = 1$ .

For en vanlig, forholdsvis tung vegg er  $\tau$  ofte mindre enn 0,001. Da blir  $\alpha + \rho \approx 1$ . Det kan være viktig å være oppmerksom på at enkelte definerer absorpsjonskoeffisienten litt anderledes, nemlig som  $\alpha' = (I - I_r)/I$  slik at  $\alpha' + \rho = 1$ . For relativt tynne, lette materialer kan det være en betydelig forskjell på  $\alpha$  og  $\alpha'$ . Som ekstremt tilfelle kan nevnes et åpent vindu hvor  $\alpha' = 1$  fordi  $\rho = 0$ , mens  $\alpha = 0$  fordi  $\rho = 0$  og  $\tau = 1$ .

*Reduksjonstallet*  $R = 10 \cdot \log (1/\tau) = 10 \cdot \log (I/I_t)$  dB.  $R$  angir direkte i dB hvor meget lydtryknivået reduseres fra den ene side av en vegg til den annen.

Både  $\rho$ ,  $\alpha$ ,  $\tau$  og  $R$  er avhengig av frekvensen og materialets egenskaper.

For noen materialer er  $R$  nesten bare avhengig av veggens masse/m<sup>2</sup> og frekvensen. Tilnærmet kan man regne den ut etter følgende empiriske formel

$$R = 18 \log M + 12 \log f - 25$$

hvor

$$M = \text{veggens masse i kg/m}^2 \text{ veggflate}$$

og

$$f = \text{frekvensen i Hz.}$$

Man kan også finne  $R$  av diagrammet i bilag 4.

Man bør være oppmerksom på at resonanssvingninger i veggen kan gi betydelig reduksjon av den beregnede  $R$ -verdi, dette gjelder særlig tynne vegger.

*Etterklangstiden* er det antall sekunder det tar fra støyen i et rom opphører til lydtrykknivået er sunket 60 dB. I praksis brukes bare den del av kurven som er lineær, og man ekstrapolerer utover dette område slik at man dekker 60 dB. Den nødvendige støy for å måle etterklangstiden kan frembringes på forskjellige måter. Den enkleste er antagelig å smelle en kraftig papirpose. Man får derved en praktisk talt "hvit" støy, dvs. at intensiteten er jevnt fordelt over et stort frekvensområde.

Etterklangstiden spiller en betydelig rolle for hvordan støyen oppfattes. Rom med lang etterklangstid vil som regel være ubehagelige å oppholde seg i selv om lydtrykknivået ikke er høyt nok til å forårsake direkte hørselskader. Den subjektive vurdering av fordelene som oppnås ved å redusere etterklangstiden i et rom vil i de aller fleste tilfelle langt overskride den reduksjon i lydtrykknivået som man kan måle.

### III MÅLEINSTRUMENTER FOR STØY

Støyen kan enten måles direkte med et dertil egnet instrument, eller man kan ta støyen opp på lydbånd og så senere spille dette av for analyse av støyen.

Det er viktig å være oppmerksom på at de alminnelige støymålere som er i bruk måler gjennomsnittsverdier, såkalt rms (roote mean square) og derfor bare er egnet til støy som er forholdsvis jevn med mer eller mindre sinusformede svingninger. Ved slagartet støy kan man ha meget høye kortvarige toppe selv om gjennomsnittsverdien er forholdsvis beskjeden. Man må da bruke en instrumenttype som måler maksimal-verdien for lydtrykknivået istedenfor rms. Det kan i enkelte tilfelle være vanskelig å avgjøre om en støy skal karakteriseres som slagartet eller ikke. Man bør i såfall måle med begge typer instrumenter.

Alle støymålere er lydtrykknivå-målere og bygger på prinsippet: Mikrofon-forsterker-filter-viserinstrument eller skriver.

Mikrofonen kan være dynamisk eller av kondensatortypen. Dynamiske mikrofoner er vanligvis robuste og tåler forholdsvis høy temperatur og relativ fuktighet. Nøyaktigheten er vanligvis god opptil 3–4000 Hz, men avtar så raskt. Kondensatormikrofonene dekker vanligvis et langt større frekvensområde, oftest opp til 31 500 Hz. De er imidlertid betydelig mer ømfintlige for fuktighet og temperatur.

#### III. a. Instrumenter for støy som ikke er slagartet

Noen instrumenter har bare såkalte avveiningsfiltre som demper utslaget i det nedre og øvre frekvensområde. I området mellom 1000 og 5000 Hz er det ingen dempning.

Til andre instrumenter kan man koble filtre som tillater måling innenfor trange frekvensområder, vanligvis en oktav eller 1/3 oktav.

##### III.a.1. Instrumenter med bare avveiningsfiltre

Disse har gjerne tre innstillinger: A, B og C, hvor instrumentets følsomhet er forskjellig, særlig i det lavfrekvente område. Med enkelte instrument kan man også måle "lineært", ofte betegnet Lin, dvs. uten dempning. Med denne innstilling måles det totale lydtrykknivået L.

Nedenstående diagram viser avveiningsfiltrenes dempning i dB som funksjon av frekvensen. Se figur 2.

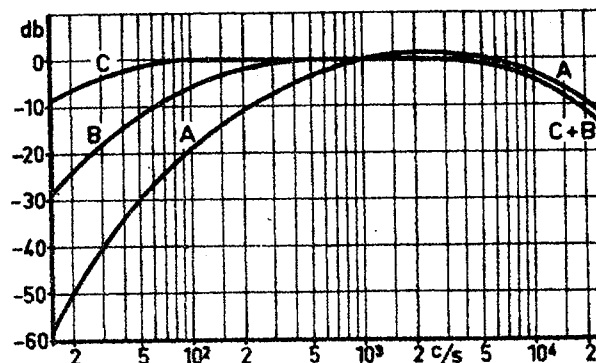


Fig. 2 .

Det skal alltid angis hvilket filter som er brukt ved målingene, og man bruker betegnelsene dB(A), dB(B), dB(C) og dB(Lin) med angivelse av det målte lydtrykknivå umiddelbart etter. I den senere tid har man praktisk talt sluttet å bruke dB(B).

Ved å måle lydtrykknivået ved alle tre innstillinger,

kan man få et grovt bilde av i hvilket frekvensområde den viktigste del av støyen ligger. Får man samme verdi for dB(A), dB(B) og dB(C), må lyden være høyfrekvent. Er dB(B) lik dB(C), men dB(A) noe lavere, er lyden mellomfrekvent og hvis dB(A) er lavere enn dB(B) og denne igjen lavere enn dB(C), så er lyden lavfrekvent.

Instrumentets følsomhet med A-filtret innkoblet skal omtrent tilsvare ørets følsomhet.

### III.a.2. Instrumenter med filtre for måling av lydtryknivåene innen avgrensede frekvensområder.

Oftest brukes filtre for oktavgåndsanalyse, hvor lydtryknivået måles for midtfrekvensen av hver oktavgånds, det vil si for 31,5 – 63 – 125 – 250 – 500 – 1000 – 2000 – 4000 – 8000 – 16000 og 31500 Hz. Resultatet av målingene tegnes inn som kurve i et koordinat-system med frekvensen som abscisse og oktavgåndslydtryknivået som ordinat, se bilag 1.

Med de fleste instrumenter av denne type kan man også måle dB(A), dB(B), dB(C) og dB(Lin).

Hvis man ved måling med A-filtret har funnet at støyen kan være hørselskadelig, vil det i de fleste tilfelle være ønskelig å få utført en oktavgåndsanalyse for å kunne vurdere forholdene nærmere.

### III.a.3. Utstyr for opptak av støy på lydbånd

I mange bedrifter er støyen uregelmessig og sterkt varierende. Det er da fordelaktig å ta opp støyen på lydbånd og etterpå analysere opptaket. Det finnes utstyr som integrerer lydtryknivået over et på forhånd valgt nivå. På den måten kan man finne ut hvor mange timer pr. dag støyen ligger over de valgte nivåer eller innen bestemte intervaller. Dette kan gjøres både for det totale lydtryknivå, med avveiningsfiltre, oktavgånds-filtre eller 1/3 oktavgånds-filtre.

For måling av etterklangstiden i et rom er det som nevnt praktisk å frembringe den nødvendige støy ved å smelle en kraftig papirpose og ta opp støyen på lydbånd. Ved å avspille opptaket via en skriver kan man så bestemme etterklangstiden både for det totale lydtryknivå og i oktavgånds eller 1/3 oktavgånds.

### III. b. Instrumenter for måling av impulsstøy

Ved hjelp av en oscillograph kan man for de fleste presisjons-lydtryknivåmålere også utføre måling av impulsstøy. Metoden er imidlertid nokså tungvint og lite egnet for felt-messige målinger.

Det finnes idag lydtryknivå-målere som både kan brukes til vanlig støy og til impulsstøy.

### III. c. Krav til nøyaktighet

Hver mikrofon skal være kontrollert fra fabrikk og det tilhørende kalibreringsdiagram bør medfølge slik at man kan kontrollere at mikrofonen oppfyller de internasjonale standarder.

Fra Norges Standardiseringsforbund kan man få både internasjonale og nasjonale standarder for de forskjellige typer utstyr.

For opptak på lydbånd er det viktig at båndopptakeren er av en kvalitet som tilsvarer de krav som stilles til det øvrige utstyr.

Før og etter hver måling bør man kontrollere at lydtryknivåmålerne virker tilfredsstillende, f.eks. ved å montere en standardisert støygenerator på mikrofonen og se at instrumentet da gir korrekt utslag.

## IV. INSTRUMENTER FOR MÅLING AV HØRSELSKADER

For dette formål finnes en rekke forskjellige instrumenter. Felles for dem alle er at forsøkspersonen utstyres med øreklokker med en liten innebygget høytaler. Man undersøker et øre ad gangen ved å frembringe rene toner i øreklokkene. Man starter med lav styrke og øker denne inntil forsøkspersonen hører lyden.

For industrielt bruk er man bare interessert i å måle ørets oppfatning av luftledet støy. Man er således ikke interessert i den støy som når det indre øres sansorganer gjennom benstrukturen i hodeskallen. Det har derfor ingen hensikt å anskaffe utstyr som er beregnet for annet enn luftledet støy.

De aller fleste apparater gir rene toner ved helt bestemte frekvenser som kan velges med en bryter. Med de fleste instrumenter er det mulig å variere lydtryknivået kontinuerlig, mens man på enklere instrumenter bare har faste trinn.

Sataloff har i sin bok "Industrial Deafness" angitt hva man bør ta hensyn til ved valg av audiometer. Han anbefaler følgende:

1. Audiometeret skal være så enkelt som mulig og bare ha det utstyr som er helt nødvendig for måling av luftledet hørsel.
2. Det er en fordel hvis instrumentet har halv-oktaver som 3000 og 6000 Hz, men dette er ikke helt nødvendig. Spesielle finesser som f.eks. talemottagning, maskeringsutstyr o.l. som har liten verdi for målinger i industrien.
3. Avbryteren skal være slik at lyden bare er på når bryteren trykkes ned. Den skal ikke gi noe klikk i hørettelefonene når den trykkes ned eller slippes.

4. Når bryteren trykkes ned skal tonen komme øyeblikkelig og med full styrke. Med det samme avbryteren slippes skal tonen opphøre og ikke svinne langsomt bort.
5. Hodetelefonene skal sitte godt og være lette å holde rene.

Han konkluderer med at så lenge en hørselskade kan karakteriseres som meget lett er en kontroll med det enkle apparat tilstrekkelig. I tilfelle med sterkere hørselsnedsettelse bør det foretas toneaudiometri og eventuelt undersøkelse hos spesialist.

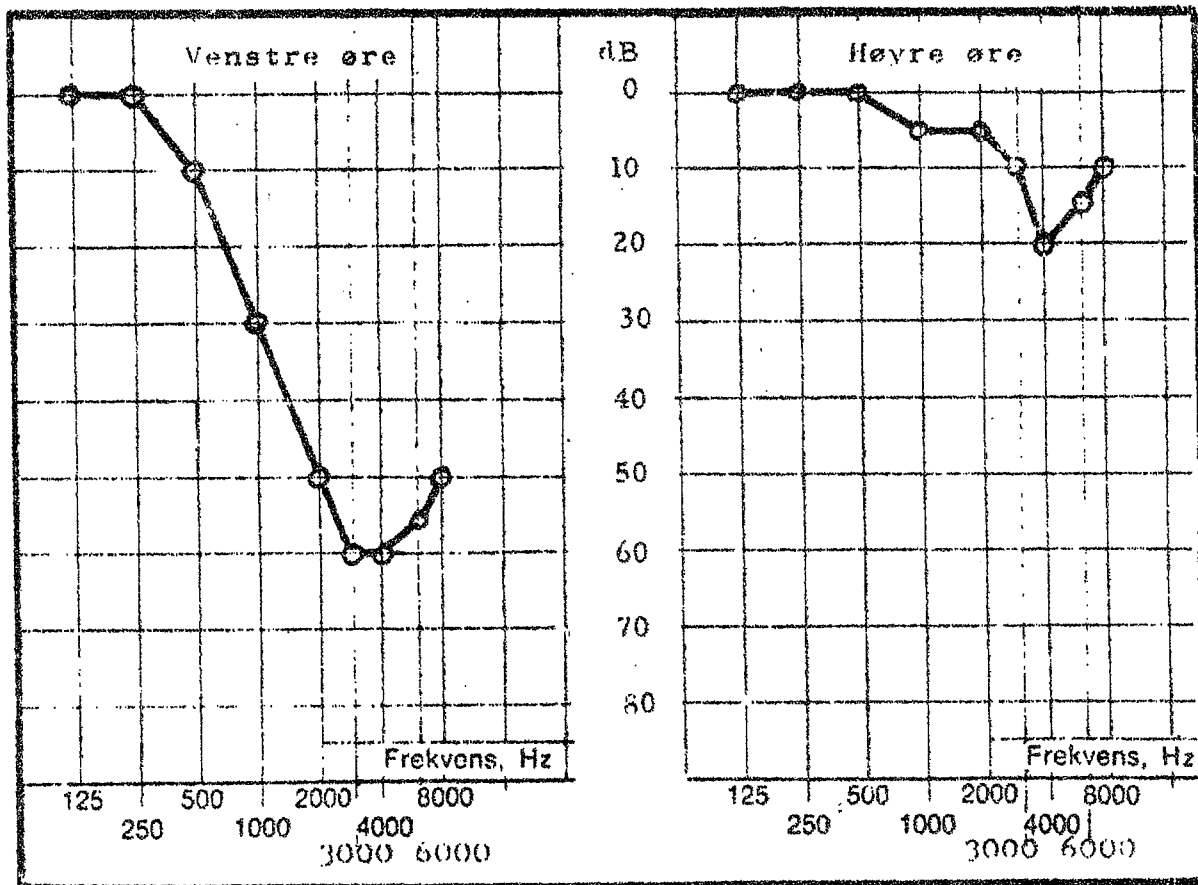


Fig. 3. Eksempel på audiometerdiagram.

Overlege Thiis-Evensen ved Eidanger Salpeterfabrikker på Herøya har sammenlignet to forskjellige typer audiometer og funnet at en enkel type med 4 faste frekvenser på 500, 1000, 2000 og 4000 Hz og lydtrykknivåene 20, 30, 40 og 60 dB ga full overensstemmelse med en nøyaktig toneaudiometri i 92,8 % av 500 tilfelle. I de 7,2 % hvor det var en forskjell viste den enklere metode en svak hørselskade mens toneaudiometrien ikke viste noen hørselskade. En sammenligning av resultatene i de enkelte frekvenser viste også en tilfredstillende overensstemmelse. Det var en tilbøyelighet til at man med det enklere apparat fant noe "dårligere hørsel" enn ved toneaudiometri.

## V. HØRSELSKADER

Når øret utsettes for lydpåvirkning får man alltid et hørselstap som kan være kortvarig (temporært) eller for all fremtid (permanent), avhengig av lydets styrke og varighet.

Ved svak støy, ca. 60 dBA eller mindre, kan man bare såvidt måle at øret temporært er blitt mindre følsomt umiddelbart etter støypåvirkningen. Mellom 60 og 90 dBA økes det temporære hørselstap til mellom ca. 8 og 10 dB målt ved 2000 Hz. Ved kortvarig lydpåvirkning mellom 90 og 100 dBA øker hørselstapet til mellom 10 og 18 dB og ved kortvarig lydtrykknivå mellom 100 og 110 dBA

øker den temporære hørselsnedsettelse til 60 dB ved 2000 Hz.

Ved kortvarig, moderat og sjelden støypåvirkning vil hørselsnedsettelsen oftest være temporær og øret gjennvinner etterhvert sin følsomhet.

Ved mere langvarig og sterkere støypåvirkning vil sansecellene i det indre høre etterhvert bli ødelagt og hørselen blir varig nedsatt. En slik hørselskade kan ikke helbredes. *Ved sterk, kortvarig lydpåvirkning som smell og eksplosjoner kan sansecellene i det indre øret bli ødelagt på et øyeblikk, også med varig nedsatt hørsel som resultat.*

Hørselcellene er mer eller mindre spesifikke for spesielle frekvenser og ved hørselskade er det først sansecellene som tar imot lyd i frekvensområdet omkring 4000 Hz som blir ødelagt. Dette merker som regel ikke den som er utsatt for støyen fordi vanlig tale ligger i frekvensområdet ca. 300 - 3800 Hz. Fortsetter støypåvirkningen, vil imidlertid hørselskaden også gjøre seg gjeldende ved lavere frekvenser. Den støypåvirkende får da etterhvert vanskeligere og vanskeligere for å oppfatte vanlig tale. Dette henger sammen med at konsonantene er høyfrekvente, således ligger bokstaven S omkring 3800 Hz. Fordi den hørselskadede ikke hører konsonantene, blir vanlig tale rett og slett uforståelig selv ved hevet stemmebruk.

En begynnende hørselskade oppdages lett med audiometer før vedkommende selv er klar over at hørselen er nedsatt. Både av sosiale og sikkerhetsmessige grunner er det nødvendig såvidt mulig å bevare menneskenes hørsel. Med de moderne midler som finnes til reduksjon av støyen i industrien og til personlig beskyttelse av ørene ved bruk av hørselsvern, er hørselskader på grunn av støy unødvendige og burde ikke forekomme.

*Graden av hørselskade* kan angis på forskjellige måter. Det mest alminnelige er å angi hørseltapet som den aritmetiske middelvei av hørselstapene for de 4 frekvensene 500, 1000, 2000 og 4000 Hz. Hørselstapet bør angis i dB, men enkelte angir den også i %, idet man setter 100 dB hørselstap = 100% og således får de samme tallverdier.

Sataloff angir at Wisconsin-komiteen i 1954 anbefalte å bruke middelveidien av tapet i dB ved 500, 1000 og 2000 Hz.

Thiis-Evensen bruker hørselstapet ved 3- 4000 Hz eller 6000 Hz angitt i dB.

Tabellen nedenfor viser en omtrentelig sammenligning av to av graderingene:

dB hørselsnedsettelse

| Grad av skade                 | Thiis-Evensen ved 3000-4000 Hz eller 6000 Hz | Slawin, middel for 500, 1000, 2000 og 4000 Hz. |
|-------------------------------|--|--|
| 0 = "Normal" hørsel           | < 20   | < 20   |
| I = Lett skade                | 20 - 40                                      | 20 - 30  |
| II = Middels skade            | 40 - 60                                      | 30 - 40  |
| III = Sterk skade, tunghørhet | > 60   | > 50   |

Det vises forøvrig til litteraturen.

## VI. YRKESHYGIENISKE GRENSEVERDIER FOR STØY

### VI. a. Målinger med oktavbånd-filter

Den internasjonale standardiseringsorganisasjon, ISO, har i forslaget 314 E anbefalt Noise-Rating 85 som øvre grense for hva som kan ansees som akseptabel støy ved 5 timers arbeidsdag eller mer.

For 8-timers arbeidsdag har Burn's foreslått verdier som ligger noe lavere, spesielt i det lavfrekvente område. I praksis har det neppe noen stor betydning hvilke av disse grenser man velger.

Hvis man i et diagram som bilag 3 avmerker de lydtryknivå man har målt i de enkelte oktavbånd, sier man at støyen har N 85 hvis ett av målepunktene når opp til denne kurven. Et lydtryknivå på 102,6 dB ved 63 Hz tilsvarende således ISO N 85. Det samme gjør et lydtryknivå på 79,5 dB ved 8000 Hz.

I våre skjemaer (se bilag 1) har vi tegnet inn kurvene I til V. Ved å føre inn de målte lydtryknivå for hvert oktavbånd, vil man straks kunne se om støyen er så sterk at hørselsvern må brukes. Ligger for eks. et av målepunktene over I, bør hørselsvern brukes v. 8 h.ekspon., ligger alle punktene under denne kurven, er det ikke nødvendig med hørselsvern.

*Hvis støyen er av kortere varighet enn 5 timer pr. dag* kan man tolerere noe høyere lydtryknivå, se bil. 7.

I bilag 2, er angitt de verdiene Burn's anbefaler. Vi foretrekker å holde oss til disse verdiene som ligger noe lavere enn de tilsvarende foreslått av ISO. De sistnevnte verdier finnes i margin i bilag 3.

Alle målinger skal utføres med instrumentet innstillet på "fast response", ofte forkortet til bare "fast", dvs. uten demping av viserutslaget.

#### VI. b. Målinger med avveiningsfiltre

Disse målingene gir ikke så sikre kriterier som måling med oktavbånd-filtre fordi man ikke kan måle båndbredden, men er likevel til god hjelp.

Egne målinger viser at for bredbånd-støy ligger dB(A) i gjennomsnitt  $2,8 \pm 0,6$  dB eller ca. 3 dB over N-verdiene ved oktavbånd-analyse. For smalbandstøy var forskjellen  $0,5 \pm 0,7$  dB, i praksis kan man regne med samme verdi som for N.

For bredbånd-støy som varer over 5 timer pr. dag skulle det ikke opptre hørselskader hvis støyen ligger under ca. 88 dB(A). For smalband-støy bør dB(A) være under 85.

Ligger dB(A) over 88, må hørselvern brukes. Man bør helst få utført en oktavbånd-analyse av støyen hvis dB(A) overstiger 85 for å kontrollere om den vesentligste del av støyen dekker mer eller mindre enn to oktaver.

For kortere tid enn 5 timer vil vi foreslå følgende grenser som stemmer omtrent med Burn's verdier i bilag 1 og 2.

| Eksposisjonstid<br>pr. dag, timer | Max. lydtryknivå dB(A) ved |          |
|-----------------------------------|----------------------------|----------|
|                                   | Bredbånd                   | Smalband |
| Over 5                            | 88                         | 85       |
| 3 - 5                             | 90                         | 88       |
| 2 - 3                             | 92                         | 89       |
| 1 - 2                             | 94                         | 91       |
| under 1                           | 100                        | 97       |

American Conference of Governmental Industrial Hygienists har foreslått noe høyere verdier. De har også foreslått at hvis lydtryknivået varierer i løpet av dagen, slik at man i tiden  $C_1$  har et lydtryknivå som bare kan tolereres i tiden  $T_1$ , i tiden  $C_2$  har et lydtryknivå som bare kan tolereres i tiden  $T_2$  osv., så skal summen av brøkene

$$C_1/T_1 + C_2/T_2 + \dots + C_n/T_n \leq 1$$

Også dB(A)-målinger skal foretas med "fast response".

Ingen av de grenseverdier som er foreslått foran gjelder for impulsstøy.

#### VI.c. Grenseverdier for impulsstøy

American Conference of Governmental Industrial Hygienists har foreslått at man foreløpig bruker en grense på 140 dB "Peak Sound Pressure Level".

Impulsmåle-instrumentene er vanligvis kalibrert i rms-verdier av den ekvivalente "Peak"-verdi slik at

verdiene skal kunne sammenlignes med oscilloskop-verdier. For å få den virkelige "Peak"-verdi, må man legge til 3 dB. Se Harris side 17-28. Det synes noe tvilsomt om dette kan brukes annet enn for sinusformede svingninger, og man bør inntil videre være noe forsiktig med anvendelsen av denne regel.

#### VI. d. "Irritasjonsgrense".

Hvorvidtstøy er irriterende eller ikke er en subjektiv vurdering. De fleste mennesker tolererer en langt sterkere støy hvis den følger deres eget arbeid enn hvis det f.eks. er en annen avdeling som produserer den. Som ekstremt eksempel kan nevnes en nabos bruk av motorgressklipper når man selv skal sove middag.

Noen generelt gyldig regel for hva som er irriterende støy kan ikke gis, men ISO har foreslått at lydtryknivåer under kurven N 70 skal ansees som ikke irriterende i verksteder. Denne kurven er også tegnet inn i våre skjemaer.

Man kan imidlertid ikke si noe om hvor vidt støy som ligger over kurve N 70 er irriterende, det beror på mange forhold.

### VII HØRSELVERN

Hørselsvern brukes for å redusere lydtrykket før det når det indre øre. De viktigste typer er for tiden:

1. Øreklokker
2. Ørepropper
3. Glassdun

I bilag 2 er angitt omtrentlige verdier for hvor meget høyere lydtryknivå som kan tolereres i de forskjellige frekvensområder når forannevnte ørevern brukes.

Når hørselsvern anskaffes, skal man forlange at leverandøren angir hvor meget høyere lydtryknivå som kan tolereres i hvert oktavbånd når vernet brukes forskriftsmessig.

Øreklokkene er mest effektive i de fleste frekvensområder og må velges hvor de andre typer ikke gir tilstrekkelig beskyttelse. Ellers vil valg av type hørselsvern være avhengig av flere forhold, ikke minst hva den enkelte foretrekker som mest praktisk og behagelig.

Ved å anvende f.eks. kombinasjon av glassdun og øreklokker vil lydtrykket reduseres ytterligere, men man kan neppe addere virkningene i dB av hvert enkelt vern.

Hørselsvern bør ansees som en nødløsning som bare brukes når det ikke er teknisk-økonomisk mulig å redusere støyen til et akseptabelt nivå.



I mange tilfelle kan man ved relativt enkle midler redusere støyen slik at hørselsvern blir unødvendig. Det vises til kapittel IX og litteraturen angitt i kapittel X.

Endel personer vegrer seg mot å bruke hørselsvern fordi de synes det er ubehagelig. Oftest er det imidlertid mest et spørsmål om tilvenning i likhet med bruk av briller. Det forutsettes at hørselsvernet brukes riktig og at man velger den type vern som er mest behagelig i den gitte situasjon når det samtidig gir den nødvendige beskyttelse.

### VIII BEREGNINGER

#### VIII.a. Beregning av totalt lydtryknivå ut fra lydtryknivåmålinger i smalere frekvensområder, eller fra flere støykilder.

For å beregne det totale lydtryknivå  $L$ , må man først finne summen av lydintensitetene  $I_1, I_2, \dots, I_n$  idet lydtryknivåene ikke kan adderes.

Av formelen for det enkelte lydtryknivå:

$$L_i = 10 \log (I_i/I_0) \text{ finnes}$$

$I_i = I_0 \text{ antilog } (L_i/10)$  og for summen av  $n$  lydintensiteter fåes

$$\Sigma I_i = I_0 \Sigma \text{ antilog } (L_i/10) \text{ hvorav man finner}$$

$$L = 10 \log (\Sigma I_i/I_0) = 10 \log [\Sigma \text{ antilog } (L_i/10)].$$

#### Eksempel 1

Beregning av totalt lydtryknivå  $L$  ut fra en oktavbånd-analyse fra en mølle:

| Frekvens<br>Hz | Lydtryknivå<br>$L_i$ dB<br>min – max | Antilog ( $L_i/10$ ) |                   |
|----------------|--------------------------------------|----------------------|-------------------|
|                |                                      | min                  | max               |
| 63             | 74 – 78                              | $2,5 \cdot 10^7$     | $6,3 \cdot 10^7$  |
| 125            | 80 – 83                              | $1,0 \cdot 10^8$     | $2,0 \cdot 10^8$  |
| 250            | 82 – 84                              | $1,6 \cdot 10^8$     | $2,5 \cdot 10^8$  |
| 500            | 85 – 86                              | $3,1 \cdot 10^8$     | $4,0 \cdot 10^8$  |
| 1000           | 89 – 91                              | $0,79 \cdot 10^9$    | $1,26 \cdot 10^9$ |
| 2000           | 93,5 – 94,5                          | $2,24 \cdot 10^9$    | $2,82 \cdot 10^9$ |
| 4000           | 83 – 84                              | $2,0 \cdot 10^8$     | $2,5 \cdot 10^8$  |
| 8000           | 78 – 80                              | $0,63 \cdot 10^8$    | $1,0 \cdot 10^8$  |
| 16000          | 67 – 69                              | $5,0 \cdot 10^6$     | $7,9 \cdot 10^6$  |

$$\Sigma \text{ Antilog } (L_i/10) = 3,90 - 5,35 \cdot 10^9$$

Beregnet:  $L = 10 \log [\Sigma \text{ antilog } (L_i/10)] = 95,9 - 97,3 \text{ dB}$

Målt:  $L = \text{dB(Lin)} = 96 - 97 \text{ dB Lin}$

Med A-filter  $= 95 - 96 \text{ dBA}$

Av frekvensanalysen sammenholdt med kurven i bilag 3 sees at  $N \approx 95,5$  til  $96,5$ .

Som man ser stemmer den lineære måling meget godt overens med det totale lydtryknivå beregnet ut fra målingene i de enkelte oktavbånd. Den lille forskjell (1 dB) på målingene med A-filter (dBA) og uten filter (dB Lin) stemmer med at en vesentlig del av støyen ligger i det mellom – til høyfrekvente område slik som oktavbåndanalysen viser.

Helt analogt kan man beregne lydtryknivået på et bestemt sted for flere støykilder ved å måle støyen fra hver enkelt separat, mens de andre er stille.

Istedenfor å bruke formlene foran kan diagram i bilag 5 brukes.

Avsett først langs abscissen differansen  $\Delta L_1$  mellom to lydtryknivå  $L_2$  og  $L_1$  hvor  $L_2$  er større enn  $L_1$ . Følg en linje parallelt med ordinataksen opp til kurven og avles på ordinaten det tillegg  $\Delta L_2$  som må legges til  $L_2$  for å finne det kombinerte lydtryknivå  $L$  (= resultatant) av  $L_1$  og  $L_2$ .

Hvis flere lydtryknivå skal kombineres, finnes først resultatant  $L$  av to av dem, resultatant  $L$  kombineres så med  $L_3$  osv. I eksempel 2 er denne metode brukt.

Eksempel 2. (Samme verdier som max i eks. 1).

| HZ    | $L_i$<br>dB | $\Delta L_i$<br>dB | $\Delta L_2$<br>dB | Resultant<br>dB |
|-------|-------------|--------------------|--------------------|-----------------|
| 63    | 78          | —                  | —                  | —               |
| 125   | 83          | 5                  | 1,19               | 84,19           |
| 250   | 84          | 0,19               | 2,97               | 87,16           |
| 500   | 86          | 1,16               | 2,46               | 89,62           |
| 1000  | 91          | 1,38               | 2,36               | 93,36           |
| 2000  | 94,5        | 1,14               | 2,48               | 96,98           |
| 4000  | 84          | 12,98              | 0,22               | 97,20           |
| 8000  | 80          | 17,20              | 0,08               | 97,28           |
| 16000 | 69          | 28,28              | 0,03               | 97,31           |

Svar :  $L = 97,3$

Resultatet stemmer med den beregnede og den målte verdi fra eks. 1.

Av beregningene foran ser man at lydtryknivå som ligger mer enn ca. 10 – 12 dB under den høyeste målte verdi har liten innflydelse på resultatet.

I bilag 5 er et eksempel på beregning av L fra 2 maskiner.

#### VIII. b. Beregning av en støykilde når der er flere samtidig

Hvis flere støykilder virker samtidig og man ikke kan få målt støyen fra hver enkelt ved å stanse alle unn-tatt én, kan støyen fra hver enkelt bestemmes ved å slå av bare én av gangen.

4 maskiner ble målt på denne måte:

| Stanset | dB   | $\Delta L_2$ | $\Delta L_1$ | Maskinen gir<br>dB  |
|---------|------|--------------|--------------|---------------------|
| Ingen   | 99,5 |              |              |                     |
| Nr. 1   | 97,0 | 2,5          | 1,05         | 97 – 1,05 = 95,95   |
| Nr. 2   | 98,5 | 1,0          | 5,85         | 98,5 – 5,85 = 92,65 |
| Nr. 3   | 99,0 | 0,5          | 9,15         | 99,0 – 9,15 = 89,85 |
| Nr. 4   | 98,5 | 1,0          | 5,85         | 98,5 – 5,85 = 92,65 |

Svar: Maskin 1 gir 96 dB  
 " 2 " 93 "  
 " 3 " 90 "  
 " 4 " 93 "

Her ble  $L_2$  funnet som differanse mellom målt dB med alle maskiner igang og dB når de respektive maskiner var stanset.  $\Delta L_1$  ble funnet av diagrammet i bilag 5 ved ut fra  $\Delta L_2$  å gå til høyre bort til kurven og så avlese  $\Delta L_1$  rett ned. Hver maskins lydtryknivå er differansen mellom lydtryknivået med denne maskinen stanset og  $\Delta L_1$ .

#### VIII.c. Beregning av reduksjonstallet R

Eks.: En maskin gir et frekvensspektrum som i eksempel 2 under VIII.a. Man vil kapse inn maskinen slik at man kommer ned fra ca. N 96,5 til ca. N 70.

| Frekvens Hz | L dB | R dB  | M kg/m <sup>2</sup> |
|-------------|------|-------|---------------------|
| 125         | 83   | 0     | 0                   |
| 250         | 84   | 7     | 1,5                 |
| 500         | 86   | 13    | 2,1                 |
| 1000        | 91   | 21    | 3,5                 |
| 2000        | 94,5 | 27    | 5,0                 |
| 4000        | 84   | 18    | 1,1                 |
| 8000        | 80   | 16    | 0,5                 |
| 16000       | 69   | ca. 6 | <0,1                |

R ble funnet ved å tegne inn lydtryknivået L i bilag 1 eller i ISO's diagram (bilag 3) for N-kurven og finne R som differans mellom L og N 70 kurvens lydtryknivå ved de forskjellige frekvenser.

M ble funnet av diagrammet i bilag 4, f.eks. for 1000 Hz ved å gå opp til en skrålinje svarende til R = 21 dB og lese av M = 3,5 kg/m<sup>2</sup> til venstre.

En vegg med flatevekt 5 kg/m<sup>2</sup> skulle være tilstrekkelig til å dempe støyen fra N 96,5 til N 70. Her bør man helst bruke et "dødt" materiale som ikke settes i svingninger (har egen frekvens) i det høyfrekvente området. Støyen må dessuten ikke forplante seg nevneverdig gjennom f.eks. gulvet. Det må ikke være noen åpninger gjennom innkapslingen.

**NB!** Vær oppmerksom på at reduksjonstallets frekvensavhengighet kan være meget forskjellig for forskjellige tykkelse av samme materiale og at det kan være betydelige avvikelser fra R-kurvene i bilag 4 for forskjellige materialer. Helst bør man kjenne R som funksjon av frekvensen for varierende tykkelser av det materiale som tenkes anvendt.

## IX STØYDEMPING

### IX. a. Støyens forplantning

Støy kan bre seg i alle medier ved at partiklene i dette tvinges til å utføre elastiske svingninger omkring en likevektsstilling. Ved at partiklene påvirker nabo-partikler brer støyen seg utover. I alle medier, både gasser, væsker og faste stoffer kan man få såkalte longitudinall-bølger som skyldes at mediet vekselvis trykkes sammen og utvider seg. Slike bølger oppstår

f.eks. i luft når man slår på et trommeskinn — som antydnet skjematisk i figur 4 nedenfor.

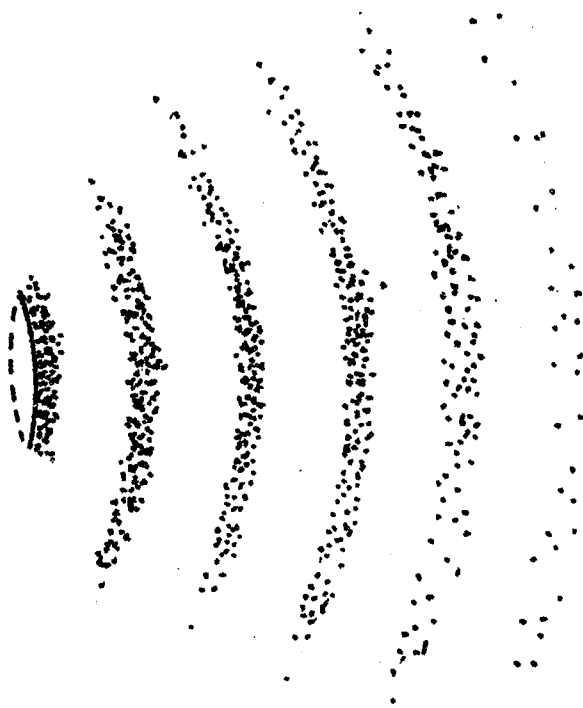


Fig. 4

I gasser har man bare longitudinal-bølger, mens man i faste stoffer dessuten har mer kompliserte transversalbølger som gjør støydempingen vanskeligere.

Når lyd brer seg utover i et medium blir intensiteten etter hvert svakere, dels fordi lyden spres over et større areal, dels fordi den går over i varme på grunn av friksjonen i mediet.

Som nevnt i kapittel II, vil lyd som støter mot en vegg dels reflekteres, dels gå inn i vegg og absorberes der, og en del vil komme ut på den annen side. I tillegg til dette vil en del av støyen følge veggene og på den måten kunne spre seg til hele bygningen.

Særlig viktig er det å være oppmerksom på at svingningene f.eks. fra en maskin som er boltet fast til gulv, tak eller vegger blir overført til disse hvorved lyden brer seg til samtlige rom i huset, hvis disse ikke er skilt fra hverandre med svingningsdempende materialer.

De mest almindelige årsaker til at støy brer seg fra et rom til et annet er summert opp nedenfor og vist i fig. 5.

1. Det er direkte åpninger mellom rommene, f.eks. for rørledninger, ventilasjon osv.
2. Veggene svinger som skinnen på en tromme. Dette er vanlig for tynne vegger av et hårdt materiale.
3. Lyden i det ene rom gir longitudinal-svingninger (kompresjonssvingninger) i vegg. Disse svingningene overføres så til luften på den annen side.
4. En del av svingningene i vegg overføres til andre vegger og kommer på denne måten inn i naborommene som lyd.
5. Mekaniske svingninger ifra maskinen overføres til gulvet og kommer inn i naborommet som lyd.
6. Støy går ut fra maskinrommet gjennom vinduer og inn i naborommene gjennom vinduene der.

En støykilde som befinner seg i et fritt felt, som f.eks. et helikopter som står stille i luften, sender støy ut i alle retninger og intensiteten avtar med kvadratet av avstanden. Det vil si at lydtrykknivået avtar med ca. 6 dB hver gang avstanden fra støykilden fordobles. Høyfrekvent lyd avtar raskere. Figur 6 nedenfor viser dette skjematisk idet tykkelsen av linjene angir støyens intensitet i forskjellige avstander fra støykilden i sentrum.

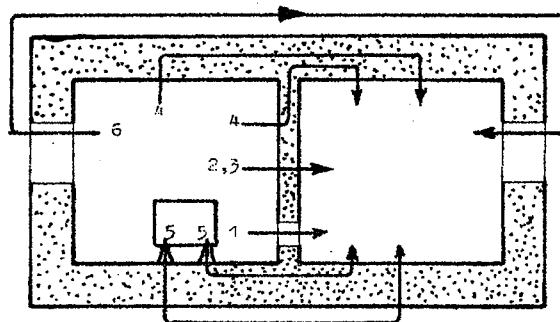


Fig. 5

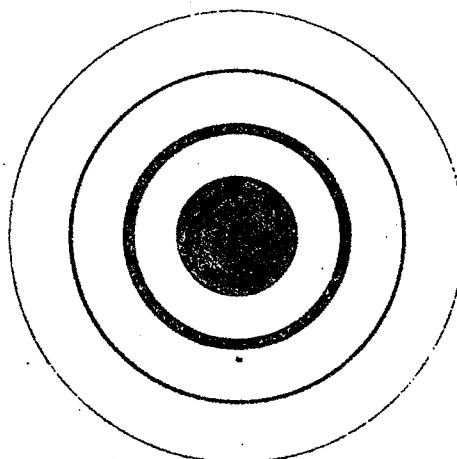


Fig. 6

Forholdene blir anderledes hvis støykilden lukkes inne i et rom. Hvis dette har hårde, glatte vegger, vil en vesentlig del av de lydbølger som treffer veggene kastes tilbake til den treffer en annen vegg og igjen reflekteres fra denne. På denne måten vil støyen reflekteres fra alle kanter, og lydets intensitet og lydtryknivå vil være omtrent det samme i hele rommet unntagen akkurat i nærheten av støykilden. I et slikt rom har man lang etterklangstid. Forholdet er illustrert i figur 7, til venstre nedenfor.

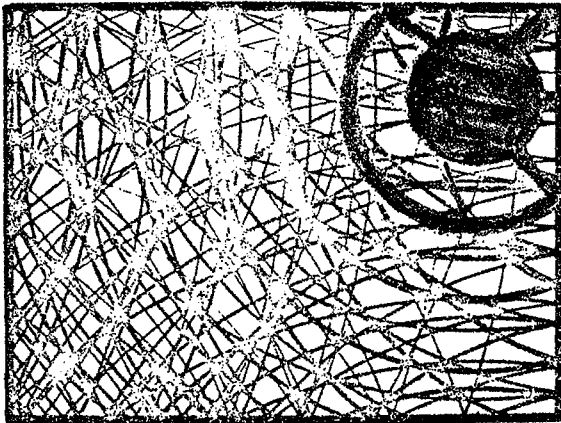


Fig.7. Uten støyisolasjon

Hvis det bare arbeides på den andre siden av vegg vil man velge en tung vegg med lav transmisjonskoeffisient. I dette tilfelle spiller det ingen rolle om en betydelig del av støyen reflekteres tilbake til samme rom som støykilden. Se figur 10.

Hvis det arbeides på begge sider av vegg må man ha en tung vegg med et lydabsorberende materiale på den side som vender inn mot støykilden. Det går da også vesentlig mindre støy gjennom vegg enn om man bare hadde en tung vegg. Se figur 11.

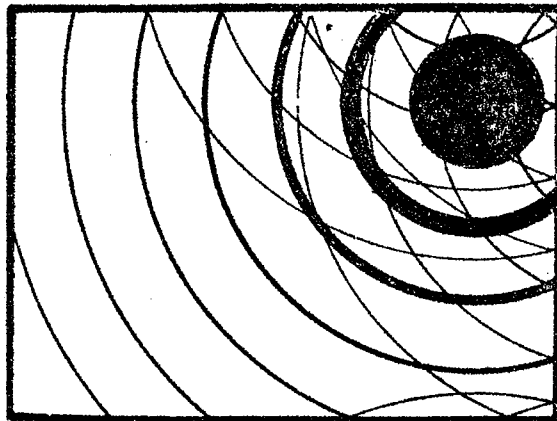


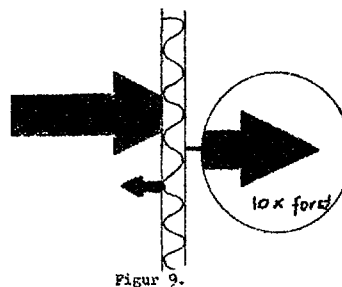
Fig.8. Med støyisolasjon

Hvis man kler rommet med et lydabsorberende materiale, som f.eks. mineralull, vil bare en forholdsvis liten del av støyen reflekteres fra veggene. Forholdene er illustrert i figur 8 ovenfor til høyre, og som man ser, minner dette mer om støyforholdene i fritt felt. Etterklangstiden her er betydelig kortere enn i det foregående tilfelle. Et rom med kort etterklangstid er langt behageligere å oppholde seg i enn et rom med lang etterklangstid.

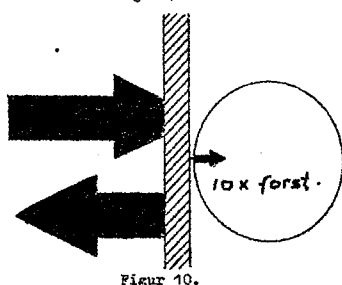
Hvilke materialer man skal velge i veggene er avhengig av flere forhold. I lokaler som f.eks. slakterier, meierier, næringsmiddelfabriker osv., er man kanskje nødt til å ha hårde, glatte vegger av hensyn til de hygieniske forhold. Dette er forøvrig ikke alltid så sikkert, og i lokaler hvor det er støyende virksomhet, bør man undersøke meget nøye om det ikke er mulig å bruke lydabsorberende materialer i veggene.

Ser man bort fra forannevnte tilfeller, har det avgjørende betydning om det bare skal arbeides på samme side av vegg som støykilden, bare på den andre siden eller på begge sider.

Hvis det bare arbeides på samme side av vegg som støykilden vil man klare seg med en lett vegg av lydabsorberende materiale med lav refleksjonskoeffisient. Se fig. 9.



Figur 9.



Figur 10.

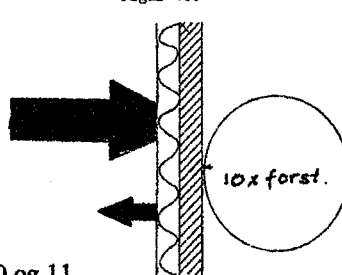


Fig. 9, 10 og 11

En ytterligere reduksjon av den støy som går gjennom veggen kan oppnås ved å bruke *dobbelte vegger*. Med samme totalvekt på veggen kan man oppnå en økning av reduksjonstallet på opptil 12 dB hvis avstandene mellom veggene er ca. 10 cm, og det ikke er noen stiv forbindelse mellom veggene. Med en avstand på 6–12 cm og med en større eller mindre grad av forbindelse mellom dem, vil økningen av reduksjonstallet ligge mellom ca. 6 og 12 dB.

#### IX.b. Støydempning ved god driftspraksis

Med "god driftspraksis" menes det her følgende:

1. at maskiner og utstyr vedlikeholdes slik at ikke **unødig støy oppstår** p.g.a. slitte lagre eller gear, løse skruer slik at metalldele slår mot hverandre osv. Ved å sørge for regelmessige vibrasjonsmålinger kan man f.eks. følge lagrenes tilstand nøye og skifte dem ut i tide. Dette har ikke bare betydning for støyen, men også rent driftsmessig ved at man kan ta en driftstans på et på forhånd valgt tidspunkt istedenfor å risikere at en maskin plutselig stopper midt under produksjonen. Vibrasjonsmålinger kan meget enkelt utføres med det samme utstyr som brukes til frekvensanalyse av støy ved å anskaffe en del tilleggsutstyr.
2. Man kan ofte velge forskjellige metoder til å utføre et arbeide. Under ellers like forhold bør man velge den metode som gir minst mulig støy.
3. Ved anskaffelse av nytt utstyr bør man forlange et "støysertifikat". Det bør også forlanges at alle kraftoverføringer skal være laget slik at de gir minst mulig støy.
4. Det bør sørges for lydempere hvor dette er mulig, spesielt på pressluftverktøy og annet utstyr hvor pressluft eller damp strømmer ut med høy hastighet. Rør, kanaler og lignende som passerer gjennom flere rom bør forsynes med fleksible mellomstykker av f.eks. gummi. Alle vibrerende maskiner monteres på vibrasjonsdempere osv.
5. Tynne metallplater settes lett i svingninger og gir sterk støy, f.eks. i forbindelse med vibrasjonssikt, i trakter og renner hvor det faller hårde gjenstander. Slike steder bør tynne plater unngås.

I bøkene av Patty, Slawin, Hartig og andre, finnes en rekke eksempler på hvordan man ved litt omtenk-somhet og enkle midler kan unngå unødig støy.

#### IX. c. Støydempning ved innkapsling

Det er her viktig å være oppmerksom på at høyfrekvent lyd beveger seg mere eller mindre rettlinjet i luft – slik at en enkel avskjerming av støykilden kan være effektiv. Det bør da legges et støyabsorberende materiale i taket over støykilden så man unngår reflekser derfra.

Mer lavfrekvent lyd går derimot i høy grad "rundt hjørner" og en lavfrekvent støykilde må derfor kapsles helt inn. I boken "Maskinbuller" er angitt at om man i en innkapsling med reduksjonstall 40 dB har åpninger på tilsammen 1 % av flaten, vil lydisolasjonen nedsettes til 20 dB. Om åpningen utgjør 1 o/oo av overflaten reduseres isolasjonen fra 40 til 29,5 dB. Ofte vil man ha problemer med adkomstdører til slike innbygninger. Det må sørges for meget god tetning rundt karmene ved hjelp av gummilister eller lignende, og man må som regel anvende dobbelte dører. Et annet problem er åpninger for ventilasjonsluft. Disse må i tilfelle utformes med støyfeller som gir demping svarende til reduksjonstallet i veggene på innbygningen. Støyoverføring gjennom rørledninger for kjølevæske eller lignende, kan som nevnt, brytes ved å sette inn f.eks. et stykke gummislange.

#### IX. d. Dempning av støy ved reduksjon av etterklangstiden

Den subjektive virkning av etterklingsdempning av et rom er langt større enn hva man skulle vente etter den målbare reduksjonen av lydtryknivået i rommet. I et arbeidsrom vil det derfor nesten i alle tilfelle være ønskelig å kle i hvert fall en del av rommet med et lydabsorberende materiale.

I rom hvor man har mange maskiner som hver for seg har et lydtryknivå opp mot det som kan tolereres av hensyn til hørselsskader, vil etterklingsdempning være nødvendig også av hensyn til hørselen. En enkel og relativt billig metode å redusere etterklangstiden i et rom på, er å henge opp såkalte "lydabsorbenter", som er plater av et lydabsorberende materiale, f.eks. mineralull.

Den mest almindelige metode er å feste et lydabsorberende materiale til en større eller mindre del av tak og vegger.

Hvor utseende ikke spiller alt for stor rolle, kan man oppnå bra resultater ved å anvende treullplater eller lignende materiale som innvendig forskaling under støping av vegger, og så la disse platene bli sittende. Hvor estetiske hensyn er avgjørende, er man henvist til å bruke mere spesielle akustiske plater og materialer.

### IX. e. Adskilling av støyende og ikke støyende virksomhet.

I mange tilfelle kan man skille disse virksomhetene fra hverandre og meget gode resultater kan oppnås ved f.eks. å bryte den direkte gulv- og veggforbindelse mellom to avdelinger og fylle mellomrommet med et

## X. LITTERATUR

*Ingeniørvetenskapsakademien*: "Maskinbuller", IVA meddelande Nr. 135, Stockholm 1963, 307 sider. Boken er meget anbefalelsesverdig og gir en relativ grundig innføring i det fysikalske grunnlag, fysiologiske synspunkter, dannelse av støy, lydens forplantning, lyddempere, vibrasjonskontroll, akustiske målerom, normer, organisasjonsspørsmål og anvendelse på maskinkonstruksjoner.

*Herbert Hartig*: "Lärmbekämpfung in der Industrie", Schriftenreihe Arbeitsschutz, Heft 15, Zentralinstitut für Arbeitsschutz, Dresden, utgitt av VEB Verlag Technik, Berlin, DDR., 164 sider, heftet i A 5-format. Heftet er relativt kortfattet og gir omtrent den samme innføring som "Maskinbuller". I likhet med denne har den en uheldig definisjon av absorpsjonskoeffisienten. En utmerket eksempelsamling med mange gode anordninger for reduksjon av støyen.

*Slawin*: "Industrielärm und seine Bekämpfung", også utgitt på VEB Verlag Technik, Berlin, 1960. Er en oversettelse av en russisk bok. 273 sider i A 5-format. Det gis en meget omhyggelig innføring både teoretisk og praktisk. Enkelte mindre feil er av underordnet betydning.

*The Engineering Equipment Users Association*: Handbook No. 25: 1968 "Measurement and control of noise", 84 sider i noe større format enn A 5. Boken er ikke så teoretisk anlagt som de foregående, men gir en god oversikt. Blant annet har den en oversikt over forskjellige typer instrumenter som var tilgjengelig i 1965 med angivelse av brukbarheten for forskjellige formål og kommentarer fra brukerne.

*Kurtze*: "Physik und Technik der Lärmbekämpfung", Verlag G. Braun, Karlsruhe, 1964, er en større lærebok på 483 sider som dekker de aller fleste støyproblemer både ute, i bolighus, i industri, skibsfart osv.

*Sataloff*: "Industrial Deafness", McGraw-Hill, 1957. 333 sider i vanlig bokformat. Boken er spesielt nyttig for den som skal foreta hørselsundersøkelser, men gir også en god oversikt over hvordan støymålinger skal utføres og prinsippene for reduksjon av støy.

*Patty*: "Industrial Hygiene and Toxicology", er et standardoppslagsverk som dekker praktisk talt alle yrkeshygieniske problemer. I kapittel XVIII behandler Cox jr.: "Industrial Noise and the Conservation of Hearing", på i alt 72 sider. Kapitlet er meget godt, på samme måte som de øvrige kapitler i verket som er på 2 bind. med i alt 3207 sider

lydabsorberende materiale. En annen metode er å bruke et "flytende" gulv i den støyende avdeling slik at vibrasjoner fra maskinene ikke overføres til resten av bygget.

Det vises forøvrig til litteraturen hvor man vil finne mange praktiske anvisninger på hvordan støyproblemer er blitt løst.

Den internasjonale standardiseringsorganisasjon, ISO, har ved sin "Technical Committee 43, acoustics" utgitt flere forslag til grenseverdier for hva som kan tillates av støy uten å forårsake hørselskader. For *oktavbåndmålinger* anbefales forslag nr. 314 E, utgitt i juni 1963. For vurdering ut fra dB "A" anbefales forslag nr. 429, utgitt i oktober 1967. Kopi av disse utkastene kan fåes fra Norges Standardiseringsforbund, Haakon den VII's gt. 2, Oslo 1. <sup>1)</sup>Se også ISO R1999. (1971)

American Conference of Governmental Industrial Hygienists' Proposed Threshold Limit Value for Noise, er behandlet av Jones i American Industrial Hygiene Association Journal, november-desember 1968. Dette forslaget ligger noe over ISO's forslag.

*Quist-Hanssen*: "Hørselskader fremkalt av larm" er et hefte på 22 sider, utgitt av Direktoratet for Arbeidstilsynet. Heftet gir en kortfattet og grei oversikt, men kriteriene for hva man kan tolerere av støy er ikke tilstrekkelige.

*Harris*: "Handbook of Noise Control" Mc Graw-Hill 1957, er en stor lærebok med 40 kapitler med anslagsvis i alt ca. 800 sider. Den er også utmerket egnet som oppslagsverk og inneholder en mengde data og opplysninger.

*Burns*: "Noise as an Environmental Factor in Industry", artikkel i Trans. Ass. Industr. Med. Offrs. (1965) 15, p. 2-11. Det anbefales grenseverdier som ligger en del under ISO's forslag. Burns forslag synes fornuftig, spesielt for kortere tids støypåvirkning.

*Thiis-Evensen*: "Larm-hørselskade. Hørselskade på grunn av larm - en undersøkelse i industrien og Quick-Check/toneaudiometri - en sammenligning". Rapport på 24 sider i A 4-format, utgitt av Eidanger Salpeterfabrikker, Herøya. Av spesiell interesse er sammenligningen av de to metoder for kontroll av hørselen.

*Acton*: "A Criterion for the Prediction of Auditory and Subjective Effects Due to Air-Borne Noise from Ultrasonic Sources", Ann. Occup. Hyg. Vol. 11, pp. 227-234, Pergamon Press 1968. Acton fremsetter forslag til grenseverdi på 75 dB for 1/3 oktavbånd fra 8000 - 16000 Hz og 110 dB for 1/3 oktavbåndene 20 000, 25 000 og 31 500 Hz.

|   |      |                                |     |                                      |     |           |      |           |      |       |       |       |       |       |       |      |
|---|------|--------------------------------|-----|--------------------------------------|-----|-----------|------|-----------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Bedrift   |      | Dato                           |     | Instrument                           |     | Udført av |      | Prøve nr. |      |       |       |       |       |       |       |      |
| Hz  | 31,5 | 63                             | 125 | 250                                  | 500 | 1000      | 2000 | 4000      | 8000 | 16000 | 31500 | dB(A) | dB(B) | dB(C) | dB(D) | Lin. |
| dB  | 120  | 115                            | 110 | 105                                  | 100 | 95        | 90   | 85        | 80   | 75    | 70    | 65    | 60    | 55    |       |      |
| <p>Lydtrykknivå pr. Oktavbånd, dB over 2·10<sup>-5</sup> N/m<sup>2</sup></p> <p style="text-align: right;">Frekvens, Hz</p> |      |                                |     |                                      |     |           |      |           |      |       |       |       |       |       |       |      |
|   |      | Eksponeringstid pr. dag, timer |     | Max. lydtrykknivå dB(A) ved Bredbånd |     | Smalbånd  |      |           |      |       |       |       |       |       |       |      |
|   |      | Over 5                         |     | 88                                   |     | 85        |      |           |      |       |       |       |       |       |       |      |
|   |      | 3 - 5                          |     | 90                                   |     | 88        |      |           |      |       |       |       |       |       |       |      |
|   |      | 2 - 3                          |     | 92                                   |     | 89        |      |           |      |       |       |       |       |       |       |      |
|   |      | 1 - 2                          |     | 94                                   |     | 91        |      |           |      |       |       |       |       |       |       |      |
|   |      | under 1                        |     | 100                                  |     | 97        |      |           |      |       |       |       |       |       |       |      |
| Anm.  |      |                                |     |                                      |     |           |      |           |      |       |       |       |       |       |       |      |
| Beskrivelse av prøvested  |      |                                |     |                                      |     |           |      |           |      |       |       |       |       |       |       |      |

Bilag 2

| Oktavbånd<br>midtfrekv. | Timer pr. dag og maks. lydtryknivå i dB uten hørselsvern ifølge BURNS |     |     |     |       |       |       |
|-------------------------|---|-----|-----|-----|-------|-------|-------|
|                         | 8 h   | 4 h | 2 h | 1 h | 1/2 h | 1/4 h | 1/8 h |
| 63                      | 97  | 100 | 103 | 106 | 110   | 116   | 122   |
| 125                     | 91  | 94  | 97  | 100 | 104   | 110   | 116   |
| 250                     | 87  | 90  | 93  | 96  | 100   | 106   | 112   |
| 500                     | 84  | 87  | 90  | 93  | 97    | 103   | 109   |
| 1000                    | 82  | 85  | 88  | 91  | 95    | 101   | 107   |
| 2000                    | 80  | 83  | 86  | 89  | 93    | 99    | 105   |
| 4000                    | 79  | 82  | 85  | 88  | 92    | 98    | 104   |
| 8000                    | 78  | 81  | 84  | 87  | 91    | 97    | 103   |
| Tilsvarende:            |   |     |     |     |       |       |       |
| ISO N ca.               | 83  | 86  | 89  | 92  | 96    | 102   | 108   |
| dB (A) ca.              | 86  | 89  | 92  | 95  | 99    | 105   | 111   |

| Oktavbånd<br>Midtfrekv. | Tillegg <sup>1)</sup> i maks. lydtryknivå<br>når det brukes hørselsvern av type: |                           |   |                                      |
|-------------------------|--|---------------------------|---|--------------------------------------|
|                         | Hz   | Øre-<br>propper<br>V 51 R | Glassdun <sup>2)</sup><br>stoppet:<br>løst    normalt | Øreklodde<br>med væske-<br>fylt kant |
| 63                      | 11   | 9                         | 16  | 17 - 20                              |
| 125                     | 13   | 12                        | 16  | 18 - 23                              |
| 250                     | 15   | 12                        | 16  | 20 - 27                              |
| 500                     | 18   | 12                        | 15  | 30 - 31                              |
| 1000                    | 22   | 15                        | 15  | 33 - 38                              |
| 2000                    | 27   | 25                        | 25  | 35 - 40                              |
| 4000                    | 32   | 23                        | 23  | 35 - 43                              |
| 8000                    | 29   | 40                        | 40  | 28 - 35                              |

<sup>1)</sup> Gjelder egentlig bare for ISO N85 – kurven i bilag 1, men kan antagelig tillempes for i hvert fall 2 og 1 timer.

<sup>2)</sup> Ifølge brosjyre for Billesholms Hørselsvern.



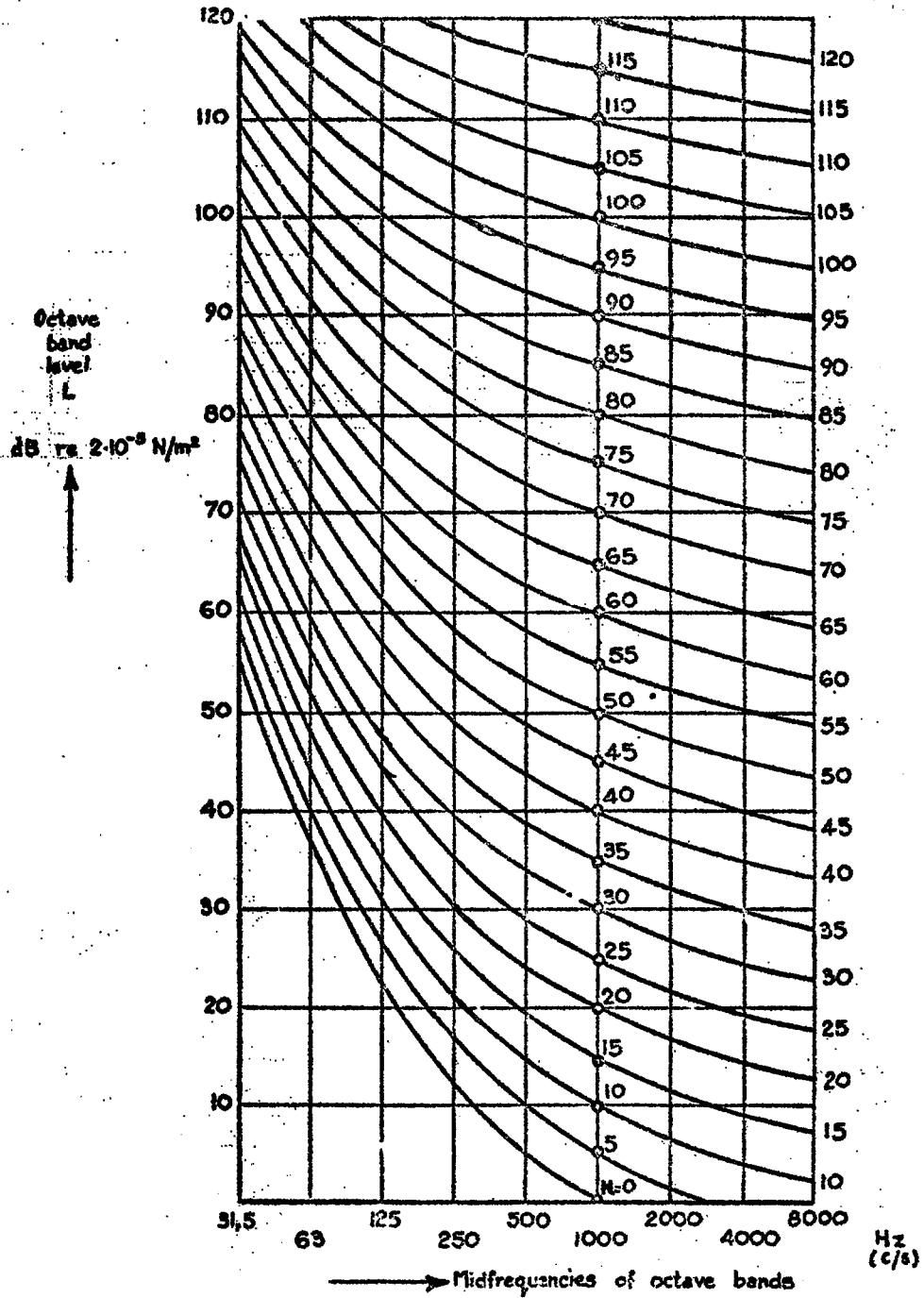
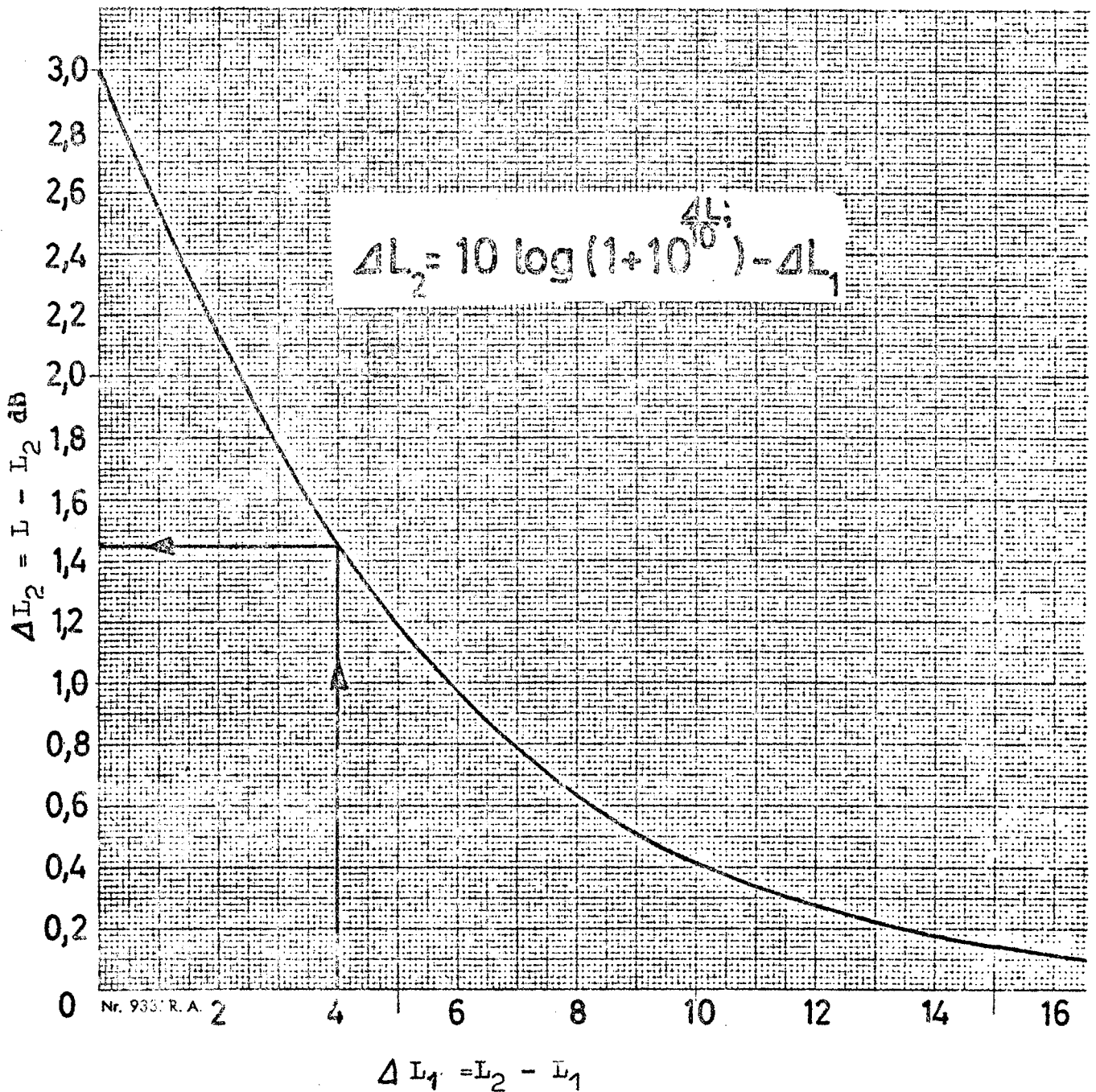


FIG. 11. NOISE RATING CURVES



Eksempel:

Beregning av totalt lydtrykknivå fra to maskiner med lydtrykknivå  $L_1 = 88$  dB og  $L_2 = 92$  dB.

$\Delta L_1 = 4$  dB. Følg pilen opp til kurven og til venstre hvor man finner  $\Delta L_2 = 1,45$  dB. Herav finnes  $L = 92 + 1,45 = 93,45$  dB

Det totale lydtrykknivå for begge maskiner blir 93,5 dB.