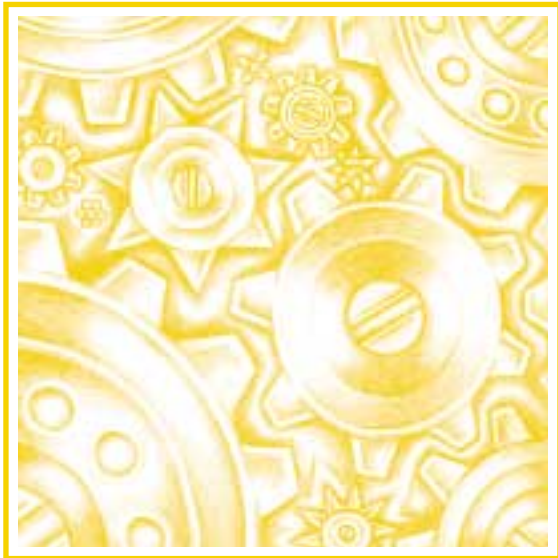




ET STØJSVAGT ARBEJDSMILJØ



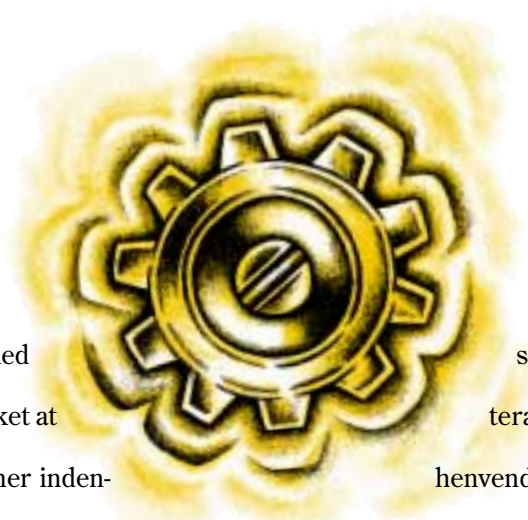
*En vejledning om måling
af støj på arbejdspladsen, indkøb af
maskiner og indretning af lokaler*



INDHOLDSFORTEGNELSE

PLANLÆGNING AF ET STØJSVAGT ARBEJDSMILJØ	6	15	Støjskærme og adskillelse af arbejdsprocesser
MÅLING AF STØJ PÅ ARBEJDSPLADSEN	6	17	AKUSTISK REGULERING
Valg af måleudstyr	6	17	Nogle gode råd om opsætning af absorbenter
Måling og beregning	6	18	Absorptionskoefficienter og ækvivalent absorptionsareal
Beregning af støjbelastning	7	19	Efterklangstid
Eksempel	8	19	Arbejdstilsynets krav
Metode 1	8	21	Lydreduktion pr. afstandsfordobling
Metode 2	8	22	Appendiks A : Absorptionskoefficienter
Rapport om måling af støj	10	23	Appendiks B : Absorption af maskiner og inventar
INDKØB AF STØJSVAGE MASKINER	11	24	Appendiks C : Eksempler
Leverandørens oplysninger om støj	11	26	STØJENS VIRKNING
Checkliste til brug ved indkøb af maskiner	12	26	Støj og hørelse
KRAV TIL STØJENDE MASKINER	13	26	Ørets opbygning
Krav om lavt støjniveau	13	28	Høreskaders opståen
Oplysninger om maskiners lydudstråling	13	28	Risiko for høreskader
STØJDÆMPNING AF MASKINER, SAMT STØJSKÆRME	14	28	De skadelige virkninger
Støjdæmpning ved kilden	14	31	GRUNDBEGREBER
Indgreb hvor lyden skabes	14	31	Lyd og støj
Indgreb under udbredelse i maskinen	14	31	Støjmålingsbegreber
Indgreb hvor lyden udstråles	14	33	Lydeffekt
Indkapsling af maskiner	15	33	Akustiske begreber

FORORD



Arbejdstilsynet har med denne vejledning ønsket at vejlede bredt om emner indenfor støjområdet. Nogle emner, måling af støj, indkøb af maskiner og akustisk regulering, har fået en forholdsvis grundig behandling, mens en grundig behandling af begrebet støjdæmpning ikke kan rummes i en vejledning som denne. Der henvi-

ses i stedet til specialliteraturen. Vejledningen henvender sig til rådgivere og indkøbere uden akustisk specialviden, til BSTer og naturligvis til Arbejdstilsynets egne tilsynsførende. Den kan også læses af medlemmer af sikkerhedsorganisationer med interesse for måling af støj og for indkøb af støjsvage maskiner.

PLANLÆGNING AF ET STØJSVAGT ARBEJDSMILJØ

Det er vigtigt at skabe et positivt samarbejds-klima, når man planlægger, hvordan støjen på en virksomhed skal bekæmpes. På de virksomheder, der har en sikkerhedsorganisation, er det især væsentligt, at få sikkerhedsorganisationen inddraget i arbejdet på et tidligt tidspunkt. På alle virksomheder er det desuden af stor betydning at få »manden på gulvet« til at medvirke i støjbekæmpelsen. Erfaringen viser nemlig, at de personer, der arbejder med støjende maskiner, ofte har det bedste kendskab til maskinernes funktion.

Elementer i planlægningen af et støjsvagt arbejdsmiljø er bl.a. følgende:

- ★ **Måling af støj på arbejdspladsen**
- ★ **Indkøb af støjsvage maskiner**
- ★ **Støjdæmpning af maskiner**
- ★ **Forbedring af rummets lydforhold**

De næste afsnit vil beskæftige sig med disse forhold.

MÅLING AF STØJ PÅ ARBEJDSPLADSEN

VALG AF MÅLEUDSTYR

Valget af måleudstyr afhænger af støjens karakter.

Almindelige støjmålere med visuel aflæsning kan bruges, hvor støjen højst varierer 5 dB(A). (Måleren skal indstilles på »slow« og A-vægtning).

Dosimetre kan være velegnede til måling af støjbelastning for personer, der opholder sig i skiftende støj.

En integrerende støjmåler kan måle alle typer støj. Den registrerer et gennemsnit af støjen, den såkaldte L_{Aeq} -værdi. Det er især nyttigt, hvor støjen varierer mere end 5 dB(A).

En støjmåler bør have indstillingsmuligheden »peak«, og den skal kunne måle korrekt – ikke mindst når det drejer sig om impulsstøj. Den bør opfylde kravet til et klasse 2 instrument i international standard IEC 61672-1 sound level meters.

MÅLING OG BEREGNING

Man bruger både målinger og beregninger for at finde frem til, hvor meget en person er belastet af støj.

I praksis bør man vælge denne fremgangsmåde:

For at finde frem til støjbelastningen måler man på

de steder, hvor personen arbejder. Her må man bestræbe sig på at anbringe mikrofonen ca. 10 cm fra personens værst belastede øre. Det har ingen betydning, om personen bruger høreværn, når man måler støjbelastningen.

Der måles over en støjmæssig typisk periode af arbejdsdagen. I mange tilfælde er det tilstrækkeligt at måle over et minut – eller kortere. Kun sjældent er det nødvendigt med målinger, der er længere end 5-10 minutter. Også kortvarige dosimetermålinger er ofte tilstrækkelige.

Hvis personen i løbet af dagen er udsat for støj af forskellig styrke og varighed, skal der beregnes et gennemsnit (L_{Aeq} -værdi), se afsnittet om »Beregning af støjbelastning«.

Hvis støjen forekommer skarp eller smældende, indeholder den sikkert impulser, og støjens spidsværdi bør måles (stilling »peak«).

Sådan kraftig impulsstøj forekommer f.eks. ved:

- ★ Slag, metal mod metal
- ★ Presser, især mekaniske
- ★ Aflæsninger fra trykluft

Når støjimpulserne er kraftige, skal den aflæste »slow« eller L_{Aeq} -værdi korrigeres. Arbejdstilsynets praksis er:

- ★ Der skal korrigeres, hvis støjen er »impulsagtig«, og dens spidsværdi overstiger 115 dB(A) eller dB(C) mere end én gang i minuttet. Der kan frit vælges mellem dB(A) og dB(C)

- ★ Korrektionen er +5 dB(A)

BEREGNING AF STØJBELASTNING

Støjbelastningen beregnes som L_{Aeq} -værdien normeret til en 8 timers arbejdsdag.

Arbejdes der længere end 8 timer en dag, bliver støjbelastningen derfor højere end den målte værdi.

Eksempler på beregning af støjbelastning er givet herunder. Der beskrives dels en metode, der gør brug af lommeregner, dels en metode hvor der anvendes tabeller. Ved beregning skal man være opmærksom på:

- ★ Støjniveauerne skal måles i dB(A) som »slow« eller » L_{Aeq} -værdier«
- ★ Eventuel korrektion for impulsstøj skal foretages



EKSEMPEL

En pladesmed er beskæftiget med opretning af bilkarrosserier. I løbet af en arbejdsdag er han udsat for følgende støj (L_{Aeq}):

Mejsling	94 dB(A) i 1 time
Slibning	90 dB(A) i 0,5 time
Svejsning	86 dB(A) i 1,5 time
Montage m.v.	77 dB(A) i 5 timer

Ved mejsling er støjen »impulsagtig«. Spids-værdierne måles til mellem 125 og 130 dB(A). De 94 dB(A) skal derfor korrigeres med + 5 dB(A) til 99 dB(A).

METODE 1

Til beregning af støjbelastningen anvendes nedenstående formel:

$$L_{Aeq}(8 \text{ timer}) = 10 \log \frac{1}{8} \left(t_1 10^{\frac{L_{Aeq1}}{10}} + t_2 10^{\frac{L_{Aeq2}}{10}} + \dots + t_n 10^{\frac{L_{Aeqn}}{10}} \right)$$

hvor:

★ L_{Aeq1} til L_{Aeqn} er de enkelte målinger i dB korrigeret for indhold af impulser

★ t_1 til t_n er den tilsvarende udsættelsestid for personen. Summen af disse kan være større eller mindre end 8 timer

Ved indsættelse fås:

$$L_{Aeq}(8 \text{ timer}) = 10 \log \frac{1}{8} (1 \cdot 10^{9,9} + 0,5 \cdot 10^{9,0} + 1,5 \cdot 10^{8,6} + 5 \cdot 10^{7,7}) = 90,6 \text{ dB} \approx \underline{91 \text{ dB}}$$

METODE 2

Til beregning af støjbelastningen anvendes tabel 1 og tabel 2:

I tabel 1 aflæses følgende:

Mejsling, 99 dB(A) i 1 time **395 »støjpoint«**

Da 99 dB(A) ikke findes i tabellen, aflæser man under den nærmeste værdi 100 dB(A).

Slibning 90 dB(A) i 0,5 time	20 »støjpoint«
Svejsning 86 dB(A) i 1,5 time	20 »støjpoint«
Montage m.v. 77 dB(A) i 5 timer	5 »støjpoint«
Sammenlægning giver	440 »støjpoint«

I tabel 2 ses:

at 400 »støjpoint« svarer til 91 dB(A)

at 500 »støjpoint« svarer til 92 dB(A)

Da 440 er nærmest 400, er pladesmedens støjbelastning 91 dB(A) over hele arbejdsdagen. Ser man på de enkelte processers »støjpoint«, fremgår det, at mejsling klart er den værste støjkilde.

Nøjagtigheden forbedres, hvis man interpolerer mellem værdierne i tabel 1.

VARIGHED PR. DAG	STØJNIVEAU, dB(A)								
	75	80	85	90	95	100	105	110	115
2 min					5	15	40	130	415
3 min					5	20	65	200	625
4 min					10	25	85	265	835
5 min				5	10	35	105	330	1040
6 min				5	15	40	125	395	1250
8 min				5	15	55	165	525	1670
10 min				5	20	70	210	660	2080
12 min			5	10	25	80	250	790	2500
14 min			5	10	30	90	290	920	2920
16 min			5	10	35	105	330	1050	3330
18 min			5	10	40	120	375	1190	3750
20 min			5	15	40	130	415	1320	4170
24 min			5	15	50	160	500	1580	5000
30 min			5	20	65	200	625	1980	6250
36 min			10	25	75	235	750	2370	7500
42 min		5	10	30	90	275	875	2770	8750
48 min		5	10	30	100	315	1000	3160	10000
1 t		5	15	40	125	395	1250	3950	12500
1 t 12 min		5	15	45	150	475	1500	4740	15000
1 t 24 min		5	20	55	175	555	1750	5530	17500
1 t 36 min		5	20	65	200	630	2000	6320	20000
1 t 48 min		5	25	70	225	710	2250	7110	22500
2 t	5	10	25	80	250	790	2500	7910	25000
2 t 24 min	5	10	30	95	300	950	3000	9490	30000
2 t 48 min	5	10	35	110	350	1110	3500	11100	
3 t 12 min	5	15	40	125	400	1260	4000	12600	
3 t 36 min	5	15	45	140	450	1420	4500	14200	
4 t	5	15	50	160	500	1580	5000	15800	
5 t	5	20	65	200	625	1980	6250	19800	
6 t	10	25	75	235	750	2370	7500	23700	
7 t	10	30	90	275	875	2770	8750	27700	
8 t	10	30	100	315	1000	3160	10000	31600	

TABEL 1. »Støjpoint« for støjniveau 75-115 dB(A) og varighed 2 minutter til 8 timer pr. dag.

SUM AF »STØJ- POINT«	ENERGI- ÆKVIVALENT STØJNIVEAU dB(A)
10	75
15	77
20	78
25	79
30	80
40	81
50	82
60	83
80	84
100	85
125	86
160	87
200	88
250	89
315	90
400	91
500	92
630	93
800	94
1000	95
1250	96
1600	97
2000	98
2500	99
3150	100
4000	101
5000	102
6300	103
8000	104
10000	105
12500	106
16000	107
20000	108
25000	109
31500	110

TABEL 2. Omsætning af »støjpoint« til L_{Aeq} over en 8 timers arbejdsdag.

RAPPORT OM MÅLING AF STØJ

EN RAPPORT MED DOKUMENTATION FOR STØJFORHOLD BØR INDEHOLDE FØLGENDE PUNKTER:

- ★ Virksomhedens navn og adresse
- ★ Den ansvarlige person for målingen og dennes firma/BST
- ★ Medvirkende fra virksomheden (SIO)
- ★ Dato for udførelse af målingerne
- ★ Navn på afdeling
- ★ Antal eksponerede personer
- ★ Evt. navn på den/de personer der måles på
- ★ Arbejdsforhold på måledagen inkl. produktionens omfang
- ★ Beskrivelse af/ navn på de maskiner/processer personerne er beskæftiget ved
- ★ Angivelse af hvor lang tid der arbejdes i hver situation
- ★ Evt. skitse eller fotos
- ★ Identifikation af måleudstyr
- ★ Mikrofonplacering – tæt (10 cm) ved operatørens øre
- ★ Aflæste niveauer med angivelse af lydmålerindstilling, slow/ L_{Aeq} og Peak
- ★ Angivelse af, hvor lang tid der er målt – ved L_{Aeq} og dosimetermålinger
- ★ Angivelse af kalibrering
- ★ Korrektion for impulser
- ★ Sammenregning af støjbelastning
- ★ Vurdering af måleresultater i forhold til grænseværdien
- ★ Evt. brug/udlevering af hørevern
- ★ Evt. forslag til foranstaltninger

I det almindelige sikkerhedsarbejde vil vejledende målinger af mere orienterende karakter normalt være tilstrækkelige. Lydmåler og kalibrator bør kontrolmåles. Retningsgivende skal det nævnes, at Miljøstyrelsen

for at godkende målinger kræver, at kalibratoren skal kontrolmåles én gang hvert år, og lydmåleren hvert andet år.

INDKØB AF STØJSVAGE MASKINER

Kun få virksomheder formulerer deres egne krav til tilfældelige støjniveauer, når de anskaffer en maskine. Ofte leveres maskinerne uden støjdemping eller oplysning om støjniveauet, og først når »skaden er sket«, tager man stilling til støjdempingen. Herved bliver arbejdet med støjdemping mere besværligt og ofte dyrere. Samtidig kan demping af maskiner, der er taget i brug, bevirke, at betjeningsforholdene forringes og give andre ulemper.

Derfor bør støjniveauet altid indgå i virksomhedens og sikkerhedsorganisationens bedømmelse af tilbud på nye maskiner.

LEVERANDØRENS OPLYSNINGER OM STØJ

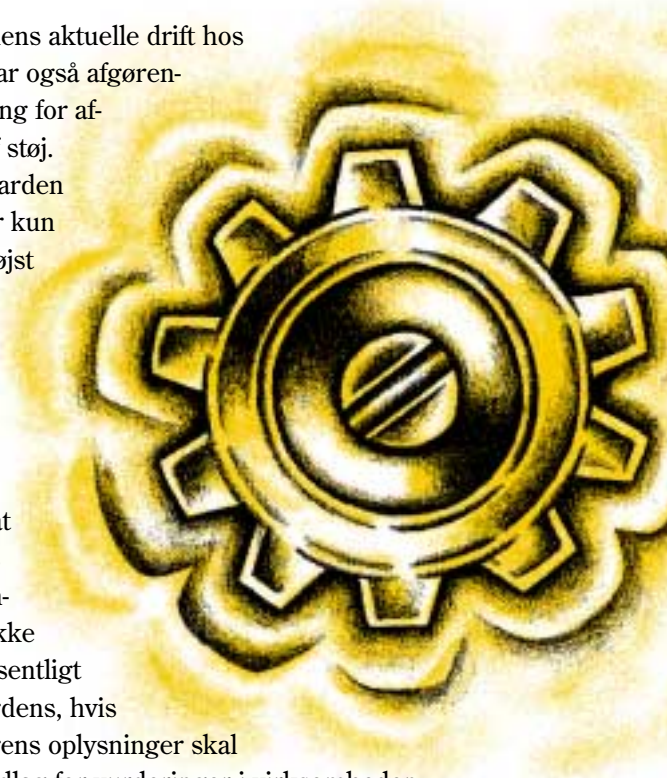
Efter gældende regler skal leverandøren bl.a. i brugsanvisningen oplyse, hvor meget maskinen støjer (støjdeklaration). Herved får køberen mulighed for at sammenligne maskiner fra forskellige leverandører og vælge dem, der støjer mindst.

Har man sikret sig, at maskinerne er målt efter samme standard (målemetoder), kan man umiddelbart sammenligne dem.

For en del maskiner er der ikke udarbejdet målestandarder, der beskriver målemetode og driftsforhold. Her skal leverandøren i stedet oplyse under hvilke driftsbetingelser, der er målt, og køberen må ud fra disse oplysninger vurdere, om de oplyste værdier for disse maskiner kan sammenlignes.

Brugsanvisningens støjoplysninger kan med nogen forsigtighed endvidere anvendes til at vurdere støjforholdene, når maskinen er i drift hos køberen, men det er forbundet med en del usikkerhed, fordi rummet, som maskinen opstilles i, har indflydelse på lydtrykniveauet, og det samme har støjen fra andre maskiner i nærheden.

Maskinens aktuelle drift hos køberen har også afgørende betydning for afgivelsen af støj. Målestandarderne foreskriver kun én, eller højst nogle få, driftstilstande til måling. Derfor må køberen sikre sig, at maskinens aktuelle anvendelse ikke afviger væsentligt fra standardens, hvis leverandørens oplysninger skal være grundlag for vurderinger i virksomheden.



CHECKLISTE TIL BRUG VED INDKØB AF MASKINER

INDEN INDKØB AF EN MASKINE BØR MAN SIKRE SIG AT:

- ★ Sikkerhedsorganisationen er inddraget
- ★ Der er støjdeklarationer på de tilbudte maskiner
- ★ Maskinerne er målt efter samme standard
- ★ Driftsbetingelserne, der ligger til grund for støjdeklarationerne, er ens, såfremt der ikke findes en støjmålestandard for denne type maskine
- ★ Det er oplyst, om der er målt med eller uden støjdæmpende foranstaltninger (partielle indkapslinger, særlige lyddæmpere o.lign.)
- ★ Eventuelt støjdæmpende udstyr, som leverandøren kan levere, er tilbudt, og at de støjreduktioner, der kan opnås herved, er oplyst
- ★ Leverandøren har oplyst, hvordan maskinen yderligere kan støjdæmpes på køberens foranledning, og hvilke støjreduktioner, der kan opnås herved
- ★ Maskinen støjmæssigt passer til de omgivelser, hvor den skal opstilles

KRAV TIL STØJENDE MASKINER

Arbejdstilsynets bekendtgørelse om indretning af tekniske hjælpemidler indeholder de krav en maskine skal opfylde, for at den må sælges inden for EU. Kravene er meget omfattende og dækker alle aspekter vedrørende sikkerhed og sundhed ved maskiner.

Der stilles krav om et lavt støjniveau fra maskinen og til, at leverandøren oplyser om maskinens lydudstråling.

KRAV OM LAVT STØJNIVEAU

Støjniveauet skal bringes så langt ned, som det er rimeligt i forhold til den tekniske udvikling. Leverandøren skal derfor anvende eksisterende midler til støjdæmpning, så støjen når det lavest mulige niveau.

For at hjælpe leverandøren har den europæiske standardiseringsorganisation CEN udarbejdet standarder, der beskriver principper for støjbekæmpelse, og de enkelte maskinstandarder vil ofte indeholde en vejledende liste over støjdæmpningsløsninger.

OPLYSNINGER OM MASKINERS LYDUDSTRÅLING

Til alle maskiner skal der være en brugsanvisning. Brugsanvisningen skal oplyse om maskinens lydudstråling.

- ★ **Lydtrykniveauet på operatørpladsen skal angives, med mindre det er meget lavt**

- ★ **Spidsværdien af lydtrykniveauet skal angives, når det overstiger en vis værdi**
- ★ **Når lydtrykniveauet er kraftigt, skal også lyd-effektniveauet fra maskinen angives**

Bekendtgørelsen om indretning af tekniske hjælpemidler indeholder nærmere herom.

Ovenstående oplysninger om lydudstrålingen kan man endvidere finde i tekniske datablade, brochurer o. lign. for maskinen.

CEN har udarbejdet standarder, der fastlægger, hvordan målingerne for en række maskintyper skal udføres, så resultaterne kan sammenlignes. Både de akustiske og de driftsmæssige forhold beskrives.

Der stilles endvidere krav i standarderne til målerummet, så indflydelsen herfra på lydtrykniveauet minimeres (det svarer til at måle udendørs). Derved kan disse værdier direkte bruges til sammenligning af maskiner. Til gengæld vil den angivne værdi ofte være for lille sammenlignet med virkeligheden indendørs hos en køber.

Lydeffektniveauet (se afsnittet »Grundbegreber«) er meget velegnet, når man skal sammenligne maskiner indbyrdes, fordi det udtrykker maskinens samlede lydudstråling, uafhængig af målerum og opstillingsrum. Man skal være opmærksom på, at lydeffektniveauet typisk ligger 10-15 dB(A) over lydtrykniveauet, så de to værdier må ikke forveksles.

STØJDÆMPNING AF MASKINER, SAMT STØJSKÆRME

STØJDÆMPNING VED KILDEN

Først og fremmest må man sørge for at vælge den mest støjsvage proces, der kan anvendes. Stop maskinen, når den ikke bruges, og undgå tomgangskørsel.

Ved dæmpning af kilden kan man gribe ind på 3 principielt forskellige steder:

- ★ **Hvor lyden skabes**
- ★ **Under udbredelsen inde i maskinen**
- ★ **Hvor lyden udstråles**

INDGREB HVOR LYDEN SKABES

Meget lyd opstår ved, at genstande eller maskindele støder mod hinanden. Lyddæmpning opnås ved at lade processer tage længere tid, eller foregå med mindre kraft, eksempelvis:

Når der anvendes skrårtslebne tandhjul i stedet for lige fortandede, dannes der mindre støj, fordi kraftudvekslingen mellem de enkelte tænder foregår over længere tid ved de skrårtslebne hjul. Når emner falder ned i transportkasser, kan stødtiden forlænges, og støjen dæmpes ved beklædning med gummi. Hvis det er muligt at mindske faldhøjden, bliver støjen dæmpet, fordi stødet sker med mindre kraft. Det er muligt at undgå toner (fløjten, hylene) i støjbilledet. Når savtænder går i

indgreb, eller når en ventilator drejer rundt, opstår der toner. De kan undgås, hvis man kan anbringe tænderne eller ventilatorens blade med uens afstand.

INDGREB UNDER UDBREDELSE I MASKINEN

Transmissionsvejen fra det sted, hvor lyden skabes, og til store, udstrålende flader skal afbrydes eller hæmmes, eksempelvis:

En hydraulikpumpe må ikke boltes direkte til olietanken. Anbring den et helt andet sted, eller sørg i det mindste for, at den direkte forbindelse er afbrudt med gummiisolatorer.

Lyddudbredelsen i en maskines struktur kan dæmpes ved at påføre en særlig dæmpemasse, eller hvis strukturen er hul ved at fylde den op med sand.

INDGREB HVOR LYDEN UDSTRÅLES

Udstrålingen fra tynde maskinsider kan dæmpes med dæmpemasse eller -plader, eksempelvis:

I mange tilfælde vil man kunne beklæde maskinsiderne indvendig med en lydabsorbent. Er pladerne tynde, vil udstrålingen fra dem herved blive dæmpet, og i alle tilfælde vil de komme til at virke som tætsiddende skærme eller som en indkapsling.

Hvis en beskyttelsesskærm laves af hulplade eller af net, vil udstrålingen fra skærmen formindskes. Til gengæld har den ingen virkning som lydskærm. Hvor fx emner føres frem gennem rør og slår mod rørvæggen,

kan støjen dæmpes med en strålingsmindskende beklædning. Den kan bestå af en skumplast, der limes udvendigt på rørvæggen. Uden på skumplasten limes en tung, blød plast, der vil være dårlig til at udstråle lyd.

INDKAPSLING AF MASKINER

I en indkapsling opnås god lydisolering med vægge af tunge, tætte materialer, fx 1-2 mm jernplade, der indvendigt er beklædt med lydabsorberende materiale. Er det nødvendigt med betjenings- eller ventilationsåbninger, skal der monteres lydsluger. Åbninger og utætte låger og døre vil formindske den støjdæmpende virkning væsentligt.

Vibrationsisolering af maskinen kan være nødven-

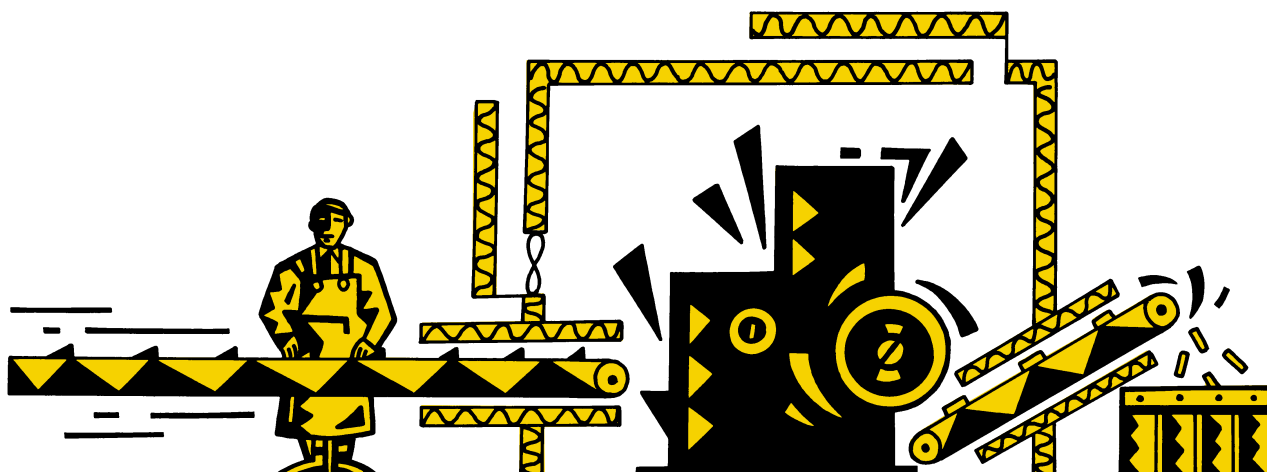
dig. Dette opnås ved opstilling på særlige vibrationsdæmpere eller på et særskilt fundament.

Ved en god indkapsling dæmpes støjen typisk 15 - 20 dB(A).

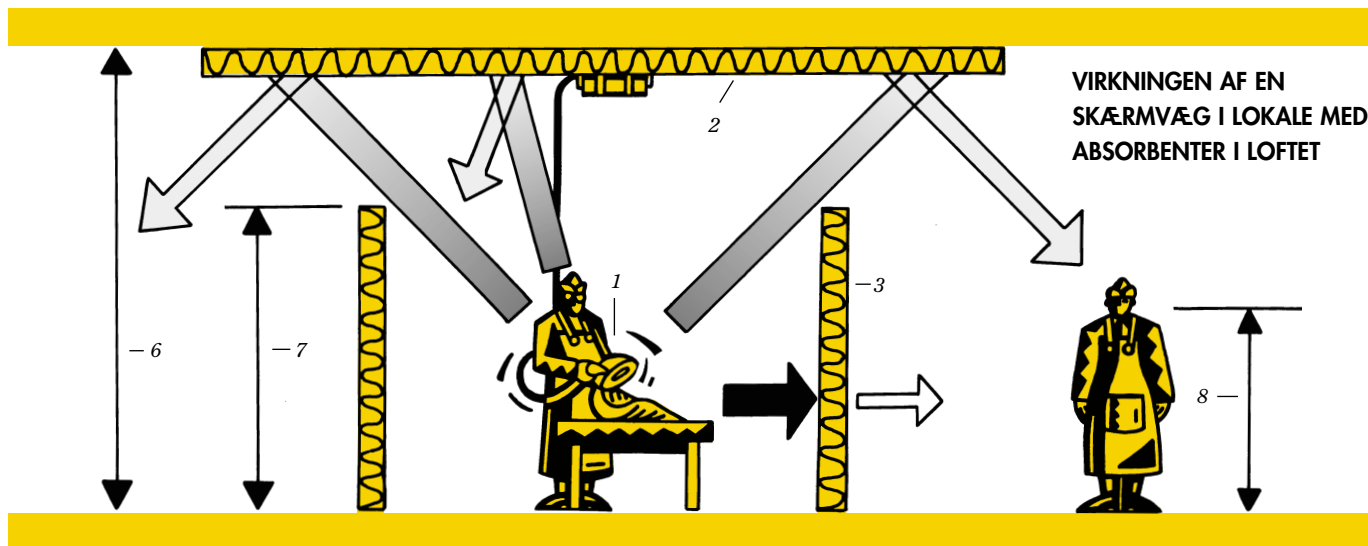
STØJSKÆRME OG ADSKILLELSE AF ARBEJDSPROCESSER

En støjskærm kan sænke støjniveauet med op til 10 dB(A) tæt bag ved skærmen. På større afstand bliver virkningen noget mindre, og støjskærme virker desuden bedst ved høje frekvenser.

Støjrefleksioner fra loft og vægge omkring en skærm mindsker skærmens virkning betydeligt. Derfor bør der altid placeres absorberter i et område over skærmen.



Eksempel på en støjindkapsling med lydsluger.



Forhold som påvirker afskærmningens effekt.

1. Støjkilde. 2. Lydabsorbent. 3. Skærm.

4. Afstand mellem skærm og person. 5. Afstand mellem støjkilde og skærm. 6. Loftshøjde. 7. Skærmhøjde. 8. Personers højde.



Skærmen skal være så høj, at sigtelinjen mellem støjkilde og modtager brydes, og jo højere skærmen er, jo bedre bliver dæmpningen. Hvis skærmen ikke for enden slutter mod en væg eller lignende, må den være så lang, at lyden rundt om skærmen begrænses mest muligt.

For at opnå bedst mulig dæmpning må skærmen placeres så tæt på støjkilden som muligt, alternativt så nær modtageren som muligt. Skærmen bør slutte tæt til gulvet.

Den side af skærmen, der er vendt mod støjkilden, bør være lydabsorberende. Såfremt der også udføres støjende aktiviteter på modtagerens side, bør skærmen

også her være absorberende. Man skal søge at adskille støjende og støjsvage arbejdsprocesser fx støjende maskiner fra arbejdspladser, hvor der foretages støjsvagt montagearbejde.

Det bedste resultat opnås ved at opdele produktionslokalet med støjtætte skillevægge. Er der tale om meget store produktionslokaler, kan man i stedet placere de støjende arbejdsprocesser langt væk fra mere stille arbejde.

Det er endvidere vigtigt at placere støjende hjælpeudstyr som fx kompressorer, ventilatorer, hydraulikstationer o. lign. uden for produktionslokalet i støjisolerede aggregatrum.

AKUSTISK REGULERING

I rum med en dårlig akustik runger det, man bliver generet af fjerntliggende arbejdspladser, og støjniveauet er højere end nødvendigt. I sådanne rum kan akustikken forbedres ved, at man opsætter lydabsorberende materialer på rummets loft, vægge og andre overflader. Opsætning af absorbenter kaldes akustisk regulering.

Absorbenter i rummet forhindrer, at lyden kastes tilbage, og kan i mange tilfælde bevirke, at lydniveauet sænkes med op til 6 dB i nogen afstand fra maskinerne. Tæt ved maskiner dominerer den direkte lyd, og den dæmpes i mindre grad. Forbedringen opleves dog mærkbart i hele lokalet. Når refleksionerne dæmpes,

NOGLE GODE RÅD OM OPSÆTNING AF ABSORBENTER

Er absorbenten udsat for stød, kan den beskyttes af en tynd perforeret plade med en perforeringsgrad på mindst 25%.

Ved bemalede absorbenter skal en specialmaling anvendes for ikke at forringe absorptionen.

Det er vigtigt at vedligeholde absorberterne. Skader kan forårsage drys.

Absorbenter behøver ikke udgøre en sammenhængende flade. Virkningen er lige så god ved opsætning af adskilte afsnit.

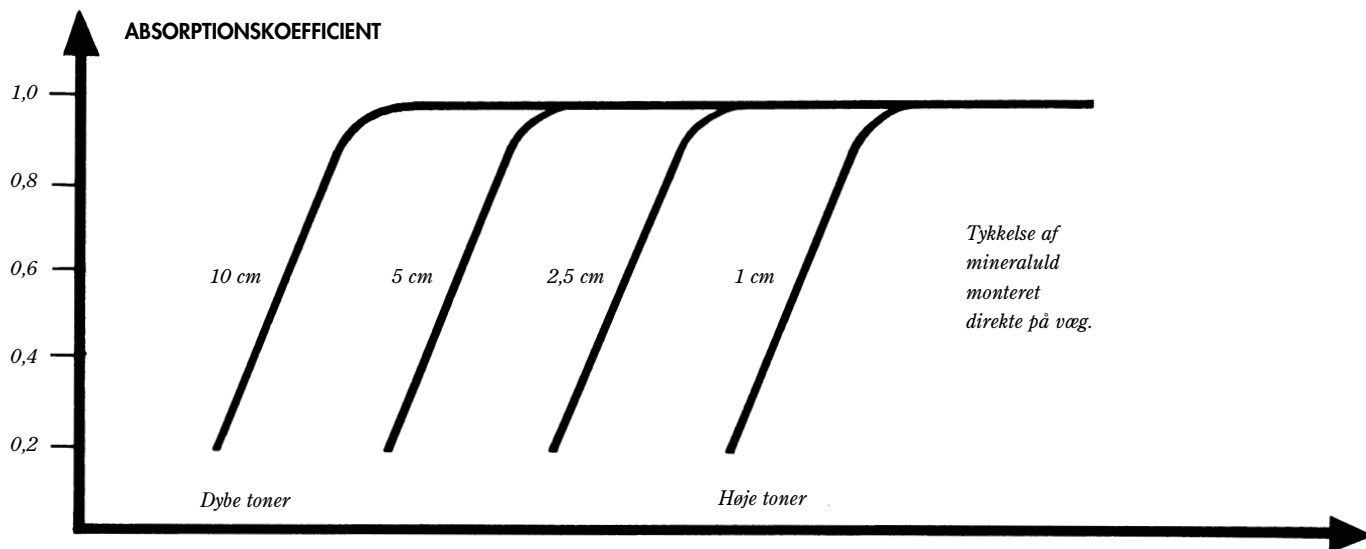
For at sikre god absorption af de lave frekvenser bør absorbenter opsættes i en afstand af minimum

10 cm fra loft eller vægge.

Absorbenter bør i princippet opsættes jævnt fordelt i rummet. Men er støjklenderne placeret i rummets ene ende, er det fordelagtigt at placere hovedparten af absorberterne i denne del.

Af praktiske hensyn opsætter man ofte absorberter i loftet, hvilket kan betyde, at man må flytte eksisterende lysarmaturer, sprinklere o.lign. I nogle tilfælde kan det undgås, hvis man opsætter nedhængte bafler.

Bafler er meget nemme at udskifte i tilfælde af beskadigelse, men virkningen er ikke så god ved lave frekvenser.



kan man bestemme retningen til de enkelte støjkilder, mens man i et lokale uden lyd-dæmpning kan have fornemmelsen af at drukne i støj.

De krav, som Arbejdstilsynet i sin praksis stiller til akustikken, findes i anvisning nr. 1.1.0.1 om akustik i arbejdsrum. Anvisningen kræver et godt kendskab til akustiske begreber, og i det følgende redegøres der for de mest nødvendige begreber og formler, som er forudsat kendt i anvisningen.

ABSORPTIONSKOEFFICIENTER OG ÆKVIVALENT ABSORPTIONSAREAL

Absorptionskoefficienten for en flade er et mål for den lydenergi, der absorberes af fladen i forhold til den energi, der rammer. Absorptionskoefficienten afhænger af lydets frekvens.

Mineraluldsabsorbenters evne til at absorbere lave frekvenser tiltager med tykkelsen. Af hensyn til stænk og drys er det ofte nødvendigt at male eller indkapsle absorbenter i tynd plastikfolie. Det kan reducere absorptionskoefficienten ved de høje frekvenser.

Mineraluldsabsorbenter og absorbenter af skumplast har absorptionskoefficienter på over 0,9 ved høje frekvenser. Absorptionen er mindre ved lavere frekvenser, men jo tykkere en absorbent er, desto bedre er den til at absorbere de lave frekvenser. Er der meget lavfrekvent støj, kan man anvende andre absorbenttyper, fx membran- og resonansabsorbenter.

Hvis en flade med et areal på S_1 m² har en absorptionskoefficient på α_1 , vil fladens totale absorptionsmængde være :

$$A_1 = S_1 \times \alpha_1$$

Den totale absorptionsmængde på et rums flader udregnes som summen af fladernes absorptionsmængde

$$A = S_1 \times \alpha_1 + S_2 \times \alpha_2 \dots\dots$$

Den absorberende virkning af inventar som fx. maskiner, eventuelle støjskærme og reoler skal også medregnes (se appendiks B).

Luftabsorptionen kan medtages, men har dog kun praktisk betydning i store rum. Rummets totale absorptionsmængde A kaldes også det »ækvivalente absorptionsareal«.

EFTERKLANGSTID

Et rums efterklangstid er et mål for, hvor hurtigt lydreflektionerne dør ud. Efterklangstiden er den tid, det tager lydtrykniveauet at falde 60 dB, efter at en lydkilde er afbrudt. I Nordtest Metode NT ACOU 053 er måling af efterklangstid beskrevet.

Efterklangstiden afhænger af rummets volumen og mængden af absorberende materiale.

Sammenhængen mellem rummets efterklangstid, T, og ækvivalente absorptionsareal kan findes af Sabines formel:

$$T = 0.16 \times V/A$$

hvor V er rummets volumen og A er det ækvivalente absorptionsareal. Sabines formel forudsætter, at lydfeltet er diffust, dvs. at lydenergien er nogenlunde ligeligt fordelt i rummet. Dette vil ofte være tilfældet, hvis rummets dimensioner er af samme størrelsesorden, og hvis rummet er hårdt. Man kan dog også normalt regne med

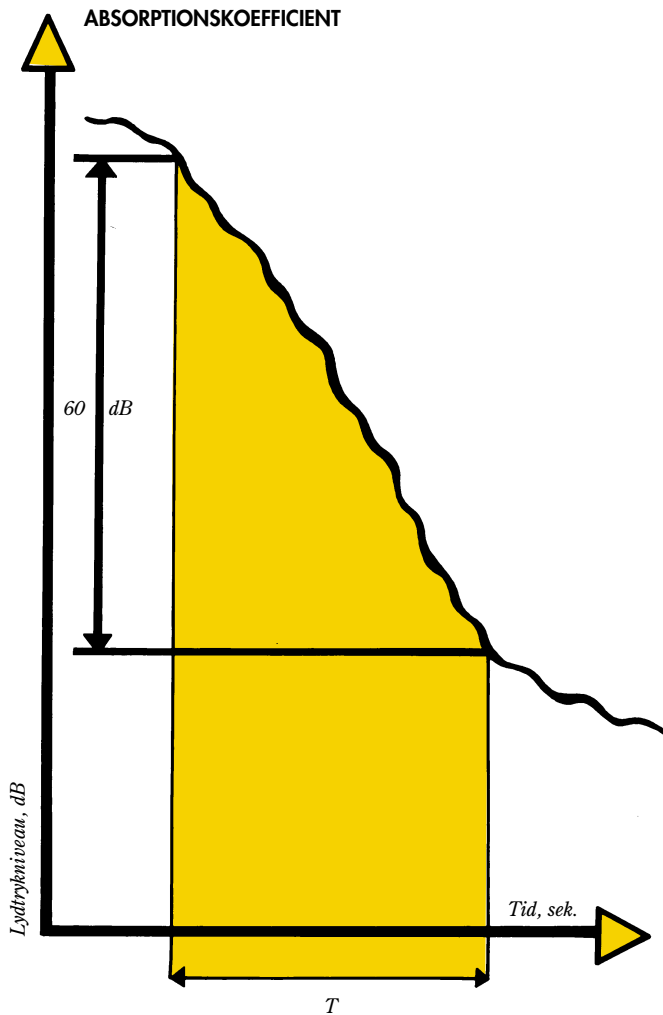
diffust lydfelt i et højloftet rum, selv om loftet er absorberende. Derimod er lydfeltet sjældent diffust, hvis rumhøjden er lille i forhold til længden og bredden (under ca. 1/3).

Man skal være opmærksom på at efterklangstiden – ligesom absorptionskoefficienten – er frekvensafhængig. Ofte er det således, at de høje frekvenser hurtigere dør ud, end de lave.

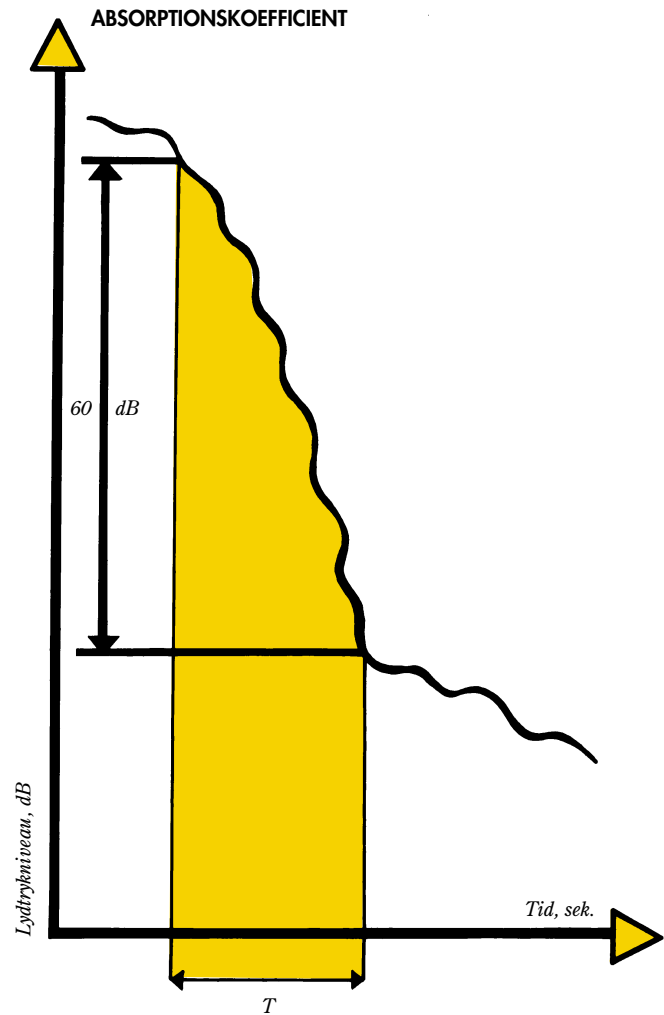
ARBEJDSSTILSYNETS KRAV

Arbejdstilsynets krav findes som nævnt i At-anvisning om Akustik i arbejdsrum. For små og middelstore rum stilles der krav til efterklangstiden. For store rum stilles kravet til det ækvivalente absorptionsareal. Kravet stilles til gennemsnitsværdien af absorptionsarealet respektivt efterklangstiden ved de angivne heloktav frekvenser. Derudover stilles der krav om, at afvigelsen fra den krævede værdi ved den værste frekvens, højst må være en bestemt værdi, der også er angivet i anvisningen.





»Hårdt rum«



»Dødt rum«

Figuren viser, hvordan lydtrykniveauet aftager, og dermed hvor lang efterklangstiden er, i et »hårdt rum« (lidt absorption) og i et »dødt rum« (megen absorption). Det ses, at lydtrykniveauet falder meget hurtigere i det døde rum.



Ved projektering af nye rum beregnes det ækvivalente absorptionsareal ud fra absorptionskoefficienterne for de enkelte materialer og arealerne af fladerne. En liste over absorptionskoefficienterne for almindeligt forekommende bygningsmaterialer findes i appendiks A. Absorptionskoefficienten for de egentlige lydabsorberende materialer kan oplyses hos leverandøren.

Følgende fremgangsmåde anvendes, når det skal beregnes, hvor meget absorbent, der skal tilføres et eksisterende rum:

Ved små og middelstore rum beregnes den nødvendige absorptionsmængde ud fra en ønsket/krævet efterklangstid. Ud fra en målt efterklangstid beregner man dernæst, hvor stor en absorptionsmængde rummet allerede indeholder. Forskellen mellem den nødvendige og den indeholdte absorptionsmængde angiver så, hvor meget absorbent, der skal tilføres.

Ved store rum beregnes de eksisterende absorptionsmængder ud fra absorptionskoefficienterne for rummets overflader og disses areal. Her medtages også inventar m.v. Det samlede ækvivalente absorptionsareal sættes i forhold til gulvarealet og sammenlignes derefter

med kravet i anvisningen.

I appendiks C gives to eksempler, der illustrerer principperne i beregningen.

LYDREDUKTION PR AFSTANDSFORDOBLING

En nyere metode til bedømmelse af akustikken i arbejdslokaler beskrives i den internationale standard ISO 11690 »Recommended practice for design of low-noise workplaces containing machinery, part 1-3«.

Heri defineres størrelsen »Lydreduktion pr. afstandsfordobling« (DL2), der beskriver, hvor meget lydtrykniveauet aftager, når man fordobler afstanden til lydkilden. Udendørs vil DL2 være 6 dB, når der ikke forekommer lydrefleksioner fra bygninger o.lign. Indendørs vil DL2 derimod variere, alt afhængigt af hvor stort rummet er, hvor meget rummets flader absorberer, og af rummets møblering.

Det forventes at DL2 vil blive mere anvendt i fremtidige vurderinger af arbejdslokalers akustiske kvalitet. Der er endnu ikke ret mange danske erfaringer med denne størrelse, så rådgivende firmaer opfordres til at indsamle erfaringer med den – specielt for store rum.

APPENDIKS A: ABSORPTIONSKOEFFICIENTER

Absorptionskoefficienter som funktion af frekvensen for en række almindeligt forekommende byggematerialer.

Frekvens(Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
GULVE						
Trægulv på strøer	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07
Trægulv lagt i asfalt	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07
Kork, linoleum eller gummi på beton	0,04	0,04	0,05	0,05	0,03	0,02
Gulvtæppe, 9 mm på beton	0,09	0,08	0,21	0,26	0,27	0,37
Gulvtæppe, med filtunderlag, ialt 16 mm	0,20	0,25	0,35	0,40	0,50	0,75
VÆGGE, EVT. LOFTER						
Upudset mursten	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05
Pudset mursten med tapet	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,07
Pudset og malet mursten eller beton	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Pudset træforskalling	0,03	0,05	0,06	0,08	0,04	0,06
Træpanel, 11 mm med 8 cm luft bagved	0,30	0,25	0,20	0,17	0,15	0,10
Gipsplade, 13 mm på 10 cm lægter med mineraluld i hulrum	0,30	0,12	0,08	0,06	0,06	0,05
Gipsplade, 2x13 mm malet på 50 mm stålskelet med mineraluld i hulrum	0,12	0,10	0,08	0,06	0,06	0,06
Mineraluld, 25 mm på mur	0,09	0,23	0,53	0,72	0,75	0,77
Mineraluld, 100 mm på mur	0,40	0,65	0,90	0,92	0,95	0,99
Træbeton, 50 mm	0,08	0,20	0,45	0,80	0,66	0,85
Leca-beton	0,15	0,19	0,44	0,63	0,52	0,75
Døre (lette)	0,25	0,20	0,15	0,10	0,08	0,07
Massiv trædør	0,14	0,10	0,06	0,08	0,10	0,10
Fliser	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Mangehulsten, 78 huller · 6x6 mm pr. sten, 50 mm hulrum bagved med mineraluld	0,48	0,77	0,38	0,27	0,65	0,35
Enkeltrude, 3 mm glas	0,08	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02
Dobbeltrude, 10 mm glasafstand, 2-3 mm glas	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02
Åbning til det fri	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Kilder: »Lydabsorptionskoefficienter«, SBI-meddelelse 45; »Akustik for bygningsteknikere«, Teknologisk institut ; Bygningsakustik/Rumakustik«, Gyproc. De angivne absorptionskoefficienter er vejledende. Opbygningen af fladerne kan have betydning for deres absorberende egenskaber. For andre materialer henvises der til speciallitteraturen.

APPENDIKS B: ABSORPTION AF MASKINER OG INVENTAR

Maskiner og andet inventar bidrager også til et lokales absorption. Maskinernes bidrag til absorptionsarealet kan overslagsmæssigt beregnes af følgende formel:

$$A_{\text{maskiner}} = 4 \cdot q \cdot V \cdot \alpha_{\text{maskiner}}$$

V er lokalets volumen.

α_{maskiner} er absorptionskoefficienten for maskinerne.

q beskriver maskintætheden i lokalet (m^{-1}).

q bestemmes af, hvor stor en procentdel af gulvet, der er dækket af maskiner. q kan findes efter følgende retningslinier:

Maskiner dækker mindre end 20% af gulvarealet: $q = 0.01$

Maskiner dækker 20-50% af gulvarealet: $q = 0.033$

Maskiner dækker mere end 50% af gulvarealet: $q = 0.1$

Absorptionskoefficienterne α_{maskiner} for maskiner og andet inventar kan skønnes efter denne tabel:

Frekvens (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Maskiner mv. (metaloverflader)	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06
Anden møblering (træ og lignende)	0.08	0.08	0.09	0.09	0.10	0.12

Hvis maskintætheden i et større lokale er forskellig i områder, kan absorptionsarealet beregnes på grundlag af de forskellige delvolumener.

Kilder:

VDI 3760 »Berechnung und Messung der Schallausbreitung in Arbeitsräumen«. ISO 11690 »Recommended practice for design of low-noise workplaces containing machinery, part 3«



APPENDIKS C: EKSEMPLER

EKSEMPEL 1

Dette eksempel illustrerer, hvorledes man beregner den absorptionsmængde, der skal tilføres til et mindre lokale.

Beregningen her udføres ved 1000 Hz. Tilsvarende beregninger skal udføres for de øvrige frekvenser, som ønskes reguleret.

I et lokale på 200 m³ er der målt en efterklangstid på 1,9 sekund ved en frekvens på 1000 Hz. Idet der ønskes en efterklangstid på 0,8 sekund ved 1000 Hz, skal det beregnes, hvor meget absorbent der skal tilføres rummet.

Ved en efterklangstid på 0,8 s kræves der ifølge Sabines formel et ækvivalent absorptionsareal på :

$$0,16 \times 200 / 0,8 = 40 \text{ m}^2\text{-Sab.}$$

Rummets oprindelige absorptionsareal er på :

$$0,16 \times 200 / 1,9 = 17 \text{ m}^2\text{-Sab.}$$

For at sikre den ønskede efterklangstid skal der altså tilføres en absorptionsmængde på $40 - 17 = 23 \text{ m}^2\text{-Sab.}$

Hvis den valgte absorbent har en absorptionskoefficient på 0,7 ved 1000 Hz, skal der tilføres $23 / 0,7 = 33 \text{ m}^2$ af absorbenten.

EKSEMPEL 2

Dette eksempel illustrerer, hvorledes man beregner den absorptionsmængde, der skal tilføres til et større lokale, for at overholde At-anvisningens krav.

Beregningen her udføres ved 1000 Hz. Tilsvarende beregninger skal udføres for de øvrige frekvenser, som angivet i At-anvisningen.

Rummet der regnes på, har et volumen på $V = 1890 \text{ m}^3$, og et gulvareal på $S_{\text{gulv}} = 24 \times 15 \text{ m}^2 = 360 \text{ m}^2$. Loftshøjden i rummet varierer mellem 4.5 m og 7.0 m. Nærmere beskrivelse af rummets flader findes i nedenstående skema.

Først beregnes hvor stort et ækvivalent absorptionsareal, der findes i rummet. Dette gøres ved at finde absorptionskoefficienter for alle fladerne i rummet og gange dem med deres respektive areal:

$$A = S_{\text{gulv}} \times \alpha_{\text{gulv}} + S_{\text{loft}} \times \alpha_{\text{loft}} + \dots$$

En del af absorptionskoefficienterne kan findes i listen i appendiks A. Beregningerne kan med fordel opstilles i et skema.

BESKRIVELSE	AREAL S (m ²)	ABS. KOEFF. α	S \times α (m ²)
Gulv af beton	360	0.03	0.03 \times 360= 11
Facade af stål	84	0.05	0.05 \times 84 = 4
Facade af beton	40	0.03	0.03 \times 40 = 1
2 gavle af beton	134	0.03	0.03 \times 134= 4
Port metal/glas	24	0.05	0.05 \times 24 = 1
Åbning t. naborum	15	1.00	1.00 \times 15 = 15
Loft af gipsplade	398	0.06	0.06 \times 398= 24
Kontor af træ	30	0.15	0.15 \times 30 = 5

Det ækvivalente absorptionsareal findes nu ved at summere den sidste kolonne:

$$A = 11 + 4 + 1 + 4 + 1 + 15 + 24 + 5 \text{ m}^2 = 65 \text{ m}^2$$

Kravet til absorptionsarealet er ifølge At-anvisningen på 0.7 gange gulvarealet, da rummets volumen overstiger 1000 m³, og gennemsnitslofthøjden overstiger 5 m. Dette giver et krav til absorptionsarealet på:

$$A_{\text{krav}} = 0.7 \times S_{\text{gulv}} = 0.7 \times 360 \text{ m}^2 = 252 \text{ m}^2$$

Det betyder at der mangler et absorptionsareal på:

$$A_{\text{tilføres}} = A_{\text{krav}} - A = 252 - 65 \text{ m}^2 = 187 \text{ m}^2$$

For at rummet skal kunne leve op til anvisningens krav, planlægges det nu at beklæde 300 m² af loftet med en absorberende plade, der har en absorptionskoefficient på 0.80 ved 1000 Hz. Derved **tilføres** der et absorptionsareal på $0.80 \times 300 \text{ m}^2 = 240 \text{ m}^2$.

Men når der sættes 300 m² absorberende plader op, kommer de til at dække for et lige så stort areal af de oprindelige gipsplader. Derfor kommer der et **fradrag** i absorptionsarealet på $300 \text{ m}^2 \times \alpha_{\text{gips}} = 300 \times 0.06 \text{ m}^2 = 18 \text{ m}^2$.

Det totale ækvivalente absorptionsareal ved 1000 Hz i rummet efter opsætning af absorberende plader bliver nu:

$$A_{\text{ny}} = A + 240 - 18 = 65 + 240 - 18 \text{ m}^2 = 287 \text{ m}^2$$

Der skal nu laves helt tilsvarende beregninger ved de

andre frekvenser i området 125-2000 Hz. Resultatet af disse beregninger er vist i det næste skema.

Frekvens (Hz)	125	250	500	1000	2000
A _{ny} (m ²)	213	224	246	287	301

Gennemsnitsværdien af absorptionsarealerne findes til:

$$A_{\text{gen}} = (213 + 224 + 246 + 287 + 301) / 5 = 254 \text{ m}^2$$

Dette er nok til at overholde kravet på $A_{\text{krav}} = 252 \text{ m}^2$, selv om større sikkerhed normalt må foretrækkes. Men som det ses i tabellen, ligger absorptionsarealerne ved 125, 250 og 500 Hz under kravet på 252 m², og det skal derfor kontrolleres, at de ikke afviger for meget.

I At-anvisningen findes, at ved 125 og 250 Hz må afvigelsen højst være 0.2 gange gulvarealet, og det giver i dette tilfælde en maksimal afvigelse på $0.2 \times S_{\text{gulv}} = 0.2 \times 360 = 72 \text{ m}^2$. Med andre ord skal absorptionsarealet ved 125 og 250 Hz være større end $252 - 72 = 180 \text{ m}^2$, hvilket er overholdt for begge frekvenser.

Tilsvarende angiver At-anvisningen, at ved frekvenser over 250 Hz må afvigelsen højst være 0.1 * gulvarealet. Ved de samme beregninger som ovenfor findes at absorptionsarealet skal være større end 216 m². Dette er overholdt ved alle frekvenserne, så det er tilstrækkeligt at sætte 300 m² absorberende plade op i lokalet.



STØJENS VIRKNING

STØJ OG HØRELSE

Øret er et højt udviklet sanseorgan, der er i stand til at opfatte meget fine nuancer i lyden.

Til beskrivelse af lydstyrken bruges decibel-skalaen, og den er lagt således, at et ungt menneske med normal hørelse kan høre et lydtrykniveau på ca. 0 decibel (dB).

Smertetærsklen ligger på ca. 120 dB.

Decibel-skalaen er en logaritmisk skala, og det betyder, at når lydstyrken stiger med ca. 3 dB fordobles lydenergien, der når øret. Dæmpes støjniveauet med 3 dB, kan man derfor opholde sig dobbelt så længe i støjen og have uændret risiko for høreskade, idet den modtagne energi er uændret. En sænkning af støjen på nogle få dB er derfor også af betydning.

Når støjen stiger med 10 dB, opleves lydstyrken som dobbelt så kraftig. Det vil med andre ord sige, at 90 dB lyder dobbelt så kraftigt som 80 dB.

Almindelig samtale foregår med en styrke på ca. 60 dB. Overstiger støj fra omgivelserne 75 dB, er det nødvendigt at hæve stemmen. Ved støj over 90 dB må man råbe.

I det efterfølgende gives en kort oversigt over de vigtigste begreber i forbindelse med øret.

ØRETS OPBYGNING

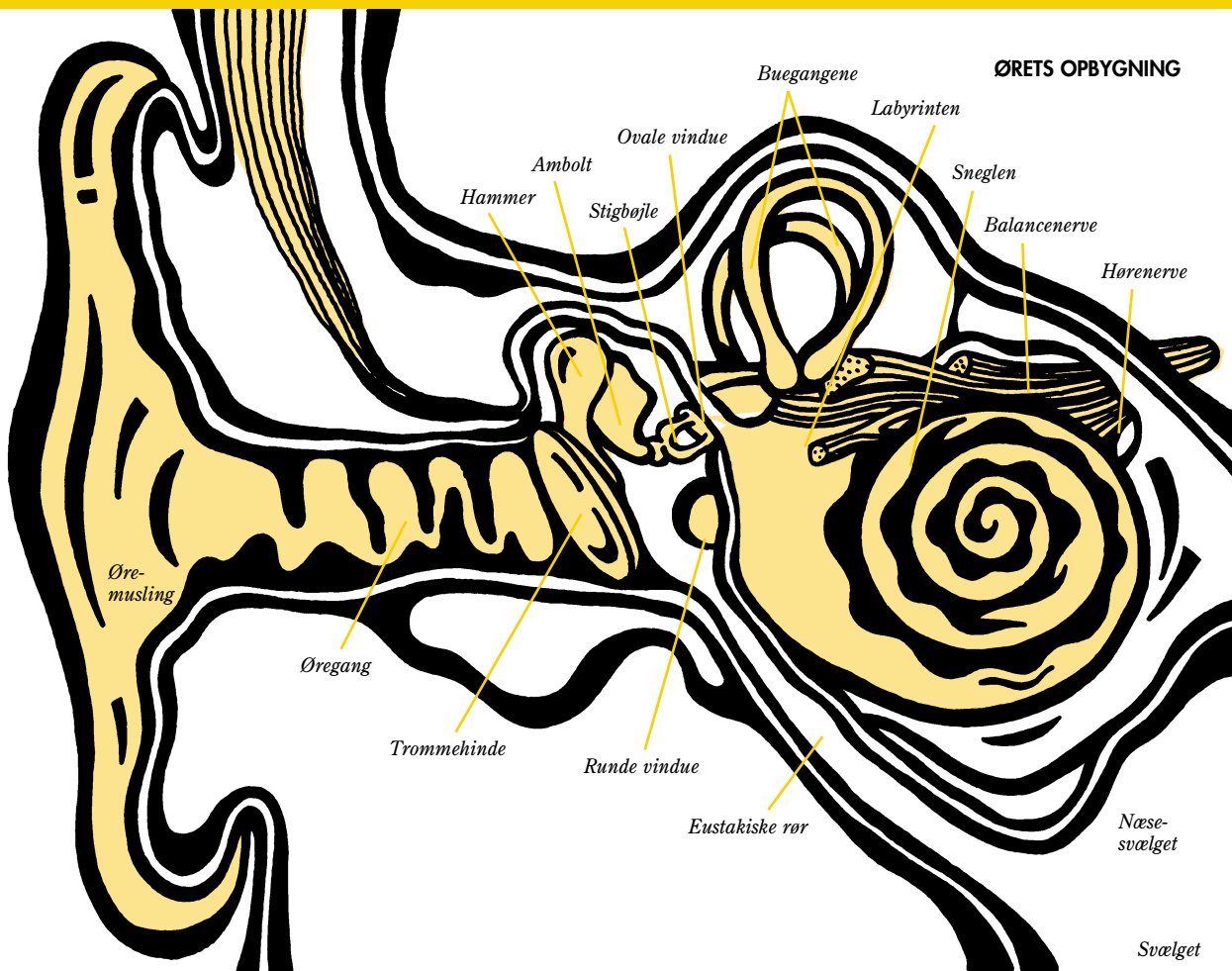
Øret kan opdeles i tre dele. Det ydre øre, mellemøret og det indre øre. Det ydre øre er det, vi kan se, samt øregangen ind til trommehinden. Funktionen af det ydre øre er at forstærke lyden, inden den rammer trommehinden, og at bidrage til, at vi kan retningsbestemme lyde.

Mellemøret er et luftfyldt hulrum, hvor de tre øreknogler hammeren, ambolten og stignøglen sidder. Disse knogler overfører svingningerne fra trommehinden til det indre øre. I mellemøret findes der også to små muskler. Den ene bruges til at spænde trommehinden, og den anden bruges til at sikre, at der ikke kommer for store svingninger i stignøglen. På den måde kan øret i korte perioder selv dæmpe en smule for store lydstyrker.

Det indre øre er et væskefyldt hulrum, hvor ligevægtsorganet og øresneglen findes. I øresneglen sidder en række hårceller. De omdanner svingningerne til nerveimpulser, der via nervebanerne sendes til hjernen.

Ørets følsomhed medfører, at der sker en vis vægtning af det lydbillede, man hører. Det er derfor hensigtsmæssigt at lave en vægtning af de målte lydtrykniveauer, så de passer bedre med det, der høres. Det





gøres med et såkaldt »A-vægtnings filter«. A-vægtningen bevirker, at der »skæres af« de høje og de dybe

toner, når der måles. Når en målt lydstyrke er korrigeret med A-vægtningsfilter, angives lydstyrken som dB(A).



HØRESKADERS OPSTÅEN

Høreskader opstår, når en person udsættes for vedvarende støj på over ca. 80 dB(A) igennem længere tid. Høreskaden opstår ved, at de mikroskopiske hårceller, der opfanger bevægelser i øresneglens væske, nedslides. Hårcellerne vil først blive deformeret, og ved yderligere støjpåvirkninger, vil hårcellerne ødelægges. Er dette sket, vil høreskaden være permanent, og personen må leve med den resten af livet.

Høreskade kan også opstå ved en enkelt, kraftig støjimpuls som fx en eksplosion. Herved kan et område med hårceller blive ødelagt momentant. Denne skade vil også være permanent.

En høreskade opstår i reglen først i frekvensområdet omkring 4000 Hz. Hvis man udsættes for støjen gennem længere tid, vil høretabet ved 4000 Hz blive større, og det vil brede sig til højere og lavere frekvenser. Dog er der sjældent noget betydende høretab under ca. 1000 Hz.

Det skal nævnes her, at en høreskade ofte ikke opdages af personen selv, før skaden er alvorlig.

RISIKO FOR HØRESKADER

Hvorvidt en høreskade opstår, afhænger meget af den person der udsættes for støjen. Nogle mennesker siges at have »sten-ører«, hvor andre har »glas-ører«. Der er dog flere faktorer, der er generelle:

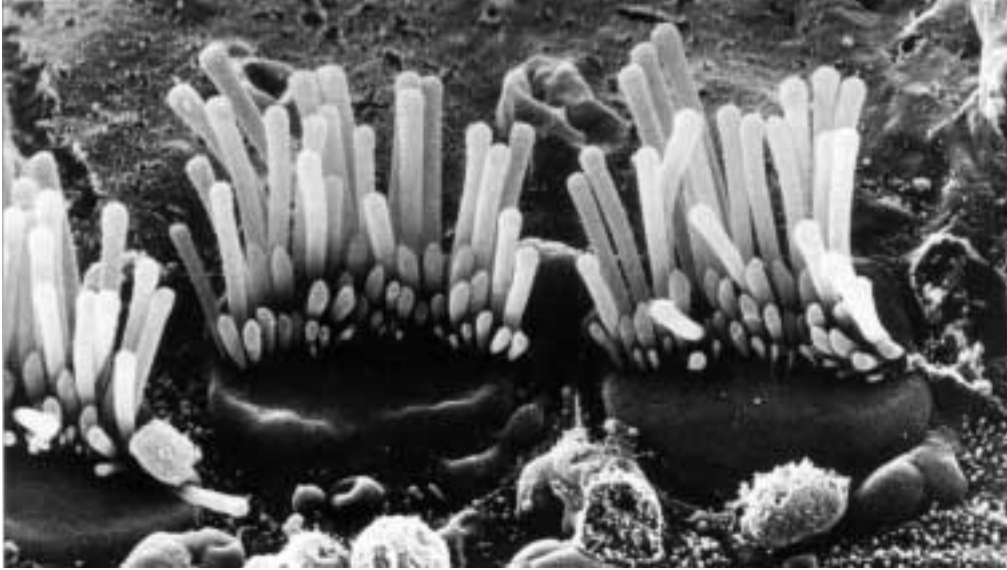
Støjens styrke og varighed har væsentlig betydning for risikoen for høreskader. Risikoen stiger, når man gennem år opholder sig i støjende omgivelser.

Risikoen for at pådrage sig en høreskade ved forskellige støjniveauer fremgår af nedenstående tabel, som er hentet fra Dansk Standard DS 797 »Bedømmelse af støjeksponering på arbejdspladsen med henblik på hørebekyttelse«:

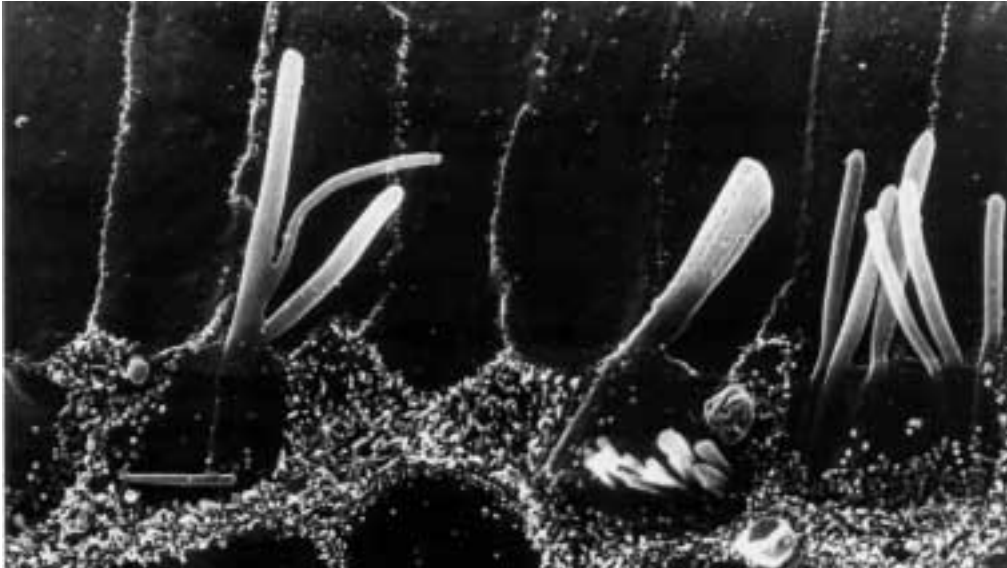
STØJBELASTNING PÅ ARBEJDSPLADSEN I 10 ÅR	RISIKO FOR STØJSKADE
80 dB(A)	0 %
85 dB(A)	4 %
90 dB(A)	11 %
95 dB(A)	24 %

DE SKADELIGE VIRKNINGER

En høreskade medfører social isolation. Man mister evnen til at kommunikere med andre. En begyndende høreskade giver sig tit udslag i, at den skadede person synes, at alle andre »mumler«. Det skyldes, at høreskaden starter ved de høje toner, og personen ikke længere kan høre visse konsonanter, fx t- og s-lyde. Der er



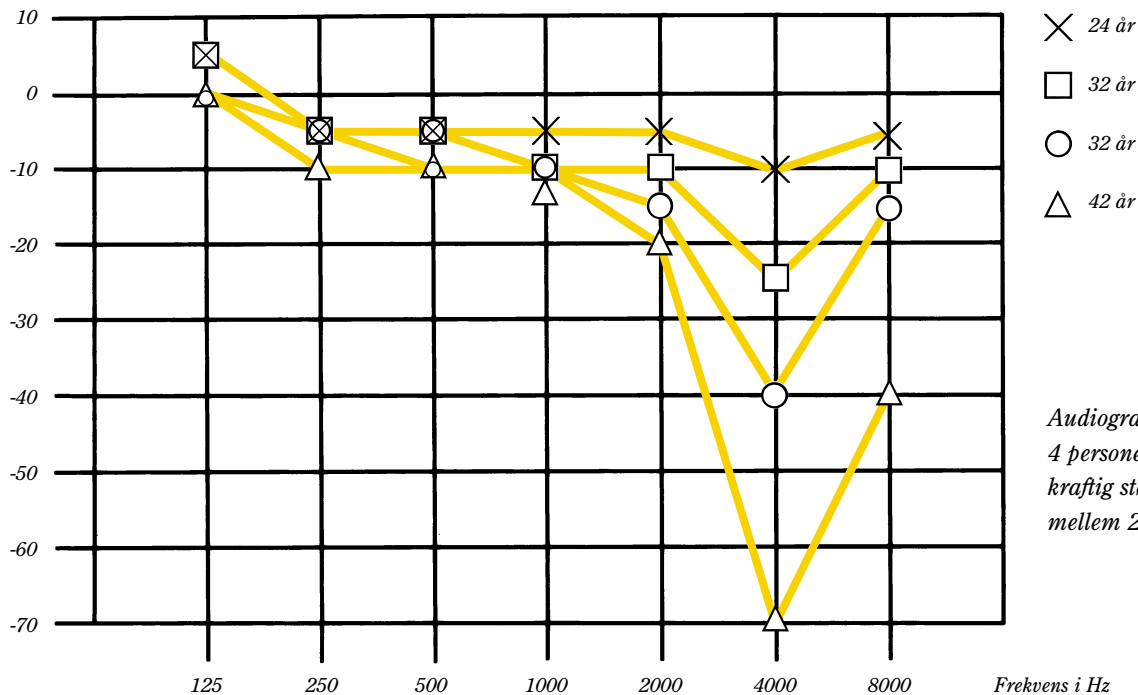
Normalt, uskadt øre. Ved hjælp af et elektronmikroskop kan man se hårcellerne med deres fine hår. Disse fine hår sættes i bevægelse af lyden. Jo højere lydniveau, desto mere vajer hårene. Via hårcellernes vajer omsættes lydbølgerne til nerveimpulser, som videregiver information til hjernen.



Et støjskadedt øre. Elektronmikroskopet afslører, hvad der er sket med et støjskadedt øre. De fine hår har gentagne gange været udsat for en høj lydosis. Til sidst er de knækket af. De få hår, som er tilbage, er ikke i stand til at formidle mere end en brøkdelen af den information, som findes i lydbølgerne: en permanent høreskade er opstået.

Fotos: Peltor Försäljning AB

Høretab
i dB



Audiogrammet for
4 personer, alle udsat for
kraftig støj. Alder
mellem 24 og 42 år.

allerede nu opstået en permanent høreskade. På dette stadiet oplever personen tit misforståelser, og at folk »vender ham ryggen«, da han er svær at tale med. Det vil også være svært at følge med i samtaler, hvor flere personer taler samtidigt, da det er blevet svært at skelne lyde fra hinanden.

Tinnitus er et symptom, der i mange tilfælde følger med en høreskade. Det består af ringen eller susen for ørene. Tinnitus kan variere meget i tone og styrke. Det er beskrevet af flere personer, som svarende til, at man sætter munden af en støvsugerslange op til øret. Andre personer oplever en kraftig tone. Tinnitus kan

komme i en periode, eller kan blive kronisk, så personerne skal leve med det, dag og nat, resten af livet.

Følggevirkningerne er ofte søvnbesvær, irritation og i ekstreme tilfælde depressioner. Der findes også eksempler på, at musikere har nævnt tinnitus som så generende, at det væsentligt har medvirket til, at de måtte opgive deres erhverv.

Støj påvirker også andet end hørelsen. Støj kan give stresspåvirkninger, der igen forårsager ændret åndedrætsrytme og forhøjet blodtryk. Støj betyder også nedsettelse af koncentrationsevnen, og er af denne grund stærkt mistænkt for at medføre flere ulykker.

GRUNDBEGREBER

LYD OG STØJ

Støj er lyd, der påvirker mennesket negativt.

Lyd udbredes i bølgebevægelse. Højfrekvent lyd er kortbølget og lavfrekvent lyd er langbølget.

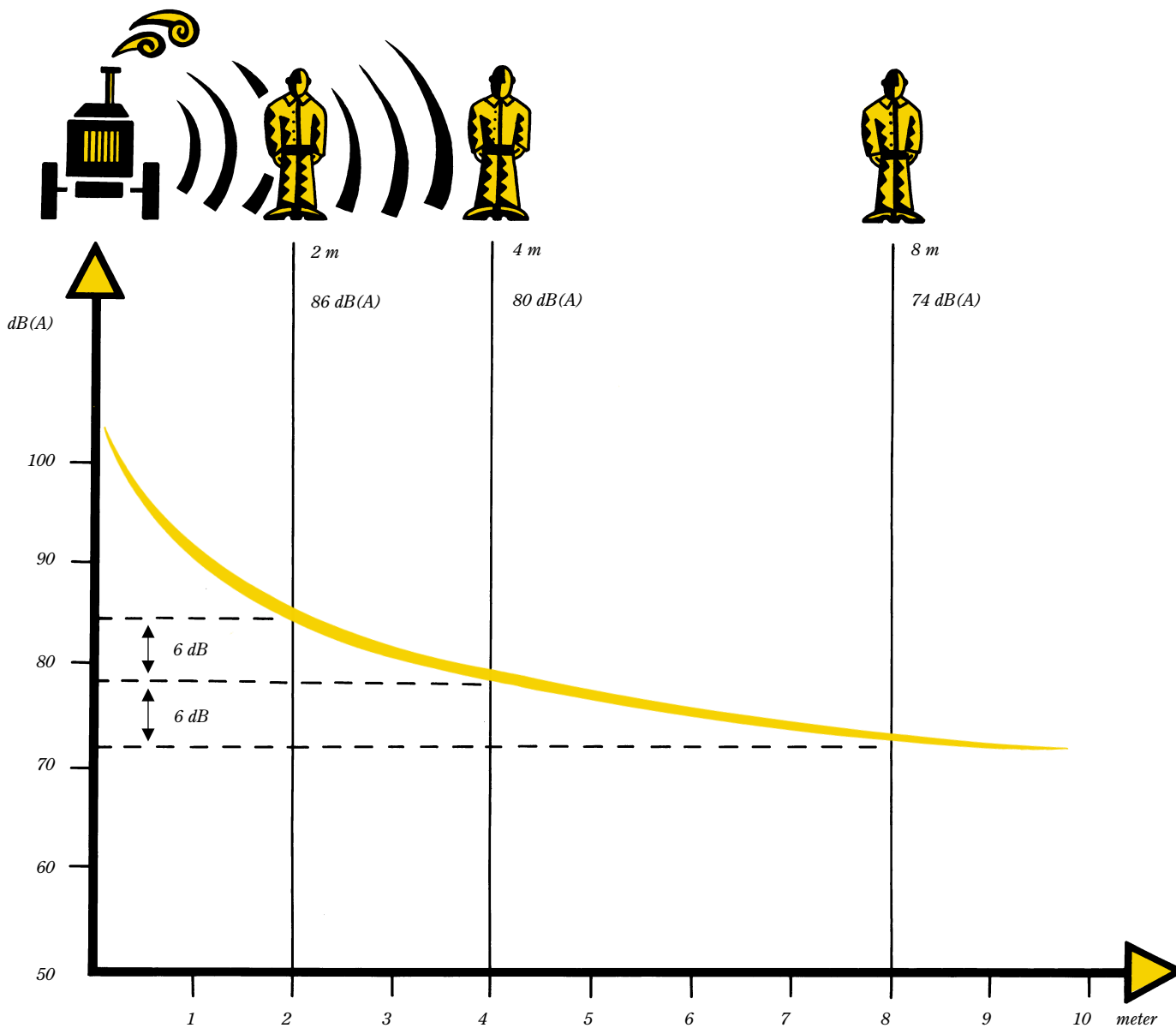
Til at beskrive lydbølger findes bl.a. følgende begreber:

- ★ **Bølgelængden λ** som måles i meter.
- ★ **Frekvensen (f)** som er antal svingninger pr. sekund og måles i Hertz (Hz).
- ★ **Lydens hastighed (c)** som måles i meter pr. sekund. Således er $c = f\lambda$. Lydens hastighed er ca. 340 m/s.

STØJMÅLINGSBEGREBER

- ★ **Lydtryk – eller støjniveau (L_p)**: For forståelsen af denne publikation er det tilstrækkeligt at vide, at L_p kan aflæses direkte på en støjmåler, og afhænger bl.a. af frekvens og filter på støjmåleren.
- ★ **Støjbelastningen** af en person angives ved det energiækvivalente A-vægtede lydtrykniveau på arbejdspladsen for en 8 timers arbejdsdag i dB(A), betegnet L_{Aeq} (8 timer). Impulskorrektion skal om nødvendigt foretages.

- ★ **Det energiækvivalente A-vægtede lydtrykniveau L_{Aeq}** , er det A-vægtede lydtrykniveau af en konstant støj, som har samme energiindhold som den målte eventuelt varierende støj.
- ★ **DeciBel (dB)** er en logaritmisk måleenhed for lydtrykniveauet:
En ændring af lydtrykniveauet med 1 dB er netop hørbar.
Når støj ændres med 3 dB, er »sliddet« på hørelsen fordoblet eller halveret.
Når ændringen er 10 dB, opleves lydstyrken som fordoblet eller halveret.
- ★ **Frekvensvægtning.**
 - * **dB(A)**. Der er under målingen eller data-behandlingen anvendt et filter, der tilnærmer ørets opfattelse af frekvenser i støjen. De lave og helt høje frekvenser dæmpes.
 - * **dB(C)**. Der anvendes et filter, hvor kun de laveste frekvenser dæmpes.
 - * **dB(LIN)**. Der anvendes intet filter.
- ★ **Tidsvægtning:**
 - * **Slow** er en måleindstilling, der anvendes til måling af lydtrykniveauet, hvor støjen kun varierer lidt.
 - * **Peak** er en indstilling, der anvendes ved impuls-holdig støj. Indstillingen giver topniveauet af de kraftigste impulser i støjen.



Figuren viser hvordan lydtrykniveauet udendørs aftager med afstanden fra en lydkilde med et lydeffektniveau på 100 dB(A)

* L_{eq} er en indstilling, der giver det energiækvivalente lydtrykniveau over en valgt tid. I nogle støjmålere er denne tidsperiode 1 minut.

* **FAST** giver en viserbevægelse, der er hurtigere end slow. Anvendes især til måling af ekstern støj.

LYDEFFEKT

En kildes lydeffekt er et udtryk for, hvor meget energi der som lyd udstråles pr. tidsenhed. Det drejer sig om små værdier. Et stort orkester kan fx afgive ca. 60 watt lydeffekt.

Lydeffektniveauet er lydeffekten angivet på logaritmisk form med benævnelsen dB. Lydeffektniveauet må ikke forveksles med lydtrykniveauet.

For en maskine kan lydeffektniveauet beregnes ved, at man måler lydtrykniveauet i punkter rundt om og over maskinen. Derefter sammenregnes måleværdierne, idet der tages hensyn til målerummets akustiske egenskaber. Bedst er det at måle udendørs, hvor der ikke er nogen lydreflektioner. Der findes standarder for, hvorledes sådanne målinger og beregninger foretages.

Når man kender lydeffekten for en eller flere maskiner, der skal opstilles i et rum, kan man lave beregninger over lydtrykniveauet i rummet. Sådanne beregninger bliver sjældent helt nøjagtige. Bl.a. fordi maskiner ikke stråler lige meget lyd ud i alle retninger, og fordi driftforholdene under produktion kan være anderledes end under den oprindelige måling.

Når en maskine er anbragt udendørs et sted, hvor der ikke er reflekterende flader, vil lydtrykniveauet aftage med 6 dB pr. afstandsfordobling. Indendørs er denne værdi mindre.

På figuren side 32 ses lydtrykniveauet i varierende afstand fra en lydkilde med et lydeffektniveau på 100 dB(A). Lydeffekten kan især anvendes til sammenligning af maskiner inden køb.

AKUSTISKE BEGREBER

★ **Absorptionskoefficient (α)** angiver, hvor stor en del af lydenergien der absorberes, når lyden rammer en flade. Er $\alpha=0.6$, absorberes 60 % af lydenergien.

★ **Ækvivalent absorptionsareal (A)** angiver hvor stor en 100% absorberende flade skulle være, hvis den skulle absorbere lige så meget som en ringere absorberende flade. Fx svarer absorptionen af en 10 m² stor gipsvæg med en absorptionskoefficient på 0.12, til en flade, der er $0.12 \times 10 = 1.2$ m², og som absorberer 100 %. Gipsvæggen har derfor et ækvivalent absorptionsareal på 1.2 m².

★ **Efterklangstiden (T)** angiver hvor lang tid der går, fra man slukker en lydkilde i et rum, til lydtrykniveauet er faldet med 60 dB. Efterklangstiden måles i sekunder, og den er et mål for, hvor »dødt« eller »klangfuldt« et rum er.





**GRAFISK TILRETTELÆGGELSE
OG ILLUSTRATIONER:**

Klas Fernblad

PREPRESS:

HellasGrafisk

TRYK:

Phønix-Trykkeriet

ADRESSER:

Arbejdstilsynet

Landskronagade 33
2100 København Ø
Telefon 39 15 20 00
Telefax 39 15 25 60

I København og

Frederiksberg kommuner:

Arbejdstilsynet
Svanevej 12
2400 København NV
Telefon 35 81 55 55
Telefax 35 82 35 15

I Københavns amt:

Arbejdstilsynet
Dyregårdsvej 5A
2740 Skovlunde
Telefon 44 97 20 90
Telefax 44 97 80 30

I Frederiksborg amt:

Arbejdstilsynet
Roskildevej 10B 1
3400 Hillerød
Telefon 48 26 03 08
Telefax 48 24 08 25

I Roskilde amt:

Arbejdstilsynet
Holbækvej 106B
4000 Roskilde
Telefon 46 35 02 36
Telefax 46 32 23 36

I Bornholms amt:

Arbejdstilsynet
Sveasvej 5
3700 Rønne
Telefon 56 95 25 79
Telefax 56 95 09 50

I Vestsjællands amt:

Arbejdstilsynet
Kastanievej 10
4200 Slagelse
Telefon 58 53 12 07
Telefax 58 50 12 77

I Storstrøms amt:

Arbejdstilsynet
Viborgvej 4
4800 Nykøbing F.
Telefon 54 88 01 00
Telefax 54 88 01 99

I Fyns amt:

Arbejdstilsynet
Dannebrogsgade 1
5000 Odense C
Telefon 66 11 84 36
Telefax 65 91 94 24

I Sønderjyllands amt:

Arbejdstilsynet
Solbæk 7
Postboks 219
6200 Aabenraa
Telefon 74 62 64 00
Telefax 74 62 82 85

I Ribe amt:

Arbejdstilsynet
Nørregade 22
Postboks 304
6701 Esbjerg
Telefon 75 12 99 33
Telefax 75 12 62 63

I Vejle amt:

Arbejdstilsynet
Hjulmagervej 8
7100 Vejle
Telefon 75 85 97 77
Telefax 75 85 70 99

I Ringkøbing amt:

Arbejdstilsynet
Overgade 21
Postboks 9
7400 Herning
Telefon 97 22 23 44
Telefax 97 22 47 26

I Århus amt:

Arbejdstilsynet
P. Hiort Lorenzensvej 2A
8100 Århus C
Telefon 87 32 80 00
Telefax 87 32 80 80

I Viborg amt:

Arbejdstilsynet
Søndergade 16 A
Postboks 71
7800 Skive
Telefon 97 52 62 22
Telefax 97 52 62 50

I Nordjyllands amt:

Arbejdstilsynet
Hobrovej 461
Postboks 7130
9200 Aalborg SV
Telefon 96 34 79 49
Telefax 96 34 79 48

I Grønland:

Arbejdstilsynet
Postboks 202
3900 Nuuk
Telefon 00 299 32 15 92
Telefax 00 299 32 53 92